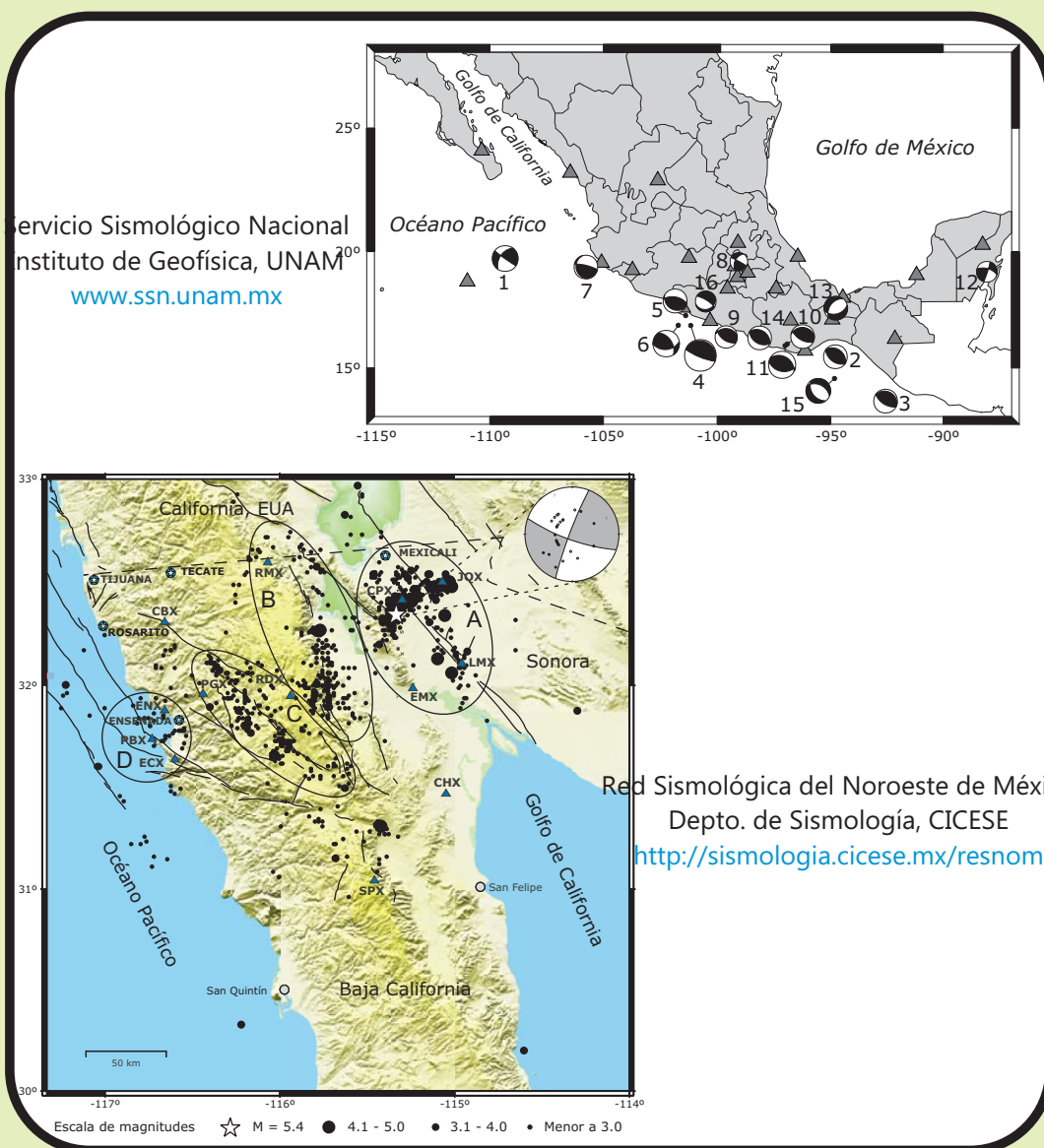


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 22

No. 3

Diciembre de 2002

GEOS

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

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

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

Dr. Juan García Abdeslem
Presidente

Dr. Luca Ferrari Pedraglio
Vicepresidente

Dr. Saúl Álvarez Borrego
Secretario General

Dr. José Manuel Romo Jones
Tesorero

Dr. Francisco Javier Pacheco Alvarado
Secretario de Investigación

Dr. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Roberto Molina Garza
Secretario de Educación

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

Luis A. Delgado Argote
Correo electrónico: ldelgado@cicese.mx
y
Juan García Abdeslem
Correo electrónico: jgarcia@cicese.mx
Editores

COMITE EDITORIAL

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

Victor Manuel Frías Camacho
María Cristina Álvarez Astorga
APOYO TÉCNICO EDITORIAL

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

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

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

Toda correspondencia dirigirla a:

Luis A. Delgado Argote
Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, B.C., México
Tel. 01(646)175-0500, Ext. 26060
Fax: 01(646)175-0559
Correo electrónico: ldelgado@cicese.mx

ÍNDICE



EDITORIAL	443
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
ESTIMADORES DE MÍNIMA DESVIACIÓN ORTOGONAL; CASO LINEAL	444
<i>José Frez C.</i>	
ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN	
UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA PALEONTOLOGÍA	453
<i>Mónica Zegarra Restrepo</i>	
IMÁGENES ELECTROMAGNÉTICAS DEL INTERIOR DE LA TIERRA: PARTE VII	459
<i>Enrique Gómez Treviño</i>	
REPORTES	
EFICIENCIA DE LA PARALELIZACIÓN AUTOMÁTICA EN MULTIPROCESADORES UTILIZANDO MODELOS NUMÉRICOS DE CIRCULACIÓN DEL OCÉANO COSTERO	462
<i>José Gómez-Valdés, Juan José Tapia y Hugo Sánchez Gijón</i>	
SISMICIDAD DEL CENTRO Y SUR DE MÉXICO (PERIODO ABRIL A JUNIO, 2002)	466
<i>Javier Fco. Pacheco, Casiano Jiménez, Arturo Iglesias, Jesús Pérez Santana, Sara Ivonne Franco, Jorge A. Estrada, José L. Cruz, Arturo Cárdenas, Tan Li Yi, María de los Ángeles Gutiérrez, Bernardino Rubí y José A. Santiago</i>	
SISMICIDAD DE LA REGIÓN NORTE DE BAJA CALIFORNIA, REGISTRADA POR RESNOM EN EL PERIODO ENERO-DICIEMBRE DE 2002	472
<i>GRUPO RESNOM</i>	
NOTAS	
EL CALOR ESCONDIDO EN LA ATMÓSFERA Y LA OCTAVA OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN BAJA CALIFORNIA	477
<i>Enrique Gómez Treviño</i>	
INFORME FINAL DEL DESARROLLO DEL EVENTO: I ENCUENTRO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	482
<i>Esther Cruz Gámez</i>	
LA REVISTA ATMÓSFERA EN EL PERIODO 1988-2001	484
<i>Érika López-Silvestre, Yojana Nava-León y Adalberto Tejeda-Martínez</i>	
NOTICIAS DE LA UGM	
DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 2002	487
COMUNICACIONES	
INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES	505
FORMA DE ARBITRAJE	507

DONADO A BIBLIOTECA

EDITORIAL

¿APOYOS A LA EDUCACIÓN EN GEOCIENCIAS?

La primera semana de julio del año pasado, los posgrados que atendimos a la convocatoria del Programa de Fortalecimiento del Posgrado Nacional (PFPN) fuimos a Puebla a defender nuestros proyectos de posgrado y, la última semana de agosto, recibimos los resultados. Desde entonces nada se sabe por escrito, aunque hay muchos supuestos verbales (incluyendo los dichos en el XVI Congreso Nacional de Posgrado de octubre), a los que cada vez nos acostumbramos más, aunque cada vez aceptemos menos. Lo anterior significa que los compromisos adquiridos con base en la aceptación de los proyectos se han retrasado más de un semestre. Aunque aún existe el consuelo de que los fondos no están perdidos pues están depositados en un fideicomiso, son muchos los planes de crecimiento e incluso de mantenimiento de infraestructura, que deberán seguir esperando.

Una situación grave provocada por estos retrasos se relaciona con las asignaciones de becas, las que cada vez se ubican en lugares más inaccesibles, como lo demuestra el hecho de ya no poder asignar becas a través de proyectos de investigación del CONACyT. Los términos de referencia de la convocatoria para dichos proyectos únicamente contemplan apoyos para realización de tesis de licenciatura, así como complementos para estudiantes becados por el CONACyT en programas registrados en el Padrón Nacional de Posgrado (PNP) o en el Programa Integral de Fortalecimiento del Posgrado (PIFOP), para realizar estancias –pero cortas- en el extranjero. Mención aparte se merece la tardanza en la asignación de las becas crédito y que es tema para otro momento.

Esta limitación de fuentes de financiamiento de becas debilita a los programas de movilidad académica pues las instituciones normalmente no cuentan con recursos para otorgar estos apoyos, que sirven, tanto para ayudar a los estudiantes nacionales a que finalicen sus requisitos para graduarse cuando ha terminado la vigencia de su beca CONACyT, como a los extranjeros cuyos países no tienen programas de becas.

Varias de nuestras instituciones que tratan de cumplir con la sugerencia de internacionalizar sus posgrados, o bien, están interesados en reforzar sus relaciones con otras instituciones atrayendo a estudiantes principalmente de Latinoamérica, han interrumpido sus programas de promoción, provocando que algunos estudiantes pierdan el interés en las instituciones mexicanas, e incluso, ha motivado la deserción. Es importante recordar que al iniciar la actual administración del CONACyT se planeaba aumentar el número de científicos del país a 40 mil para 2006, pero ya en octubre de 2001, una cifra de 26 mil científicos en el Sistema Nacional de Investigadores se consideraba realista. Tomando en cuenta que el Sistema Nacional de Investigadores cuenta actualmente con algo más de 9 mil investigadores activos (6,471 hombres y 2,730 mujeres), la política de becas y los programas de incentivos a la investigación que estamos viviendo, pronto harán descender la pronosticada cifra a un nivel muy similar al actual.

Lo anterior es particularmente grave cuando consideramos que las áreas de las Ciencias de la Tierra muestran un decremento importante en la preferencia de los estudiantes que están decidiendo la carrera que desean estudiar, lo que finalmente presenta una perspectiva muy pobre para las instituciones donde se ofrecen carreras de geociencias. En términos económicos, mantener actualmente esas carreras, y sobre todo los posgrados, es sumamente costoso pues nuestra infraestructura debe albergar a muchos mas estudiantes y, sobre todo, ofrecerles mayores oportunidades de estudio y laborales.

Debemos reconocer los esfuerzos gubernamentales orientados a financiar a los posgrados que mejor cumplan con ciertos requisitos de calidad, pero también debemos señalar que la madurez, tanto desde el punto de vista humano como material, en las áreas de las geociencias, se alcanza más tarde que en otras disciplinas científicas. Por lo anterior, es necesario enfrentar el costo y tratar con deferencia el conocimiento estratégico para la sociedad que estas ciencias generan.

Luis A. Delgado Argote
Editor

ESTIMADORES DE MÍNIMA DESVIACIÓN ORTOGONAL; CASO LINEAL

José Frez C.

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Km 107, Carretera Tijuana-Ensenada
Correo Electrónico: jofrez@cicese.mx

RESUMEN

Este artículo intenta popularizar el criterio según el cual el ajuste de un modelo a observaciones se mide por la distancia ortogonal de los puntos-datos a la superficie que representa al modelo matemático. Con ello, se toma en cuenta los errores tanto de las variables independientes como de la dependiente, situación que se presenta en las Ciencias de la Tierra. En contraste, la familia de los métodos de cuadrados mínimos supone que sólo la variable dependiente tiene error.

El álgebra correspondiente al caso lineal se desarrolla con detalle, al mismo tiempo que se describen procedimientos numéricos para la determinación del estimador central y de la variabilidad estadística correspondiente. De todas estas técnicas, aplicamos una basada en el cálculo de un vector característico para el estimador central y otra de remuestreo, para una medida de variabilidad. Los procedimientos se aplican a un caso tomado de la literatura.

Se aclara la relación entre el estimador de mínima desviación ortogonal y el de máxima verosimilitud con errores gaussianos en las observaciones. Ambos son equivalentes si podemos aplicar un factor de ponderación distinto a cada variable; este factor se asocia al error promedio de las observaciones correspondientes. El método de máxima verosimilitud tiene una mayor generalidad cuando los errores presentan mucha dispersión en al menos una de las variables.

1. INTRODUCCIÓN

Existen una gran cantidad de alternativas y mejoramientos del método estándar de cuadrados mínimos (MCE) para resolver sistemas sobredeterminados de ecuaciones; el objetivo es inferir los valores de los parámetros del modelo a partir de un conjunto de observaciones. Este artículo intenta divulgar un criterio que ha llamado la atención a los analistas de datos desde hace más de 100 años (v. gr., Adcock, 1878). En lo que sigue, se trata el caso de un modelo lineal. Como nomenclatura, utilizamos letras latinas minúsculas para representar vectores; letras latinas mayúsculas, para matrices, y letras griegas, para escalares. La excepción son las letras latinas minúsculas con subíndices que pueden ser vectores o escalares (componentes de vectores); el contexto deja claro el significado correspondiente. El superíndice "T" indica la operación de transposición y el acento circunflejo indica el "valor estimado" de la variable sobre la cual está dicho símbolo.

El método estándar de cuadrados mínimos minimiza la norma cuadrática de los residuales, donde el residual i -ésimo se define por

$$r_i = y_i - u_i^T \hat{x} - \hat{x}_0 \quad (1)$$

donde y_i es un elemento del vector de observaciones. Las compo-

nentes del vector $\begin{Bmatrix} x \\ x_0 \end{Bmatrix}$ corresponden a los coeficientes (incógnitas) del hiperplano; el subvector x , a las pendientes; el término

inhomogéneo (escalar) x_0 es el parámetro de posición; u_i^T es el vector-fila que corresponde a la "realización" empírica del modelo para el dato i -ésimo.

En vez de medir el ajuste o desajuste del modelo a los datos a través del vector de residuales, la alternativa que manejaremos minimiza la distancia ortogonal de los puntos-datos al hiperplano que representa al modelo. Suponemos adicionalmente que la matriz formada por todos los vectores filas $\{u_i^T\}$ tiene sus columnas linealmente independientes entre sí y con respecto al vector y ; es decir, suponemos que tenemos suficiente información para estimar independientemente los elementos del vector de incógnitas.

De este modo, minimizamos la distancia del punto $\{y_i, u_i\}$ al hiperplano descrito por

$$y = u^T x + x_0 \quad (2)$$

El vector u representa las coordenadas de las variables independientes mientras que la letra " x " denota "incógnita"; la variable y se toma como dependiente aunque la idea básica del método es introducir una simetría entre las variables, ya que todas participan en la medición de distancia que es necesario minimizar; ésto, en contraste con el método de cuadrados mínimos que considera sólo un ajuste en la variable dependiente.

Designamos al criterio como de “mínima distancia ortogonal” (MDO); la literatura estadística también lo llama de “regresión ortogonal”. Dejando explícito el uso de la norma cuadrática, también recibe el nombre de “mínimos cuadrados total” (TLS, por las siglas en inglés) desde que lo hicieran Golub y Van Loan (1980). Este criterio se relaciona al de “regresión con errores en todas las variables” que considera que todas las variables de la regresión están sujetas a error; esto implica una ponderación implícita en la estimación; este tópico es discutido en la Sección 6. Hasta esa sección, no incluimos, por simplicidad notacional y de exposición, a una ponderación de las mediciones que se base en la bondad relativa de ellas. El lector debe recordar en este respecto que el método de cuadrados mínimos ponderados (v. gr., Lawson y Hanson, 1973) generaliza al estándar (MCE) con una ponderación de las ecuaciones a través de la matriz de covariancias de los errores de la variable dependiente. Finalmente, por simplicidad, utilizamos la norma cuadrática en vez de la menos popular, pero más robusta, l_1 ; una reciente referencia en esta última dirección es Watson (2002). En resumen, el criterio MDO a desarrollar en la sección siguiente es una versión cuadrática, bien condicionada y no ponderada.

Aunque existen procedimientos computacionales probados (Späth, 1987; Van Huffel y Vandewalle, 1991; Kent *et al.*, 1990, entre otras referencias), hay pocas aplicaciones publicadas en Ciencias de la Tierra del criterio MDO o, más en general, del criterio de regresión que considera errores en todas las variables. En su revisión, Van Huffel y Vandewalle (1991) mencionan sólo un artículo (Fisher, 1989) que pertenece a estas ciencias. Una excepción a esta aparente falta de interés la constituye el trabajo para construir isocronas, donde es necesario tomar en cuenta los errores de todas las variables (v.gr., McIntyre *et al.*, 1966; Kent *et al.*, 1990). Pienso que la divulgación del criterio MDO puede ser beneficiosa, particularmente si se toma en cuenta que, por ejemplo, en Geología, Sismología Estadística e Ingeniería Sísmica se hace un gran uso de regresión lineal, a veces en escalas semilog o log-log, en que todas las variables están sujetas a error. No es la intención de este artículo hacer una revisión exhaustiva del tema; más bien se trata de presentar un método poco utilizado, explorar su lógica, compararlo con otros y guiar al lector en su aplicación, entregando referencias adecuadas. Dado que el tratamiento del caso de la línea recta es trivial con los recursos modernos de computación (Sección 8), trataremos el caso multivariante; el precio es un manejo de álgebra lineal (v.gr., Noble y Daniel, 1989) con las expresiones matriciales en notación compacta e indicial. Además de sus propósitos de divulgación, la descripción y discusión de los métodos que se acompañan pueden ser útiles en la enseñanza ya que los textos más generales no incluyen los tópicos aquí cubiertos.

3. OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN CRITERIO

Sea el modelo lineal aplicado a un conjunto de datos

$$y = A x + e \quad m > n \quad (3)$$

donde e denota el vector de error. El criterio MCE es

$$\min_x \|Ax - y\|_2 \quad (4)$$

Para introducir el criterio MDO, podemos generalizar expresiones para los casos $n = 2$ y $n = 3$. Para $n = 2$ y m datos, tenemos que

$$A = \begin{bmatrix} 1 & u_1 \\ 1 & u_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & u_m \end{bmatrix}; \quad y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix}; \quad x = \begin{pmatrix} x_0 \\ x_1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

La distancia de cada punto $P_i(u_i, y_i)$ a la recta

$$y = x_0 + x_1 u \quad (6)$$

es

$$d_i = \frac{y_i - x_1 u_i - x_0}{\sqrt{1 + x_1^2}} \quad (7)$$

Para problemas de regresión, la variable dependiente es y mientras que la independiente es u . Tenemos m pares de mediciones. En el caso $n = 3$, tenemos dos variables independientes (u_1 y u_2) y el modelo está dado por

$$y = x_0 + x_1 u_1 + x_2 u_2 \quad (8)$$

La distancia ortogonal correspondiente a (7) resulta ser

$$d_i = \frac{y_i - x_1 u_{i1} - x_2 u_{i2} - x_0}{\sqrt{1 + x_1^2 + x_2^2}} \quad (9)$$

En el caso multivariante (es decir, cuando el vector de variables independientes u tiene múltiples componentes), las expresiones (7) y (9) se generalizan a

$$d_i = \frac{y_i - u_i^T x - x_0}{(1 + x^T x)^{1/2}} \quad (10)$$

Por lo tanto, la función criterio es

$$\Omega_2(x) = \sum_{i=1}^m \frac{|y_i - u_i^T x - x_0|^2}{1 + x^T x} = \frac{\|y - U^T x - x_0\|_2^2}{1 + \|x\|_2^2} \quad (11)$$

donde la matriz U contiene las coordenadas $\{u_{ij}\}$ de las variables independientes. Observe que el denominador no contiene al término inhomogéneo x_0 .

Una minimización de la función criterio (11) con respecto a x_0 produce

$$m \hat{x}_0 = \sum_{i=1}^m y_i - \left(\sum_{i=1}^m u_i^T \right) x$$

O sea,

$$\hat{x}_0 = y - \bar{u}^T x \quad (12)$$

donde las barras indican valores promedios.

Reemplazando (12) en (11), obtenemos

$$\Omega_2(x) = \frac{1}{1 + x^T x} \sum_{i=1}^m [(y_i - y) - (u_i - \bar{u})^T x]^2 \quad (13)$$

Para el caso de un modelo homogéneo $x_0 = 0$,

$$\Omega_2(x) = \frac{1}{1 + x^T x} \sum_{i=1}^m (y_i - u_i^T x)^2 \quad (14)$$

Las ecuaciones (13) y (14) son matemáticamente equivalentes si aplicamos transformaciones simples.

Si deseamos utilizar la norma p-ésima, la generalización de (14) es

$$\Omega_p(x) = \frac{1}{(1 + x^T x)^{p/2}} \sum_{i=1}^m |y_i - u_i^T x|^p \quad (15)$$

4. UNA SOLUCIÓN NUMÉRICA PARA LA NORMA CUADRÁTICA

Tomemos la solución numérica que describe el texto de Späth (1987) y cuya lógica, con algunas aclaraciones, seguimos en esta sección. La función criterio (14) se puede tomar como la razón entre dos normas cuadráticas con la transformación

$$w = \begin{pmatrix} x \\ 1 \end{pmatrix}; \quad Z = (A; -y) \quad (16)$$

con lo que (14) queda como

$$\Omega_2(x) = \frac{\|Z w\|_2^2}{\|w\|_2^2} = \frac{w^T Z^T Z w}{\|w\|_2^2} \quad (17)$$

El propósito obvio de la transformación (16) es asimilar $\Omega_2(x)$ a un cociente de Rayleigh (v. gr., Noble y Daniel, 1989), con lo cual el problema de minimización equivale al cálculo del vector característico asociado al eigenvalor más pequeño de la matriz positiva definida $Z^T Z$.

Por lo tanto, la minimización de $\Omega_2(x)$ equivale a buscar el valor característico **más grande** en el problema

$$(Z^T Z)^{-1} w = \lambda w \quad (18)$$

para obtener el vector propio correspondiente, que es lo que buscamos. La forma (18) nos permite aplicar el **método de potencias** y obtener el vector característico directamente; ver, por ejemplo, Hildebrand (1965), Acton (1970), Späth (1987). Este método aplica iterativamente la relación

$$w^{(k+1)} = (Z^T Z)^{-1} w^{(k)} \quad (19)$$

donde los superíndices entre paréntesis indican el orden de la iteración. La inicialización puede ser, por ejemplo,

$$w^{(0)} = I \quad 0 \quad w^{(0)} = e_i \quad \text{para algún } i, \quad (20)$$

donde el vector I tiene todas sus componentes iguales a uno y $\{e_i\}$ son los usuales vectores bases de un sistema cartesiano de coordenadas. Para solucionar el sistema de ecuaciones (19) para $w^{(k+1)}$, podemos aplicar la descomposición de Choleski a $Z^T Z$, incluyendo la posibilidad de hacerlo como $R^T D R$, donde R es una matriz triangular superior con unos en la diagonal principal y D es una matriz diagonal. Acton (1970) demuestra que el método de potencias converge si los valores característicos no se acumulan cerca del que se busca. En el caso extremo, puede haber más de un vector característico asociado a este eigenvalor. Como criterio de convergencia, parece adecuado utilizar la norma cuadrática de la diferencia entre $w^{(k+1)}$ y $w^{(k)}$ después de normalizar los vectores de tal forma que $\|w^{(k)}\|_2 = 1$. Esta normalización tiene la ganancia extra de evitar aumentos o disminuciones drásticas de los valores numéricos de las componentes del vector al pasar de una iteración a otra; esto sucede en los casos de aplicación que describimos en la sección 7. Obtenida la convergencia, aplicamos la condición (16) para el último elemento del vector obtenido, i.e., $w_{n+1} = 1$.

5. ALGUNAS PROPIEDADES DEL ESTIMADOR

La ecuación (8) equivale a

$$\lambda \begin{pmatrix} A^T A & -A^T y \\ -y^T A & y^T y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{x} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{x} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (21)$$

o sea, dos ecuaciones de las cuales podemos eliminar a λ . El resultado es

$$(A^T A - y^T r I_n) \hat{x} = A^T y \quad (22)$$

I_n es la matriz unidad cuya dimensión está indicada por el subíndice n ; r es el vector de residuales. El sistema (22) no es lineal en las incógnitas y puede utilizarse para formar un esquema iterativo que

determine al vector de incógnitas; la no-linealidad se evita con el uso del residual de la iteración anterior y todo el esquema es iniciado con la solución MCE. Los resultados de este procedimiento computacional son expuestos y discutidos en la sección 7. El sistema de ecuaciones (22) tiene una estabilidad distinta a la de las ecuaciones normales para MCE con el que se diferencia por el segundo término dentro del paréntesis. Obviamente, el estimador de MDO es sesgado pero, si los elementos de A tienen error, también es sesgada la solución MCE.

Otras dos propiedades se pueden obtener con facilidad utilizando la ecuación (12) para el término libre. Específicamente, la suma de los residuales y la suma de las distancias ortogonales tienen, cada una, valores nulos para los estimadores MCE y MDO, respectivamente.

Para otras propiedades de los estimadores de MDO y MCE, se puede consultar el texto de Van Huffel y Vandewalle (1991). Algunos detalles adicionales son expuestos en las secciones 6 y 7.

La obtención de regiones de variabilidad de los parámetros, debido a la propagación del error observacional a través de un operador o procedimiento de inversión, es un problema complicado pero de importancia crucial. El único caso relativamente simple, suponiendo estabilidad, es el lineal para estimadores mínimo-cuadráticos ya que el operador pseudoinverso resulta lineal; en este caso, es posible calcular fácilmente las matrices de covariancias del estimador y utilizar la propiedad de que el carácter gaussiano del error observacional se transmite al del estimador. Para estimadores que no son lineales y, peor, sin la suposición de que los errores observacionales tienen distribución gaussiana, se cuenta con las siguientes líneas de acción. Una opción es buscar alrededor de la solución central a las soluciones que satisfacen, dentro de su error, a los datos. La búsqueda exhaustiva tiene un alto costo computacional a medida que aumenta el número de incógnitas. Ello lleva a aplicar astucia en el modo de barrer el espacio de soluciones alrededor de la solución "central". La técnica de búsqueda "puercoespín" ("hedgehog", en inglés; v. gr., Biswas y Knopoff, 1974) es recomendable en este caso. Otras tácticas de búsqueda utilizan técnicas de remuestreo; la de "bootstrap" (Efron y Tibishirani, 1986) ha sido aplicada a nuestro problema por Kirby (1991); otras técnicas de remuestreo son la de validación cruzada (Golub *et al.*, 1979) y "jackknife" (Miller, 1974). La idea básica del remuestreo es seleccionar al azar muchos subconjuntos de datos y, luego, calcular la variabilidad de los resultados. Una última opción acude al carácter aproximadamente gaussiano de la variabilidad de la solución y ajusta una (hiper)superficie de segundo grado alrededor de la solución central en la función criterio, con lo que se determina analítica o numéricamente la conducta asintótica gaussiana correspondiente; el capítulo 8 de Van Huffel y Vandewalle (1991) ofrece expresiones útiles para esta última opción.

En nuestros ejercicios de aplicación, utilizamos la técnica "bootstrap" para estimar la variabilidad del vector solución. Esta técnica consiste en producir un número alto de remuestreos, con repetición, del mismo número de mediciones que el original. Luego, podemos calcular promedios y desviaciones estándares de las estimaciones obtenidas, para lo cual los histogramas correspondientes

son de gran ayuda. La robustez del resultado con respecto a las observaciones se mide directamente; por ejemplo, una recta que depende críticamente de un punto aislado obtendrá un grado alto de variabilidad de sus parámetros al utilizar "bootstrap" ya que habrá casos en que ese punto aislado no se toma en cuenta. Ante la existencia de un número pequeño de mediciones que se apartan de la conducta central predicha por el modelo, pueden aparecer máximos secundarios en los histogramas por las características señaladas del remuestreo. Ello puede plantear la necesidad de filtrar los histogramas, eliminando dichos máximos secundarios si se considera que no son representativos. Si el máximo global tiene un valor mucho más alto que el de los locales y está claramente separado de ellos, tomamos dicho máximo global y su dispersión como representativos; con ello, evitamos que datos aislados y sesgados predominen en la estimaciones.

6. EL CRITERIO DE MDO COMPARADO CON EL DE MÁXIMA VEROSIMILITUD EN QUE TODAS LAS VARIABLES ESTÁN SUJETAS A ERROR GAUSSIANO

En esta sección, usamos los errores de medición para formar criterios de estimación. Para ello, necesitamos un modelo de error y un criterio; es común utilizar el modelo gaussiano y el criterio de máxima verosimilitud (MV), respectivamente. Siguiendo un procedimiento estándar (v. gr., Kent *et al.*, 1990), el logaritmo de la función de verosimilitud resulta ser proporcional a

$$-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (u_i - \mu_i)^T C_{ii}^{-1} (u_i - \mu_i) \quad (23)$$

con la condición lateral, dada por el modelo,

$$u_i^T x = 0 \quad (24)$$

y hemos adoptado $u_{i,n+1} = y_i$ y $x_{n+1} = -1$ para hacer la notación más compacta. La ecuación (24) corresponde al modelo lineal utilizado en la Sección 2. La matriz simétrica C_{ii} es la de covariancias de los errores de observación. De este modo, maximizamos la siguiente expresión con respecto a los valores promedios μ_i

$$-\frac{1}{2} (u_i - \mu_i)^T C_{ii}^{-1} (u_i - \mu_i) + \lambda_i u_i^T x \quad (25)$$

donde λ_i es un multiplicador de Lagrange. La maximización permite obtener la función criterio que debe optimizarse con respecto a los coeficientes del modelo; ella (Kent *et al.*, 1990) es proporcional a

$$L = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \frac{u_i^T x}{x^T C_{ii} x} \quad (26)$$

Si los errores son iguales para todas las variables, resulta que L es proporcional a

$$\frac{1}{x^T x + 1} \sum_{i=1}^m (u_i^T x - y_i)^2 \quad (27)$$

donde hemos vuelto a utilizar la simbología de las secciones anteriores. Así, el criterio de MV (con errores gaussianos) se reduce al de MDO.

Otro caso, de mayor interés, es cuando todas las mediciones de la misma variable tienen el mismo error y no tienen correlación, aunque cada variable está sujeta a un error distinto. Llamamos e_k y e_y a los errores de las variables independientes (u_k) y dependiente (y), respectivamente. Así, (26) se puede escribir como

$$\frac{1}{e_y^2 \sum_{k=1}^n x_k^2 e_k^2 + 1} \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{e_y} \sum_{k=1}^n \frac{u_{ik}}{e_k} x_k e_k - \frac{y_i}{e_y} \right)^2 \quad (28)$$

que, con las transformaciones

$$x_k \leftarrow \frac{x_k e_k}{e_y}; \quad u_{ik} \leftarrow \frac{u_{ik}}{e_k}; \quad y_i \leftarrow \frac{y_i}{e_y} \quad (29)$$

toma también la forma (27). Este es el caso más general que hace equivalente los dos estimadores considerados en esta sección. La condición general para que exista equivalencia es que el índice asociado a cada medición (i , en las ecuaciones 26 y 28) no puede participar en la ponderación de las variables independientes.

Concluimos que el criterio de MV, unido a la hipótesis gaussiana para los errores de observación, toma mejor en cuenta a estos errores en la estimación de los parámetros. Si los errores de medición de una variable son parecidos, se puede tomar el error promedio para ponderar; si ello se justifica para cada una de las variables, el método de MDO es recomendable. Si los errores individuales tienen mucha variabilidad, es preferible maximizar (26); por ejemplo, con un esquema numérico iterativo del tipo Newton-Raphson como lo hacen Kent *et al.* (1990). Este esquema puede adaptarse opcionalmente para calcular el estimador MDO; Watson (2002) usa uno del mismo tipo al aplicar la norma l_1 para la regresión ortogonal.

7. APLICACIÓN

Los resultados de la aplicación del método de potencias para resolver (18) son expuestos a continuación; luego, describimos los resultados de la aplicación del algoritmo que se basa en (22). Los resultados de un método de búsqueda directa en el espacio de soluciones son expuestos al final de esta sección.

La Tabla 1 (Middleton, 2000), que simplifica la de Forsyth y Uyeda (1975), contiene valores de una variable dependiente (velocidades de placas) e independientes (u_1 : área total de la placa; u_2 : área de la parte continental; u_3 : longitud efectiva de la cordillera oceánica, y u_4 : longitud efectiva de los límites con las trincheras correspondientes). Las tablas 2 a 5 muestran los resultados del ajuste de los criterios de mínima distancia ortogonal y de cuadrados mínimos estándar en los casos que se describen a continuación. No es la intención de esta sección reemplazar el extenso análisis hecho en la publicación original. El propósito de utilizar los datos de la Tabla 1 es discutir aspectos de implementación del criterio MDO y compararlos con los resultados del criterio MCE.

La Tabla 2 resume los resultados de la regresión para los métodos MDO y MCE cuando se utilizan las cuatro variables independientes. El método MDO necesita cuatro iteraciones para obtener 5 cifras significativas en los coeficientes. No se ven diferencias en los resultados de ambos métodos; esto se explica si se observan los valores de las pendientes obtenidas. El hiperplano de regresión es prácticamente perpendicular al eje de la variable dependiente; por lo tanto, ambos métodos (MDO y MCE) coinciden aproximadamente. Esto plantea el problema de escalamiento (sección 6) y el hecho de que la ortogonalidad que aplicamos no es invariante a cambios de escala. Es decir, un simple cambio de unidades en uno de los ejes puede producir resultados diferentes.

La escala más adecuada para las variables de un problema de regresión resulta al normalizarlas en unidades de los errores de observación correspondientes. En la sección 6, hemos justificado este procedimiento si, para cada variable, los errores son estocásticamente independientes y con un mismo o muy parecido valor. Cuando no tenemos información acerca del error de una variable, supondremos que es del orden de unas pocas unidades en su última cifra significa-

TABLA 1. Información Procesada

Placas	Área Total x 10 ⁶ km ²	Área Continental x 10 ⁶ km ²	Longitud Efectiva Cordillera Oceánica x 10 ² km	Longitud Efectiva Zona Subducción x 10 ² km	Velocidad Placa cm/año
	u_1	u_2	u_3	u_4	y
NA	60	36	86	10	1.1
SA	41	20	71	3	1.3
PAC	108	0	119	113	8.0
ANT	59	15	17	0	1.7
IND	60	15	108	83	6.1
AF	79	31	58	9	2.1
EUR	69	51	35	0	0.7
NAZ	15	0	54	52	7.6
COC	2.9	0	29	25	8.6
CAR	3.8	0	0	0	2.4
PHIL	5.4	0	0	30	6.4
ARAB	4.9	4.4	27	0	4.2

Variables independientes (u_1 a u_4) y dependiente (y) utilizadas en la aplicación del procedimiento computacional. Tomado de Middleton (2000) que a su vez, lo adapta de Forsyth y Uyeda (1975).

Tabla 2. Comparación: Métodos MCE y MDO

y	MCE			MDO		
	yhat	res	d	yhat	res	d
1.1	1.30	-0.200	-0.1988	1.30	-0.195	-0.1944
1.3	1.91	-0.614	-0.6113	1.90	-0.605	-0.6023
8.0	7.84	0.156	0.1556	7.84	0.156	0.1557
1.7	1.85	-0.150	-0.1495	1.84	-0.143	-0.1428
6.1	7.17	-1.070	-1.0658	7.18	-1.077	-1.0729
2.1	0.98	1.116	1.1115	0.98	1.122	1.1174
0.7	0.66	0.037	0.0366	0.67	0.030	0.0301
7.6	7.38	0.218	0.2169	7.39	0.212	0.2110
8.6	6.03	2.571	2.5607	6.03	2.568	2.5578
2.4	4.40	-2.004	-1.9957	4.40	-2.003	-1.9943
6.4	6.75	-0.355	-0.3532	6.76	-0.364	-0.3622
4.2	3.91	0.294	0.2930	3.90	0.298	0.2969
Normas Medias:		1.07	1.07	1.07	1.07	
Soluciones:						
$X_{MCE} =$		4.54710	-0.03767	-0.01529	-0.01442	0.08037
$X_{MDO} =$		4.54645	-0.03785	-0.01479	-0.01459	0.08072
$DE_{MDO} =$		1.1	0.021	0.036	0.013	0.021
Resultados del ajuste mínimo-cuadrático estándar (MCE) y de mínima distancia ortogonal (MDO). El vector de soluciones contiene x_0 y de x_1 a x_4 (asociados a las columnas u_1 a u_4 de la Tabla 1). yhat: observación predicha por el modelo y el ajuste; res: residuales; d: distancia ortogonal. DE: desviación estándar estimada por "bootstrap" (Figura 4).						

tiva. Al aplicar este criterio, resulta que las velocidades de placas tienen un factor aproximado de 10 en exactitud menor que las variables independientes. De este modo, podemos simular la normalización aplicando este factor de 10. Los resultados, que deben presentar una situación más realista, aparecen en la Tabla 3, donde se aprecian claras diferencias, incluyendo de signos, entre ambas estimaciones. Como es de esperar, ambos métodos producen valores mínimos de las normas medias en los valores que le corresponden, de residuales para MCE y de distancia ortogonal para MDO. Con 14 iteraciones, se obtienen 5 cifras significativas en la estimación MDO. El costo en preferir los resultados del criterio MDO son, en norma media de residuales, de 10.70 (MCE) a 17.05 (MDO) mientras que la ganancia para las distancias ortogonales es de 7.91 (MCE) a 6.87 (MDO).

Middleton (2000) presenta, además, el resultado de la regresión entre la velocidad de placa y u_4 , cosa que también hemos hecho para agregar un grado de visualización a las tablas numéricas. La Tabla 4 y la Figura 1 entregan los resultados (3 iteraciones para el método MDO) para este caso. Se aprecia, otra vez, que los resultados de ambos métodos son prácticamente indistinguibles y puede observarse que las rectas que resultan de los ajustes serían casi horizontales si, como ya hemos propuesto, las dimensiones de los ejes se calculara en unidades del error de las mediciones y la unidad error tuviera la misma longitud en ambos ejes. Esto implica aplicar al eje vertical un factor aproximado de 10. La Figura 1 incluye curvas simétricas alrededor de la línea recta MCE que corresponden a intervalos de confianza del 95 % y 99 % para el valor central estimado. La Tabla 5 y la Figura 2 presenta los resultados (5 iteraciones para el método MDO) cuando las velocidades de placas se multiplican por un factor de 10; ello se hace, nuevamente, para simular una normalización relativa de los ejes en términos del error. En este caso, hay clara diferencia entre ambas rectas estimadas aunque, para efectos predictivos, la diferencia está dentro de la variabilidad permitida de la solución MCE al nivel del 95%. Las curvas que entregan los intervalos de confianza no cambian relativamente a las de la Figura 1

Tabla 3. Comparación: Métodos MCE y MDO

y	MCE			MDO		
	yhat	res	d	yhat	res	d
11.0	13.00	-1.996	-1.4750	12.86	-1.858	-0.7486
13.0	19.14	-6.138	-4.5349	3.58	9.421	3.7961
80.0	78.44	1.562	1.1540	67.55	12.449	5.0161
17.0	18.50	-1.501	-1.1088	2.25	14.748	5.9424
61.0	71.70	-10.702	-7.9067	87.23	-26.227	-10.5674
21.0	9.84	11.161	8.2458	1.58	19.421	7.8249
7.0	6.63	0.367	0.2715	33.92	-26.916	-10.8450
76.0	73.82	2.178	1.6092	82.49	-6.492	-2.6157
86.0	60.29	25.713	18.9974	62.68	23.321	9.3964
24.0	44.04	-20.040	-14.8058	36.81	-12.811	-5.1619
64.0	67.55	-3.547	-2.6206	81.91	-17.908	-7.2156
42.0	39.06	2.942	2.1739	29.15	12.852	5.1783
Normas Medias:		10.70	7.91	17.05	6.87	
Soluciones:						
$X_{MCE} =$		45.47098	-0.37668	-0.15291	-0.14425	0.80367
$X_{MDO} =$		40.03500	-0.84837	1.34984	-0.46923	1.54848
$DE_{MDO} =$		10.5	0.16	0.28	0.090	0.19
Similar a la Tabla 2, salvo que los valores de la variable y se multiplican por un factor de 10.						

Tabla 4. Comparación: Métodos MCE y MDO

y	MCE			MDO		
	yhat	res	d	yhat	res	d
1.1	3.19	-2.092	-2.0881	3.19	-2.089	-2.0851
1.3	2.79	-1.485	-1.4828	2.78	-1.481	-1.4785
8.0	9.17	-1.171	-1.1689	9.19	-1.186	-1.1840
1.7	2.61	-0.911	-0.9096	2.61	-0.906	-0.9048
6.1	7.43	-1.329	-1.3271	7.44	-1.339	-1.3369
2.1	3.13	-1.034	-1.0318	3.13	-1.030	-1.0286
0.7	2.61	-1.911	-1.9079	2.61	-1.906	-1.9031
7.6	5.63	1.970	1.9669	5.63	1.966	1.9625
8.6	4.06	4.538	4.5300	4.06	4.538	4.5303
2.4	2.61	-0.211	-0.2108	2.61	-1.206	-0.2060
6.4	4.35	2.047	2.0439	4.35	2.047	2.0434
4.2	2.61	1.589	1.5862	2.61	1.594	1.5910
Normas Medias:		1.97	1.97	1.97	1.97	
Soluciones:						
$x =$		2.6111	0.05805	$x =$	2.60643	0.05823
				$DE_{MDO} =$	0.63	0.011
Similar a la Tabla 2, salvo que la regresión es sólo sobre los valores de u_4 (longitud efectiva del límite con zona de subducción).						

ya que se basan en la dispersión media de los residuales que dependen de la escala de graficación del eje vertical; esta dispersión indica que el error medio (una desviación estándar) de las velocidades de placa es de 0.8 [cm/año] si es que aceptamos que la relación lineal es estructural (basada en la física del problema). Sin embargo, esto no es probablemente cierto y el propósito geofísico de todo el ejercicio es sólo semicuantitativo, es decir, en busca de correlaciones. Obviamente, los errores de las velocidades no pueden ser tan grandes y es el modelo el que sobrestima este error. Para una discusión acerca de las limitaciones y justificación del ajuste por regresión, véase Webster (1998).

Llamamos al algoritmo anterior A1, para designar como A2 al que se deriva de aplicar iterativamente la ecuación (22). La primera aplicación de A2 es indistinguible con los resultados mostrados en la Tabla 2 para A1; la convergencia es rápida: en tres iteraciones se obtiene lo mismo. Cuando lo aplicamos al segundo experimento (la variable dependiente multiplicada por 10); sin embargo, los resultados fluctúan sin alcanzar convergencia en 500 iteraciones. Con el objeto de entender mejor el comportamiento de este algoritmo, los valores de las velocidades de placa se multiplicaron por diversos

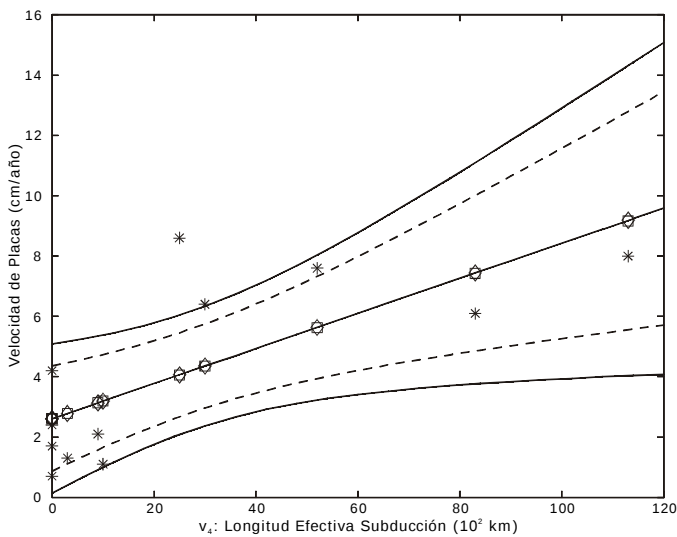


Figura 1. Resultado del ajuste MCE (cuadrados) y MDO (diamantes) para y en función de u_4 (ver tablas 1 y 4). En este caso, ambos ajustes prácticamente coinciden. Los asteriscos representan los datos; los puntos señalados sobre la recta de ajuste, los valores correspondientes predichos, según los parámetros estimados con el modelo lineal. Las curvas señalan intervalos de confianza del 95 % (líneas segmentadas) y 99 % (líneas continuas) alrededor del valor central predicho por el criterio MCE.

factores entre 1 y 10. Para factores mayores a 7.5, no se alcanza convergencia mientras que para factores menores a 7.0 sucede lo contrario. Para un factor de 7.0, los resultados oscilan fuertemente en las primeras 10 iteraciones para luego, obtenerse 4 o 5 cifras significativas en las componentes del vector de incógnitas a 60 iteraciones. No me pareció necesario aplicar alguna técnica de relajación para tratar de estabilizar el esquema: el algoritmo A1 parece claramente preferible.

En vez de utilizar métodos numéricos para minimizar una función criterio es posible obtener la solución por una búsqueda directa en el espacio de soluciones. En vez de una búsqueda exhaustiva (muy costosa o llanamente imposible de realizar), se prefiere aplicar una selección aleatoria en la búsqueda, tal como en el método genético. Esta opción me parece más eficiente que utilizar técnicas de programación lineal (simplex). La Figura 3 ilustra el muestreo

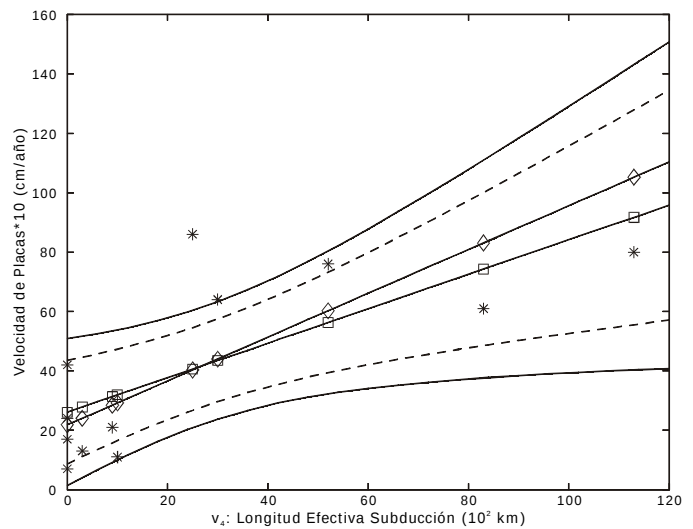


Figura 2. Resultado del ajuste MCE (cuadrados) y MDO (diamantes) para 10 veces y en función de u_4 (ver Tabla 5). Los demás símbolos son iguales a los de la Figura 1.

para el caso presentado en la Tabla 5 y Figura 2; para el cual basta con ampliar un par de veces la zona donde se encuentra la solución para determinar gráficamente los coeficientes con las cifras significativas necesarias; esto es simple si se usa MatLab. El caso de tres o más incógnitas se puede visualizar en proyecciones de combinaciones de pares de incógnitas si el número total de ellas no es demasiado alto. La ganancia adicional es que las líneas de nivel nos indican la variabilidad de estimaciones, incluyendo la correlación entre ellas.

Entregamos, enseguida, detalles de la determinación de la variabilidad de las estimaciones. En el procedimiento numérico-computacional, tomamos 500 muestras de m mediciones; "bootstrap" utiliza cada vez el mismo número de observaciones que en el conjunto original, pero permite repetición de ellas. Un generador de números (seudo)aleatorios elige los elementos de cada muestra. Luego, se estiman los valores de los parámetros y se obtiene la estadística de los promedios y desviaciones estándares. La Figura 3 contiene la mayor parte de las 500 estimaciones de los parámetros (parámetro de posición y pendiente) para el caso de la regresión de la velocidad de placa con u_4 . La Figura 4 presenta cinco histogramas con la distribución de los parámetros obtenidos por "bootstrap". Hemos filtrado las estimaciones que se apartan claramente de la distribución central, es decir, la que entrega máximos globales; en este caso, el número de muestreos considerados baja de 500 a 486. El filtro elimina un vector-solución completo si por lo menos uno de sus parámetros se aparta de la conducta central correspondiente. Las distribuciones estándares resultantes están incluidas en las tablas 2, 3, 4 y 5.

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El criterio MDO debe aplicarse cuando los errores de las mediciones de las variables independientes son del mismo orden o mayor que los de la variable dependiente. El procedimiento computacional A1, basado en la interpretación como cociente de Rayleigh de la

Tabla 5. Comparación: Métodos MCE y MDO

y	MCE			MDO		
	yhat	res	d	yhat	res	d
11.0	31.92	-20.916	-18.0893	29.23	-18.230	-14.6694
13.0	27.85	-14.853	-12.8453	24.07	-11.065	-8.9042
80.0	91.71	-11.708	-10.1259	105.22	-25.221	-20.2949
17.0	26.11	-9.111	-7.8798	21.85	-4.852	-3.9043
61.0	74.29	-13.293	-11.4965	83.09	-22.087	-17.7736
21.0	31.34	-10.336	-8.9389	28.49	-7.492	-6.0287
7.0	26.11	-19.111	-16.5283	21.85	-14.852	-11.9513
76.0	56.30	19.702	17.0395	60.22	15.784	12.7012
86.0	40.62	45.376	39.2431	40.30	45.704	36.7776
24.0	26.11	-2.111	-1.8260	21.85	2.148	1.7286
64.0	43.53	20.474	17.7064	43.99	20.015	16.1059
42.0	26.11	15.889	13.7412	21.85	20.148	16.2131
Normas Medias:		19.69	17.02		20.47	16.47
Soluciones:						
	x=	26.1113	0.5805	x=	21.8519	0.7378
				DE _{MDO} =	1.7	0.33

Similar a la Tabla 4 salvo que se aplica un factor de 10 a las velocidades de placas.

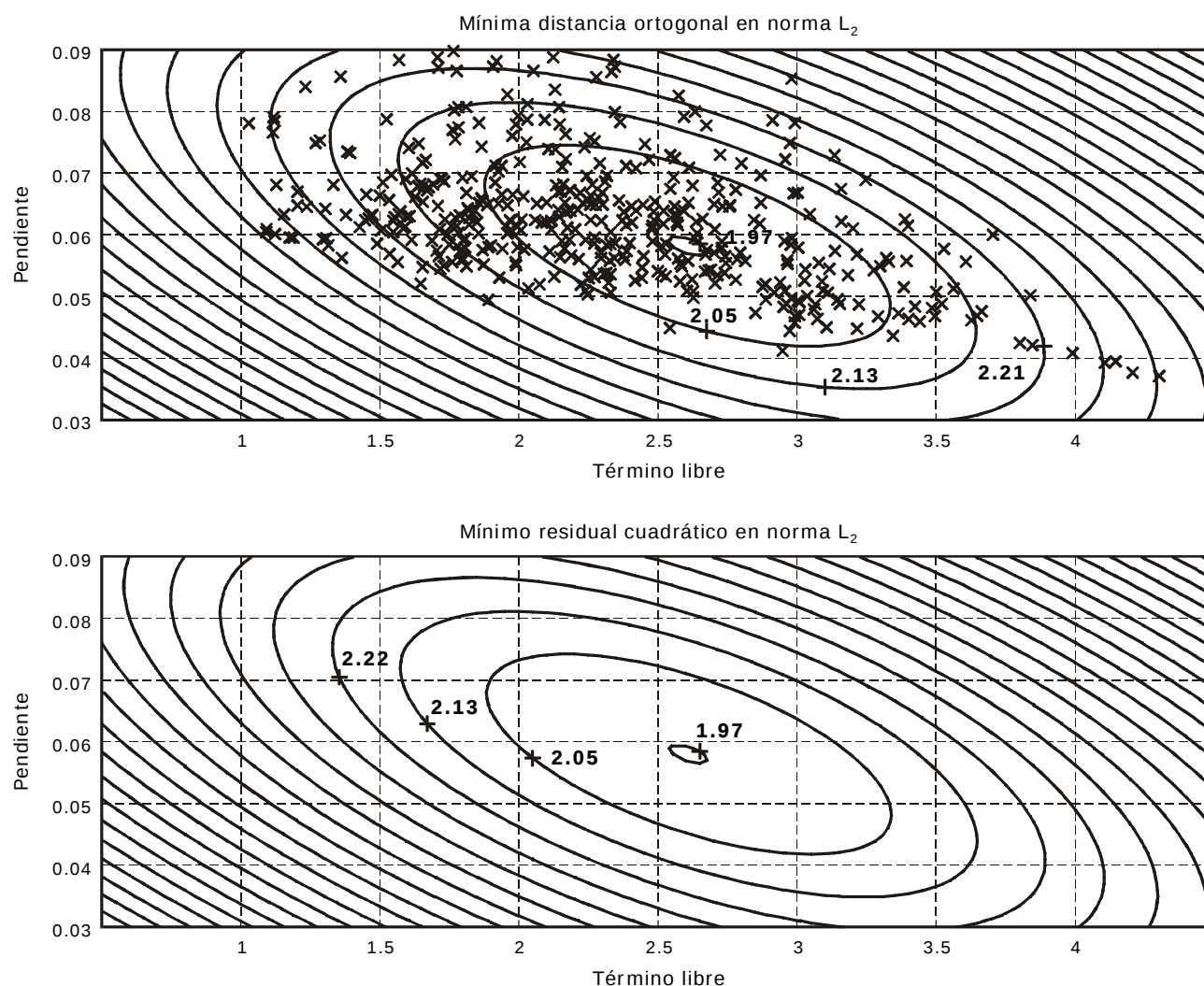


Figura 3. Líneas de nivel de las funciones criterios MDO (figura superior) y MCE (inferior) para el caso tratado de la Figura 2 y Tabla 5. Se han rotulado las cuatro líneas de nivel más cercanas a la solución. Nótese la equivalencia entre los resultados de esta figura y los que se leen en la Tabla 5. La figura superior incluye las soluciones obtenidas por “bootstrap” (cruces).

ecuación (17) y el uso del método de potencias para resolver el problema asociado de valores característico, es fácil de implementar y entrega resultados estables si es que no existe una acumulación de valores característicos cerca del mínimo correspondiente. Con la hipótesis de que el problema está bien propuesto o determinado, para lo cual basta que las columnas de la matriz A en (3) sean linealmente independientes, esta condición está asegurada. Cuando ello no sucede, la literatura (Golub y Van Loan, 1980; Van Huffel y Vandewalle, 1991; entre otras referencias) aconseja el uso de la descomposición de valores singulares.

Dado el enorme aumento en recursos computacionales (CPU y memoria), el uso de métodos de **búsqueda directa** en el espacio de soluciones ha ampliado su aplicación en los últimos años, aunque todavía tiene un límite de alrededor de 8 incógnitas. El caso de ajuste a una línea recta es, por su uso frecuente, el más estudiado (Ward, 1940; Acton, 1966; York, 1966, entre otros) para calcular sus coeficientes y la variabilidad empíricamente permitida de ellos. Dada la facilidad de graficación y de cálculo en computadoras mo-

dernas, es posible dibujar con facilidad las líneas de nivel de la función criterio, señalar su valor óptimo y determinar la línea de nivel que limita la región de variabilidad o confianza. El uso de ampliación de los dibujos directamente en pantalla nos entrega las cifras significativas que necesitamos. Así, el análisis del ajuste a una línea recta se hace inmediato sin necesidad de acudir a recursos matemático-numéricos propios de 20 o más años atrás.

Al final, toda evaluación parte del buen sentido común del analista. Si los datos son extremadamente buenos (con respeto al modelo), cualquier estimador también lo será. Al revés, para datos con mucha dispersión (con respecto al modelo) y donde se plantea un mero problema de correlación como el ejemplo tratado en este artículo, se producirán resultados diferentes con técnicas diferentes y con una significación difícil de estimar. Sin embargo, la presencia de ruido en las variables independientes, a nivel semejante o mayor al de la dependiente, hace preferible la solución MDO o la más general de MV que está descrita en la sección 6.

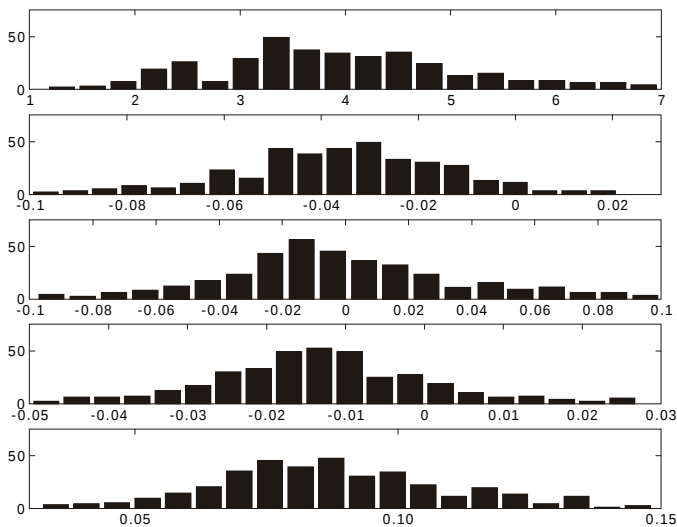


Figura 4. Histogramas de las estimaciones obtenidas al aplicar “bootstrap” (500 soluciones) el criterio de MDO para el caso descrito en la Tabla 2. De arriba hacia abajo, se encuentran las distribuciones de x_0 a x_4 . Se aplicó un filtro que eliminó 14 soluciones que se apartan claramente de la tendencia central en por lo menos una de las componentes del vector de incógnitas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo resultó de su tratamiento en clases en el CICESE; además, fue impulsado por conversaciones con E. Gómez. R. Eaton colaboró con la edición y D. Sarracino obtuvo con rapidez varias de las referencias que necesitó. Aprecio los comentarios de los árbitros que contribuyeron a mejorar la presentación del artículo y me impulsaron a aclarar varios de los aspectos tratados.

REFERENCIAS

Acton, F.S., 1966. “Analysis of Straight-Line Data”, Dover, 207 pp.

Acton, F.S., 1970. “Numerical Methods That Work”, Harper and Row, 541 pp.

Adcock, R.J., 1878. “A problem in least squares”, *The Analyst*, vol. 5, pp. 53-54.

Biswas, M.N. and L. Knopoff, 1974. “Structure of the upper mantle under the United States from the dispersion of Rayleigh waves”, *Geophysical Journal Royal Astronomical Society*, Vol. 36, pp. 515-539.

Efron, B. and R. Tibshirani, 1986. “Bootstrap methods for standar errors, confidence intervals, and other measures of statical accuracy”, *Statistical Science*, Vol. 1, pp. 54-77. (Incluye comentarios).

Fisher, G.W., 1989. “Matrix analysis of metamorphic mineral assemblages and reactions”, *Contrib. Mineralogy and Petrology*, Vol. 102, pp. 69-77.

Forsyth, D. and S. Uyeda, 1975. “On the relative importance of the driving forces of plate tectonics”, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, Vol. 43, pp. 163-200.

Golub, G.H., M.T. Heath and G. Wahba, 1979. “Generalized cross-validation as a method for choosing a good ridge parameter”, *Technometrics*, Vol. 21, pp. 215-223.

Golub, G.H. and Ch. F. VanLoan, 1980. “An analysis of the total least squares problem”, *SIAM Journal Numerical Analysis*, Vol. 17, pp 883-893.

Hildebrand, F.B., 1965. “Methods of Applied Mathematics”, second ed., Prentice Hall, 362 pp.

Lawson, C.L. and R.J. Hanson, 1974. “Solving Least Squares Problems”, Prentice Hall, 340 pp.

Kent, J.T., G.S. Watson and T.C. Onstott, 1990. “Fitting straight lines and planes with an application to radiometric dating”, *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 97, pp. 1-17.

Kirby, J.M., 1991. “Multiply functional regression. I. Function minimization technique”, *Computers and Geosciences*, Vol. 17, pp. 537-547.

McIntyre, G.M., C. Brooks, W. Compston and A. Turek, 1966. “The statistical assessment of Rb-Sr isochrones”, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 71, pp. 5459-5468.

Middleton, G.V., 2000. “Data Analysis in the Earth Sciences Using MatLab”, Prentice Hall, N. Jersey, 260 pp.

Miller, R.G., 1974. “The jackknife: a review”, *Biometrika*, Vol. 61, pp. 1-15.

Noble, B. y J.W. Daniel, 1989. “Algebra Lineal Aplicada”, Prentice Hall Hispanoamericana, México, 572 pp.

Späth, H., 1987. “Mathematical Algorithms for Linear Regression”, Academic Press, 327 pp.

Van Huffel, S. and J. Vandewale, 1991. “The Total Least Squares Problem. Computational Aspects and Analysis”, SIAM, Philadelphia, USA, 300 pp.

York, D., 1966. “Least-squares fitting of a straight line”, *Canadian Journal of Physic*, Vol. 44, pp. 1079-1086.

Watson, G.A., 2002. “On the Gauss-Newton method for l_1 orthogonal distance regression”, *IMA Journal of Numerical Analysis*, vol. 22, pp. 345-357.

Ward, A., 1940. “The fitting of straight lines if both variables are subjects to error”, *Ann. Math.*, Vol. 11, pp 208-215.

Webster, R., 1989. “Is regression what you really want?”, *Soil Use and Management*, Vol. 5, pp. 47-53.

UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA PALEONTOLOGÍA

Mónica Zegarra Restrepo*

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California

Correo Electrónico: m_zegarra@hotmail.com

RESUMEN

Propuesta y aplicación de una estrategia basada en investigación, con enfoque expositivo, de conflicto conceptual y resolución de problemas de lápiz y papel, desarrollada con estudiantes de Geología de la Universidad Industrial de Santander. Se desarrolla en diversas fases: indagación inicial de las concepciones alternativas, lo cual permite la construcción de categorías y fundamenta las exposiciones y talleres prácticos, y finaliza con la evaluación del aprendizaje alcanzado.

Palabras Clave: Enseñanza de las ciencias, estrategia didáctica, paleontología, geología.

INTRODUCCIÓN

La paleontología es una de las disciplinas que ha contribuido a consolidar muchas ideas de las ciencias geológicas y biológicas y, en general, a numerosas inquietudes del espíritu humano. Su complejidad se encuentra enmarcada en la cantidad y diversidad de factores que involucran cada uno de sus conceptos, especialmente durante su enseñanza y aprendizaje. Por ello algunos profesionales en geología no logran vislumbrar su importancia, ni entender muchas de sus aplicaciones. La enseñanza de esta disciplina se ha fundamentado en la reproducción memorística de categorías y nombres científicos sin ninguna relación con las inquietudes o conocimientos cotidianos de los estudiantes, y con gran desconexión de los problemas geológicos. Por lo anterior, se consideró importante plantear una estrategia de enseñanza y aprendizaje diferente que influyera en la aceptación, interés y estudio por esta disciplina. Esta investigación se realizó con 35 estudiantes de la carrera de geología de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia) durante los años de 1999 y 2000.

Para el diseño de esta estrategia se parte de la Psicología constructivista, donde se asume, entre otras cosas, que toda conceptualización se realiza con base en las ideas que ya se tienen (concepciones alternativas), las cuales tienden a ser permanentes, aunque no por ello dejan de cambiar. Este cambio requiere una asociación y reestructuración del marco conceptual, en donde las nuevas ideas tengan significado, ya sea de modo autónomo-ZDE o de modo mediado-ZDP (Tudge, 1993).

Este nuevo significado depende no solo del material potencialmente significativo que se le presenta al estudiante, el cual posibilita su relación con los conocimientos ya existentes, sino que éste debe involucrar una actitud de aprendizaje significativo o “una disposición para relacionar sustancial y no arbitrariamente el nuevo material

con su estructura cognoscitiva” (Ausubel y otros, 1986). Estos aspectos involucran la motivación del estudiante y los recursos didácticos empleados, y es acerca de ellos donde se enfoca esta estrategia, en la cual se desarrollaron tres fases: una etapa de indagación de ideas alternativas, actividades de clase y la etapa de evaluación correspondiente.

LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO PALEONTOLÓGICO

La pregunta acerca del origen de los seres vivos, entre ellos el hombre, ha permanecido latente en toda la historia de la humanidad y en el desarrollo de las ciencias geológicas; por ello ha surgido la paleontología, que busca dar respuesta a las inquietudes transcendentales de la existencia humana y es una herramienta práctica fundamental en la geología actual.

Ya desde la Grecia clásica se tienen registros de varias interpretaciones que pretendieron una explicación del origen de la vida, de nuestro planeta y de muchos de sus procesos; algunas incluyeron aspectos como la generación espontánea, la transmutación o evolución, las extinciones, etc. Muchas de estas ideas fueron cambiadas por tendencias más creacionistas. Sólo hacia 1400, cuando se comenzó a configurar una visión dinámica del tiempo y de los cambios que dejan registros observables, se posibilitó una apertura de pensamiento hacia diferentes explicaciones. De este modo, la existencia de formas extintas de seres vivos, que ya fuera mencionada por Bernard Palissy (Gallegos, 1998), sólo encuentra una clasificación detallada hacia el siglo XVII, realizada por Nicolaus Steno, quien se planteó la contemporaneidad de los fósiles con el depósito y enunció las bases de la cronología relativa al señalar los criterios de superposición, continuidad y horizontalidad de estratos.

En el siglo XVIII Benoît de Maillet consideró el origen y evolución de los seres vivos por procesos de pangénesis, donde varias semillas germinaron en las aguas y colonizaron la tierra transformán-

* Previamente publicado en la Revista Docencia Universitaria, Vol. 3 No. 1, Mayo 2002, Web: <http://ced19.uis.edu.co/revista/>

dose unos organismos en otros; “la especie humana, incluso, había empezado siendo un pez.” (García, 1997). Debido a que estos cambios requerían de un transcurrir de tiempo muy largo, permitieron la modificación de la edad de la tierra. Así mismo, Georges Louis Leclerc, conde de Buffon, explicó esta transformación orgánica como producto del hábitat y la alimentación, y defendió la posibilidad de reconstruir la historia de la tierra por métodos empíricos, considerando el presente como la clave del pasado. Esta idea fue retomada por James Hutton (Sequeiros y otros, 1997a) que consideró la explicación de los fenómenos geológicos por procesos observables, planteando el ciclo geológico de erosión, transporte, sedimentación y elevación debida a vulcanismo que genera nuevas rocas. Contrario de Hutton y como su principal opositor, Abraham Gottlob Werner (Pedrinaci, 1993) sostenía su idea de un continuo cambio lineal; según esto, las rocas cristalinas y sin fósiles se precipitaron de un océano primordial, continuaron las rocas de transición de sedimentos químicos y mecánicos con pocos fósiles, luego con mayor descenso del mar precipitaron los estratos “Floeze” con muchos fósiles, para terminar con los terrenos aluviales; esta es una clasificación genética ordenada por criterios cronológicos que incluye un principio de causalidad.

El transformismo biológico, lineal y continuo (sin extinciones) desde lo simple a lo complejo, fue la idea defendida por Jean Baptiste de Monet, Caballero de Lamarck, pero la desaparición de seres la explicó Georges Cuvier en 1796, al demostrar la extinción de especies por fenómenos catastrofistas que modelaban la tierra. Luego William Smith, en 1799, estructuró el concepto de fósil característico y su posible uso en correlaciones estratigráficas de antigüedad relativa (Pedrinaci, 1993).

Sólo en 1830, cuando Charles Lyell formuló el Uniformitarismo, que considera «...todos los hechos geológicos que se desarrollan en la superficie de la tierra se producen por procesos físicos, químicos y biológicos que actúan de forma lenta, gradual y continua a lo largo de los tiempos geológicos» (Sequeiros y otros, 1997b), se posibilitan las investigaciones que estructuraron la geología actual. A partir del Uniformitarismo se aportaron algunas bases para el planteamiento del origen de las especies por la selección natural propuesto por Darwin en 1859 (Sequeiros y otros, 1995) y para la teoría de Geosinclinal de James Hall.

Investigaciones posteriores sobre la biogeografía de mamíferos, permitieron a Richard Lydekker (1896) postular la idea de puentes intercontinentales que mantenían un escenario no movilista de la tierra. Esta idea no fue cambiada hasta 1926, cuando Alfred Wegener formuló la teoría de la Deriva Continental, con base inicialmente en la evidencia fósil y en las formas encajantes de los continentes. La Deriva Continental, el concepto de Geosinclinal de Hall, el descubrimiento de la dorsal del Atlántico en 1920 y estudios geofísicos de densidad, intensidad y orientación magnética, plantearon el soporte para la aceptación del marco general de la Tectónica de Placas en 1967.

Aún ahora es posible notar la influencia de la paleontología en la hipótesis Gaia de Lovelock (Lovelock, 1995) que considera la tierra como un sistema homeostático orientado por la biosfera, con sistemas de autorregulación controlados por organismos vivos.

METODOLOGÍA

El desarrollo de esta estrategia fue realizado con 35 estudiantes de la carrera de Geología de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia) durante los años de 1999 y 2000, en diferentes cursos: tercer (Grupo 1), quinto (Grupo 2) y octavo semestre (Grupo 3), lo cual exigió y permitió la flexibilidad de las herramientas, debido a diferencias en el nivel de construcción y la claridad de los conceptos que se involucraron.

El proceso de investigación se desarrolló en tres grandes fases: una etapa de indagación de conceptos alternativos donde se aplicaron mecanismos para la recolección de las ideas que los estudiantes manejaban sobre la temática; la realización de prácticas guiadas con actividades específicas, y finalmente, una etapa de evaluación del aprendizaje alcanzado y del proceso desarrollado con la confrontación de los resultados iniciales.

FASE 1. INDAGACIÓN DE CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

El cuestionario empleado para esta indagación incluyó la representación gráfica del proceso de formación del fósil, tipos de fósiles y la identificación de ambientes; estos conceptos incluyen principios paleontológicos, geológicos y biológicos fundamentales para la comprensión de la paleontología y su expresión gráfica permite significaciones que en otros casos pueden pasar desapercibidas, además, el estudiante expone una actitud creativa personal. Estudios similares han sido trabajados en España a nivel básico de primaria y secundaria (Lillo, 1994), magisterio y licenciaturas (Lillo, 1996). Los resultados obtenidos permitieron la construcción de tres categorías para cada pregunta que fueron analizadas cualitativa y cuantitativamente (ver tablas 1, 2 y 3).

En las respuestas de los estudiantes se observó que la dificultad para identificar un fósil como una partícula componente de la roca impide concebir los procesos de formación de ambos como algo simultáneo y sincrónico; algo similar ocurre cuando se considera que el organismo muerto cae “dentro” la roca ya formada o “imprime” su huella en ella. Estos aspectos también pueden ser reflejados cuando el fósil se considera separado de la roca misma (figura 1).

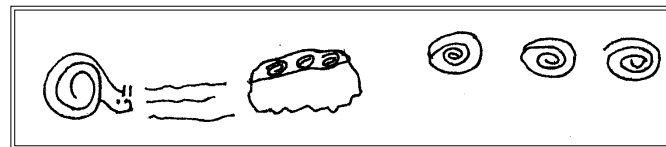


Figura 1. Respuesta a la primera pregunta de la fase 1, categoría inferior, Grupo 1.

La fosildiagénesis es representada sólo ocasionalmente como un intercambio de CaCO_3 (figura 2), y usualmente como un proceso por etapas, señaladas con flechas o indicaciones de separación. A este aspecto se asocia también el desconocimiento de procesos orogénicos y de erosión, que a veces fueron indicados textualmente pero sin involucrar su expresión dentro de los gráficos. La categoría superior incluyó con una buena claridad algunos de los aspectos antes considerados y la importancia que adquiere el hombre en el descubrimiento e interpretación del fósil (figura 3).

Tabla 1. Resultados cuantitativos de la representación gráfica del proceso de formación del fósil en la fase de indagación de ideas alternativas.

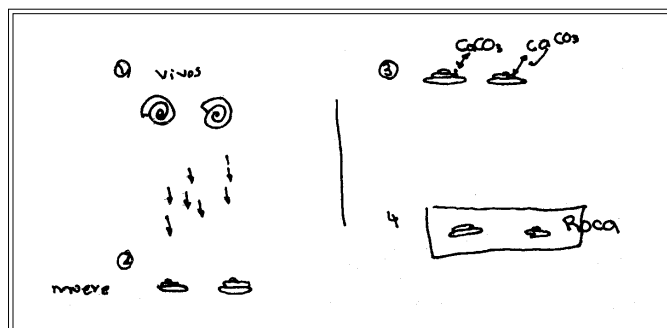
Categoría	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Estudiantes por categoría
Nivel inferior: Considera la vida y muerte del organismo, y la muestra fósil.	4 (36%)	2 (20%)	4 (29%)	10 (29%)
Nivel básico: Incluye, además, los procesos de fosildiagénesis.	6 (55%)	7 (70%)	9 (64%)	22 (63%)
Nivel superior: Adiciona actividades como descubrimiento e interpretación.	1 (9%)	1 (10%)	1 (7%)	3 (8%)
Estudiantes por grupo	11	10	14	35

Tabla 2. Resultados de la representación gráfica de tipos de fósiles en la fase de indagación de ideas alternativas.

Categoría	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Estudiantes por categoría
Nivel inferior: Origen animal o vegetal, endoesqueleto o exoesqueleto.	1 (10%)	5 (50%)	7 (50%)	13 (37%)
Nivel básico: Origen animal y vegetal, endoesqueleto o exoesqueleto, huellas.	4 (36%)	4 (40%)	5 (36%)	13 (37%)
Nivel superior: Origen animal y vegetal, endoesqueleto y exoesqueleto, huellas, otras consideraciones.	6 (54%)	1 (10%)	2 (14%)	9 (26%)
Estudiantes por grupo	11	10	14	35

Tabla 3. Resultados de la identificación de ambientes en la fase de indagación de ideas alternativas.

Categoría	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Estudiantes por categoría
Nivel inferior: Marino o terrestre, algunas subdivisiones y organismos.	3 (27%)	1 (10%)	4 (29%)	8 (23%)
Nivel básico: Marino y/o terrestre, subdivisiones, algunos organismos y otras características.	7 (64%)	5 (50%)	9 (64%)	21 (60%)
Nivel superior: Marino y continental, varias subdivisiones, características y organismos.	1 (9%)	4 (40%)	1 (7%)	6 (17%)
Estudiantes por grupo	11	10	14	35

**Figura 2. Respuesta a la primera pregunta de la fase 1, categoría básica, Grupo 3.**

Especialmente la confusión de fósil con resto orgánico y el desconocimiento de la fosildiagénesis se encontró en los estudiantes del Grupo 1, resultados similares a los encontrados por Lillo Bevia (1994, 1996) en España.

En la tabla se observa que el mayor número de estudiantes del nivel superior corresponde al grupo 1, ya que estos realizaron una confrontación en el momento de contestar el formulario; los estudiantes de niveles más avanzados presentaron respuestas con más nombres específicos pero de características muy similares, de este modo todos los ejemplos citados poseen exoesqueleto y pertenecen en su mayoría a los moluscos (figura 4).

Algunas respuestas presentaron clasificaciones jerarquizadas, donde los dibujos incluyeron diversos tipos de fósil considerando si su origen es animal o vegetal, huellas, tamaños, etc. (figura 5).

Las respuestas de los estudiantes a la pregunta 3 presentaron diferencias claras entre ambiente marino (o acuático) y continental (o terrestre), pero la identificación de ambientes transicionales (playas, estuarios, deltas, etc.) es poco reconocida. El mayor número de subdivisiones se encuentra sobre los continentes o ambientes terrestres; en general no se apreciaron diferencias entre las propiedades de medios acuáticos como luminosidad, salinidad, temperatura, partículas en suspensión, etc.

FASE 2. PROPUESTA METODOLÓGICA

Para formular la propuesta metodológica se partió del hilo conductor establecido por los objetivos conceptuales esperados, los resultados obtenidos de la fase de indagación de ideas alternativas y las posibilidades didácticas aportadas por los instrumentos empleados. Con estas consideraciones se modificó la aplicación de los instrumentos para adecuarlos a los niveles de elaboración conceptual de los distintos grupos.

PRIMERA ETAPA

Se emplearon acetatos y fotografías con enfoque expositivo y en parte de conflicto cognitivo (Pozo y Gómez, 1998) para confrontar y complementar las respuestas e ideas acerca de los conceptos preguntados durante la indagación de ideas alternativas.

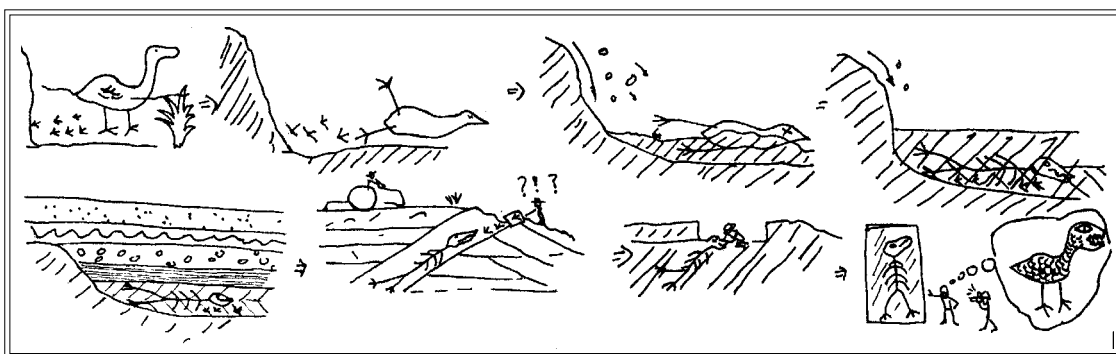


Figura 3. Respuesta de la primera pregunta de la fase 1, categoría superior, Grupo 1.

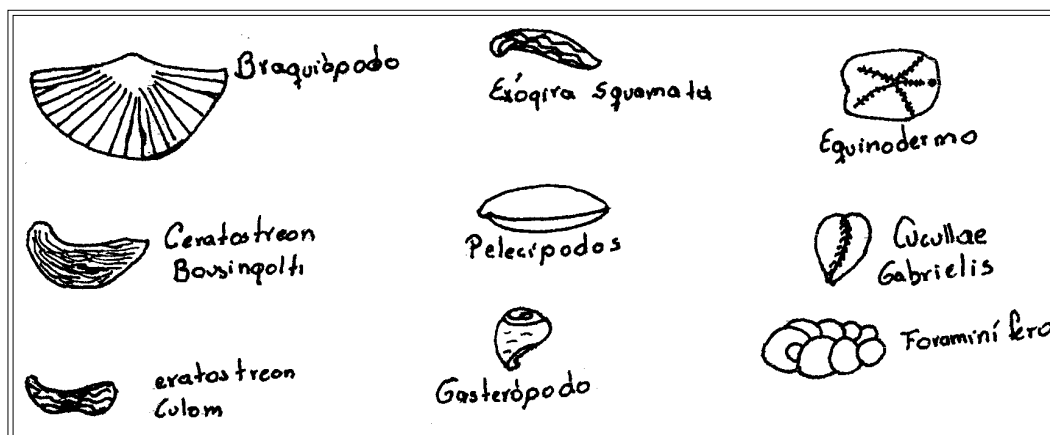


Figura 4. Respuesta de la segunda pregunta de la fase 1, categoría inferior, Grupo 3.

SEGUNDA ETAPA

Se realizó un ejercicio hipotético de lápiz y papel que pretendió involucrar al estudiante en un problema simplificado de la geología sobre la reconstrucción de la historia de una cuenca empleando información paleontológica a partir de tres columnas estratigráficas. Esta estrategia con enfoque de resolución de problemas guía la elaboración de conceptos, el aprendizaje y desarrollo de procesos metodológicos en geología, y favorece la observación, la creatividad, el análisis argumentado y la crítica; al mismo tiempo, indica la forma como se han construido algunos conceptos fundamentales (como el de tiempo geológico) y la manera como éstos se modifican.

Como los estudiantes del Grupo 1 se encontraban iniciando las asignaturas de la carrera de geología y no conocían mucha de la información geológica que puede involucrarse, el ejercicio hizo énfasis en contenidos procedimentales como: la observación, secuenciación, orden, descripción y argumentación, entre otros. La cantidad de conceptos involucrados en este taller con el Grupo 2 permitieron, además, interpretar ambientes a partir de la información litológica y paleontológica, y establecer los límites de tiempo relativo más significativos. Con el Grupo 3 se incluyeron aspectos adicionales acerca de la descripción de especies, separación de géneros y familias, biozonas, evolución de la cuenca, etc.

TERCERA ETAPA

El desarrollo de esta etapa solamente involucró a estudiantes del Grupo 1 debido a los obstáculos identificados en las respuestas durante la fase 1 referentes a la confusión de fósil y resto orgánico. Para ello se optó por un enfoque de conflicto cognitivo al presentar a los estudiantes tres muestras de fósiles y un caracol de apariencia envejecida pero de edad reciente. Durante la socialización se reflexionó acerca de procesos de fosildiagénesis, tiempo, cambio mineralógico, etc.

FASE 3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La evaluación realizada incluyó un cuestionario escrito con dos preguntas abiertas que pretendían conocer el nivel de elaboración conceptual que habían alcanzado los estudiantes. En la primera pregunta se solicitó a los estudiantes escribir un ensayo sobre el fósil y la segunda consistió en la realización de un esquema conceptual acerca de la paleontología. Con el fin de profundizar en estas ideas se realizó un estudio de casos a través de entrevistas no estructuradas (Van Dalen y Meyer, 1981) que se aplicaron a dos estudiantes que fueron seleccionados en las categorías del nivel básico (Grupo 1) y superior (Grupo 2).

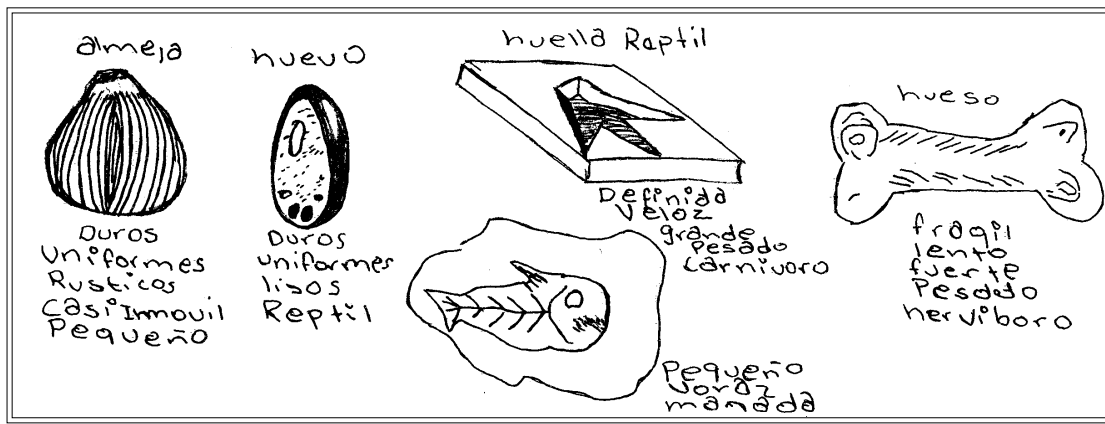


Figura 5. Respuesta de la segunda pregunta de la fase 1, categoría básica, Grupo 1.

Durante esta fase se encontró que la mayoría de los estudiantes mencionaron los cambios químicos y mineralógicos involucrados en la fosildiagénesis; otros dejaron implícito el proceso mismo, pero la explicación para estos cambios continuó siendo el reemplazamiento de las partes orgánica por sustancias minerales, o sólo de sus partes duras, como se puede observar en las siguiente respuestas:

“El proceso de fosilización, es un proceso geológico en el cual, la materia orgánica de un ser vivo, es remplazada por materia inorgánica...”

“Para que encontremos un fósil fue necesario una cantidad de procesos bioquímicos que hicieron que las moléculas orgánicas se convirtieran en minerales y ahí en roca.”

“Para la formación de un fósil es necesario después de la muerte del organismo, su enterramiento; después seguirá el reemplazamiento de las partes duras del organismo, por ejemplo las conchas, caparazón, en roca.”

La mayoría de los estudiantes señalaron diferentes tipos de fósiles, aunque algunos los identifican como animales o simplemente como seres vivos. Por otra parte, en la repetida alusión a los ambientes se diferencia entre las condiciones existentes en el lugar de vida, muerte y enterramiento del organismo, relacionadas con el proceso de fosildiagénesis, y la interpretación de ambientes al emplear los fósiles como herramienta paleoecológica. Al respecto se encuentran algunas respuestas como:

“El fósil es un organismo o un rastro que proporciona una información acerca de las características ambientales, del lugar de origen, del sitio de deposición, de las condiciones de enterramiento.”

“Es un registro de los seres que existieron nos ofrece información tanto de la especie fosilizada, el ambiente en el cual vivía, su muerte, y sus hábitos de vida.”

“Nos puede indicar edades relativas dentro de la geología a partir de la correlación en columnas estratigráficas y de fósiles guías.”

Entre los conceptos o ideas que presentan una mayor elaboración por casi todos los estudiantes, se encuentra la clara diferenciación entre resto orgánico y fósil; este concepto puede ser considerado como base para la estructuración de ideas más amplias, como fosildiagénesis y tipos de fósiles. También el nivel de elaboración alcanzado para separar diversos tipos de fósiles permite ya incluir gran variedad de registros orgánicos, aunque los organismos sean asignados únicamente a seres animales o vegetales, desconociendo los reinos protista y fungi.

La comprensión de fosildiagénesis y el frecuente manejo de esqueletos, en especial exoesqueletos, se encuentran muy relacionados. Aunque parece ser que el identificar los fósiles con conchas y caracoles se debe a la facilidad para representarlos, esta asociación dificulta concebir otros tipos de procesos involucrados en la fosilización.

De igual manera, en esta fase de evaluación se encontraron más relaciones con la aplicación de la paleontología, donde se observó mayor nivel de elaboración en referencias hacia correlaciones bioestratigráficas, tiempo relativo, evolución geológica, prospección de hidrocarburos y desarrollo socioeconómico.

CONCLUSIONES

Aunque el desarrollo de la experiencia no alcanzó el nivel de elaboración esperado en algunos de los conceptos trabajados, si se observaron cambios significativos en la mayoría de los estudiantes. Por lo anterior es importante reconsiderar el diseño de las herramientas didácticas utilizadas en clase, cada una de ellas con posibilidades, mecanismos e inconvenientes particulares. En especial aquellas actividades que involucran al estudiante de forma protagonista en la construcción de su propio aprendizaje y posibilitan el manejo integral de diversos conceptos, métodos y aplicaciones, permiten una mayor reflexión, autonomía, confrontación y compromiso de los mismos estudiantes. Esta importancia fue señalada por uno de los estudiantes al reconocer (como algo gracioso) que “es más fácil olvidar cosas dichas ante el tablero, pero no en un ejercicio que implica compromiso, reflexión y diversión para su trabajo”.

A pesar del seguimiento realizado durante toda la investigación, se encuentran dificultades adicionales en otros aspectos. Uno de los más importantes se identifica como el clima del aula, esa relación interactiva creada por el profesor y el grupo específico de estudiantes, especialmente durante las clases iniciales, que llega a influir en el interés y la motivación del estudiante, y así mismo, en su aprendizaje.

REFERENCIAS

- Ausubel D., Novack J. y Hanesian H., 1986. Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Capítulo 2. México: Trillas, 623 p.
- Gallegos J.A., 1998. La construcción del concepto de mineral: Bases históricas y un diseño de enseñanza-aprendizaje. Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 16, No. 1, p. 159-167.
- García Candido M., 1997. Benoît de Maillet y el transformismo geológico. Revista Enseñanza de Ciencias de la Tierra. Vol. 5, No. 1, p. 6-10.
- Lillo Bevia J., 1994. Análisis de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 12, No. 1, p. 39-44.
- _____, 1996. Ideas de los alumnos y obstáculos epistemológicos en la construcción de los conceptos fósil y fosilización. Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 3, No. 3, p. 149-153.
- Lovelock J., 1995. Las edades de Gaia: Una biografía de nuestro planeta vivo. 2 ed. Barcelona: Tusquets, 192 p.
- Pedrinaci E., 1993. La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 11, No. 3, p. 315-323.
- Pozo J.I. y Gómez Crespo M.A., 1998. Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Morata. 331 p.
- Sequeiros L., García de la Torre E. y Pedrinaci E., 1995. Tectónica de placas y evolución biológica: Construcción de un paradigma e implicaciones didácticas. Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol. 3, No. 1, p. 14-22.
- Sequeiros L., Pedrinaci E., Álvarez R.M. y Valdivia J., 1997a. James Hutton y su teoría de la tierra (1795): Consideraciones didácticas para educación secundaria. Revista Enseñanza de Ciencias de la Tierra. Vol. 5, No. 1. p. 11-20
- Sequeiros L., Pedrinaci E., Berjillos P. y García E., 1997b. El bicentenario de Charles Lyell (1797-1875): Consideraciones didácticas para educación secundaria. Revista Enseñanza de Ciencias de la Tierra. Vol. 5, No. 1. p. 21-32.
- Tudge J., 1993. Vygotsky, la zona de desarrollo próximo y la colaboración entre pares: connotaciones para la práctica del aula. Vygotsky y la educación. Compilador: Moll, L.C. Argentina: Aique, 493 p.
- Van D., Deobold B. y Meyer W.J., 1981. Manual de técnica de la investigación educacional, capítulo 12: Los instrumentos de investigación. Buenos Aires: Paídos. p. 322-358.

IMÁGENES ELECTROMAGNÉTICAS DEL INTERIOR DE LA TIERRA: PARTE VII

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860, México

Parte I:	GEOS, 1996, Vol. 16, No. 3, 152-154
Parte II:	GEOS, 1977, Vol. 17, No. 2, 104-106
Parte III:	GEOS, 1977, Vol. 17, No. 3, 172-176
Parte IV:	GEOS, 1998, Vol. 18, No. 1, 24-30
Parte V:	GEOS, 1999, Vol. 19, No. 1, 29-32
Parte VI:	GEOS, 1999, Vol. 19, No. 3, 187-189

PARTE VII.

En este número veremos una técnica más con la que se puede obtener directamente la resistividad de una tierra homogénea. En realidad existen muchas más técnicas que las tres que ya hemos explicado y la que trataremos aquí. Sin embargo, estas cuatro son de las pocas que permiten despejar la resistividad del medio y expresarla directamente en términos de las mediciones. Esta característica permite analizar la fórmula correspondiente y facilita la comprensión del papel que juegan los diferentes parámetros involucrados, pues además de las mediciones electromagnéticas también tienen un papel importante parámetros como la distancia y la frecuencia de oscilación de los campos. La comprensión que se logra de esta manera puede extenderse en términos generales a situaciones de medios heterogéneos, algo que sería muy difícil de lograr si tratamos de comprender desde un principio los casos más complicados. Por lo general, cuando el medio es heterogéneo, las diferentes variables se combinan de una manera tan complicada que no permite entender fácilmente el papel que están jugando en la determinación de la distribución de la resistividad. Estas complicaciones se presentan también en casos de medios homogéneos, cuando se utilizan algunas técnicas que no permiten despejar directamente la resistividad. En esos casos se utilizan curvas patrón o programas de computadora para determinar el valor de la resistividad. Obviamente con ello se pierde toda oportunidad de comprender los aspectos básicos de cualquier técnica.

Se mencionó en un de los números anteriores que las variaciones armónicas seno y coseno, consideradas como funciones del tiempo, son las únicas que conservan su forma al propagarse o difundirse en diferentes medios conductores. Si la fuente de los campos electromagnéticos oscila a una frecuencia determinada, así lo harán los campos en los diferentes medios que se encuentren en el radio de acción de la fuente. Los campos oscilarán en el tiempo a la misma frecuencia y en la forma de funciones seno o coseno. Lo que puede variar de un lugar a otro son la amplitud y la fase de estas funciones. No importa a qué distancia estemos de una estación de radio, o el valor de la resistividad de la tierra en el lugar: la frecuencia a la que sintonizamos la estación no cambia. Lo que puede variar, y de hecho así sucede, es la amplitud de los campos y la fase de los mismos.

En este número trataremos un caso que tiene similitud con la transmisión y recepción de las ondas de radio, aunque la frecuencia que utilizaremos es mucho menor. Las ondas de radio de AM, por ejemplo, tienen una frecuencia de varios cientos de miles de ciclos por segundo. Las que supondremos aquí sólo alcanzan varios cientos de ciclos por segundo. Esto es, las ondas de radio tienen una frecuencia mil veces mayor. La razón de esta diferencia tiene que ver, por supuesto, con las exigencias particulares impuestas por los dos diferentes tipos de aplicaciones.

7.4 MÉTODOS DE FUENTE CONTROLADA

Se conocen como métodos de fuente controlada a los métodos electromagnéticos que utilizan fuentes artificiales como cables puestos a tierra o bobinas que se cierran sobre sí mismas, por los que se hace circular corriente alterna que varía en el tiempo como una función coseno o en la forma de escalón. De esta última característica, la de controlar la corriente en la fuente a una forma particular de variación, toman su nombre los métodos de fuente controlada. De esta manera se les diferencia de los métodos que, como el magnetotélúrico, utilizan fuentes naturales sobre las que no se tiene ningún control, ni sobre su geometría ni sobre la variación temporal de la corriente.

En los métodos de fuente controlada se fija tanto la geometría de la fuente como la variación temporal de la corriente. Sobre este último aspecto las formas de variación más utilizadas son las de funciones coseno y escalón. Estas funciones facilitan las cosas tanto en aspectos teóricos como prácticos. Como se dijo anteriormente, las variaciones tipo coseno son las únicas que producen campos en el espacio y en la tierra que conservan la forma de variación de la fuente. En todas partes los campos oscilan a la frecuencia de la fuente, por lo que para caracterizarlos sólo hay que medir su amplitud y su fase. Por otro lado, la fuente misma es relativamente fácil de construir, pues con componentes básicos se pueden construir circuitos cuya forma natural de comportarse es precisamente oscilando en el tiempo como una función coseno. También desde el punto de vista de la teoría son muy convenientes las funciones coseno, pues las ecuaciones de Maxwell son más fáciles de resolver cuando se supone que la fuente varía de esa forma. Recordemos que la solución de estas ecuaciones permite simular el campo electromagnético que medimos en la superficie de la tierra, lo cual es absolutamente necesario si queremos conocer la distribución de resistividad en el subsuelo.

El caso del escalón resulta también relativamente fácil de resolver matemáticamente. El campo electromagnético transitorio generalmente se obtiene mediante la transformada de Fourier de la

solución para la variación de coseno, por lo que la mitad del problema ya está resuelto de antemano. Y desde el punto de vista práctico: la función escalón es la más fácil de producir en una fuente. Basta con interrumpir la corriente —cortando el cable, por ejemplo— para que el campo magnético de la fuente desaparezca y se inicie la inducción en la tierra.

Existe una gran variedad de métodos que utilizan fuentes controladas, lo cual puede fácilmente deducirse de las posibles combinaciones de geometrías y variaciones temporales. Por lo general, todos tienen una profundidad máxima de penetración menor a la del método magnetotélúrico que utiliza fuente natural. Esto se debe principalmente a que la fuente natural en la ionosfera tiene dimensiones mucho mayores que las de las fuentes artificiales que se utilizan en los métodos de fuente controlada. A continuación se describe un método particular que típicamente utiliza como fuente una bobina de alrededor de un metro de diámetro, y como receptor otra bobina más o menos de las mismas dimensiones. La corriente eléctrica en la fuente varía temporalmente siguiendo una función coseno.

7.4.1 VIVIENDO CERCA DE UNA ESTACIÓN DE RADIO

Las fuentes que se utilizan en geofísica para crear campos electromagnéticos son como las antenas de radio y televisión. Por ellas se hace circular corriente alterna, la cual produce campos eléctricos y magnéticos en el espacio circundante. Sin embargo, existen diferencias importantes que vale la pena señalar. En el caso de la radio y televisión los campos se utilizan como medios para transmitir información de un punto a otro. El efecto de la resistividad de la tierra se minimiza para que interfiera lo menos posible con el objetivo de transmitir información. Por el contrario, en el caso de las aplicaciones geofísicas de lo que se trata es de maximizar el efecto de la tierra. También tenemos que en el caso de la radio y televisión, se intenta obtener el máximo alcance posible en términos de distancia horizontal, mientras que en las aplicaciones geofísicas se intenta maximizar la profundidad de penetración.

Las consideraciones anteriores llevan, por un lado, a que la longitud de onda de las ondas para comunicación sea del orden de cientos de metros y, por el otro, a que dicha longitud en aplicaciones geofísicas sea por lo menos mil veces mayor, para que las ondas penetren lo suficiente en la tierra.

Por otro lado, cuando escuchamos radio o vemos televisión lo hacemos generalmente a distancias equivalentes a muchas longitudes de onda. Lo más común es que estemos a varios kilómetros de la estación recibiendo información que viene en longitudes de onda de apenas cientos de metros. En el caso de las mediciones geofísicas la situación es exactamente al revés. El receptor por lo general está solamente a algunos cientos de metros mientras que la longitud de onda es de cientos de kilómetros. Es como escuchar radio cuando se vive a pocos metros de la estación: prácticamente no existe retraso de la señal debido a la corta separación entre transmisor y receptor. En la jerga de los métodos electromagnéticos a esta situación se le conoce como aproximación cuasi-estática. El retraso de la señal en el receptor es prácticamente nulo con respecto a la señal original en el transmisor. Es como si los campos fueran estáticos, pero no completamente, de donde proviene el término de cuasi-estáticos.

7.4.2 LA TIERRA MODIFICA LA LONGITUD DE ONDA

Si la fuente se alimenta con corriente directa, los campos que produce son estáticos, no se puede transmitir información y tampoco se puede obtener información sobre la resistividad de la tierra, a no ser que la corriente se haga circular por la tierra como en los métodos ya descritos de corriente directa. En el presente caso estamos suponiendo que no hay contacto galvánico entre la tierra y la fuente. Cuando los campos varían en el tiempo necesariamente se induce corriente en la tierra. Recordando la Ley de Faraday, la misma que todos aprendimos desde la escuela secundaria, la corriente que se induce en tierra es mayor en la medida que la frecuencia de oscilación es mayor. Esto es, la corriente inducida será mayor en la medida en que la longitud de onda sea menor. Esto significa que para que las corrientes inducidas tengan en el receptor efectos apreciables, deberemos de utilizar longitudes de onda lo más pequeñas posibles. Sin embargo, la libertad para escoger la longitud de onda apropiada se ve severamente limitada por la necesidad que tenemos de que la corriente inducida penetre lo suficiente en la tierra. De este compromiso se deriva el hecho de que utilicemos campos cuasi-estáticos. Esto es, que a pesar de que se induzca relativamente poca corriente en la tierra utilizando longitudes de onda extremadamente grandes, aseguramos que lo poco que se induce penetre a grandes profundidades.

Es bastante común que a pesar de las gigantescas longitudes de onda que se utilizan, y de las cortas distancias entre transmisor y receptor, se midan retrasos de hasta un cuarto de longitud de onda. ¿Cómo es esto posible? La explicación de esta aparente contradicción es que la longitud de onda se acorta considerablemente en la tierra. La longitud de onda en la tierra puede llegar a ser menor a una milésima de su valor en el aire, dependiendo de la resistividad de la tierra. La frecuencia no cambia, como explicamos antes, lo que cambia es la velocidad y por ende la longitud de onda. Tenemos entonces, que midiendo el retraso, tendremos una manera de conocer la resistividad.

La resistividad también afecta a la forma en que disminuye la amplitud de la onda con la distancia. La amplitud disminuye de por sí con sólo alejarnos de la fuente, simplemente por efectos geométricos, en forma parecida a como disminuye la intensidad de la luz al alejarnos de un foco. Cuando existe polvo en el aire, la intensidad de la luz disminuye aún más al alejarnos del foco, de tal forma que el grado de la disminución extra nos permite evaluar la calidad del aire. El mismo efecto en la amplitud de los campos tiene la resistividad de la tierra. La amplitud disminuye al alejarnos de la fuente no sólo por efectos geométricos: la tierra también pone su parte. Entonces tenemos que ambas cantidades, la fase y la amplitud, proveen información sobre la resistividad de la tierra. Por lo general, a mayor atenuación y diferencia de fase, menor la resistividad.

7.4.3 TODO ES LINEAL EN PEQUEÑAS CANTIDADES

No es fácil obtener una fórmula para la resistividad de una tierra homogénea en el caso de los métodos electromagnéticos de fuente controlada. De hecho es imposible. Aún en el caso más simple en que tanto el transmisor como el receptor sean bobinas pequeñas

horizontales colocadas sobre el terreno, no es posible obtener una fórmula para la resistividad en función de la frecuencia, la separación entre transmisor y receptor y la medición misma de los campos. El efecto de las corrientes inducidas es simplemente demasiado complicado para que puedan separarse las diferentes variables, particularmente la resistividad. Esto no significa que no exista una fórmula para el campo electromagnético en función de la separación, la frecuencia y la resistividad. Esta fórmula sí existe, incluso existen soluciones para situaciones mucho más complicadas. A estas fórmulas se les conoce como soluciones al problema directo: dadas la separación, la frecuencia y la distribución de resistividades, la solución de las ecuaciones de Maxwell para el campo electromagnético es la solución del problema directo. Aunque este problema tiene sus dificultades intrínsecas, es relativamente menos difícil que lo que se conoce como el problema inverso: dadas la separación, la frecuencia y el campo electromagnético, encontrar la distribución de resistividades en el subsuelo. En el presente caso, el problema inverso no tiene solución: ¡Ni para una tierra homogénea!

Y sin embargo, como se mencionó al inicio del presente texto, es muy importante contar con una fórmula para la resistividad de una tierra homogénea, aunque la misma no se aplique en general para cualquier frecuencia o separación. Puede tratarse de una fórmula que sólo se aplique, por ejemplo, para frecuencias muy bajas. Como el campo electromagnético depende de la frecuencia, podemos buscar la forma en que depende cuando la frecuencia es muy baja. Sabemos, por nuestras clases de cálculo diferencial, que cualquier función se puede expresar como una serie de potencias de la variable independiente. Esta serie de potencias, cuando la variable independiente es pequeña, se puede aproximar tomando solamente el término de potencia uno, despreciando todos los demás, dado que el cuadrado, cubo, etc., de una cantidad pequeña resultan mucho más pequeños que la cantidad misma. De esta manera se pueden obtener fórmulas sencillas partiendo de expresiones complicadas. Es claro que las fórmulas simplificadas serán válidas sólo para frecuencias pequeñas. Sin embargo, esto representará un gran avance si permite despejar la resistividad de una tierra homogénea, como de hecho lo permite en el presente caso, según se explica con mayor detalle en el siguiente punto. Pero no sólo es una cuestión de álgebra. De hecho se pueden diseñar y en realidad existen equipos que funcionan usando frecuencias para las que se cumple la relación lineal entre los campos y la frecuencia.

7.4.4 NADA MÁS PRÁCTICO QUE UNA BUENA TEORÍA

Si se quiere diseñar un instrumento utilizando una relación como la descrita en el punto anterior, se requiere conocer con exactitud la relación lineal entre el campo electromagnético y la resistividad de un medio homogéneo. Esto es, para proceder con sabiduría en la práctica, necesitamos apoyarnos en la teoría. Teoría es la solución de las ecuaciones de Maxwell para dos pequeñas bobinas, una transmisora y la otra receptora, colocadas sobre el suelo en la presencia de un medio homogéneo. Teoría también es el desarrollo de la solución en términos de una serie de potencias de la frecuencia. Y teoría también es la reducción de la serie de potencias a la relación lineal requerida. Sólo así, y no antes, sabremos cómo combinar la frecuencia, la separación entre transmisor y receptor y

la medición misma de los campos para obtener como resultado la resistividad del medio. No haremos estas derivaciones aquí. Como en los casos anteriores, nos limitaremos a presentar la fórmula resultante. La fórmula es: $\tan \phi = \omega \mu_0 \sigma s^2 / 4$, donde ϕ es el retraso de fase, $\omega = 2\pi f$ es la frecuencia angular y f la frecuencia de oscilación, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ es la permeabilidad del vacío, σ (el inverso de la resistividad) es la conductividad del medio homogéneo y s la separación entre las bobinas. Como esperábamos, la fase, o mejor dicho la tangente de la fase, aumenta en forma lineal al aumentar la frecuencia. La relación también indica que la fase aumenta linealmente con la conductividad y en forma cuadrática con la separación. Esta relación se cumple solamente cuando la frecuencia es muy pequeña. A frecuencias arbitrarias la relación es mucho más complicada. La ventaja que se obtiene de la simplificación es que nos provee de una fórmula para la conductividad en términos de cantidades conocidas. Efectivamente: $\sigma = (4/\omega \mu_0 s^2) \tan \phi$. Todas las cantidades del lado derecho se conocen: ω es la frecuencia angular de la función coseno que rige la variación de la corriente en la bobina que actúa como fuente, μ_0 es una constante, s es la separación entre las bobinas transmisora y receptora, y ϕ es la fase del campo magnético en la posición del receptor con respecto a la corriente en la fuente.

La fórmula anterior también se aplica cuando las bobinas se colocan verticales en un mismo plano y a la misma separación que las horizontales. Para una situación dada en que ambos tipos de mediciones se realicen sobre una tierra homogénea, el valor numérico de la conductividad será exactamente el mismo. Sin embargo, como veremos en uno de los próximos números, las dos determinaciones de la conductividad no son enteramente equivalentes. Esto se debe a que cada una representa un promedio diferente de la distribución de conductividad o resistividad del subsuelo. En un medio homogéneo el promedio es el mismo, pero la forma de promediar no es la misma. Ocurre igual cuando utilizamos un mismo arreglo de bobinas a diferentes separaciones. La resistividad o conductividad resultante es la misma, pero la forma de promediar con respecto a la profundidad no lo es. Si la separación es mayor, la profundidad a la que se promedia es mayor. Esto se explica considerando que las corrientes inducidas en el subsuelo son más intensas cerca de la fuente, tanto respecto a la distancia horizontal como a la profundidad. Si el receptor está muy cerca del transmisor, se estará midiendo sobre todo el efecto de corrientes superficiales, ya que las corrientes profundas no podrán competir con las superficiales, cuyo efecto en el receptor será proporcionalmente mayor. A medida que nos alejamos, las corrientes superficiales pierden intensidad más rápidamente que las profundas, por lo que aumenta el efecto relativo de las corrientes a mayores profundidades.

A partir del próximo número iniciaremos la explicación detallada de las fórmulas presentadas en los apartados anteriores. Particularmente, *el por qué y el cómo* de las diferentes formas de promediar la distribución de conductividad del subsuelo.

EFICIENCIA DE LA PARALELIZACIÓN AUTOMÁTICA EN MULTIPROCESADORES UTILIZANDO MODELOS NUMÉRICOS DE CIRCULACIÓN DEL OCÉANO COSTERO

José Gómez-Valdés, Juan José Tapia y Hugo Sánchez Gijón
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada,
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, México
E-mail: jgomez@cicese.mx

RESUMEN

Se estudia el rendimiento de la opción de paralelización automática de los multiprocesadores SGI Origin 2000 y UltraSPARC III utilizando dos modelos numéricos del océano, uno tridimensional y el otro bidimensional. Con dos procesadores, el modelo tridimensional alcanzó un incremento en la rapidez de procesamiento (IRP) de 1.2 en la SGI Origin 2000 y en la UltraSPARC III de 2.44. En ambos casos no hubo mejora en el IRP con la adición de más procesadores. El modelo bidimensional tuvo el mismo tiempo de ejecución en la SGI Origin 2000 para todo conjunto de procesadores accesados y alcanzó un IRP de 1.5 en la UltraSPARC III con dos o más procesadores. En todos los experimentos, se obtuvo un IRP más alto con el uso de la opción de optimización del compilador que con el uso de la opción de paralelización automática. En ambos modelos la parte paralela del código resultó menor que la parte no paralela; por ello, la opción de optimización funcionó más eficientemente que la opción de paralelización automática. Ambos modelos alcanzaron el más alto rendimiento usando la UltraSPARC III.

INTRODUCCIÓN

Ya que el usuario sólo necesita compilar y correr los modelos numéricos, la opción de paralelización automática es una elección atractiva en computación científica. Hay dos opciones para hacer procesamiento paralelo. Una de ellas es programación paralela y la otra paralelización automática. La primera consiste en diseñar códigos paralelos por el programador para luego implementarlos en computadoras paralelas, de tal forma que el usuario controla el grado de paralelización. Es decir, el rendimiento de la programación paralela depende del esfuerzo del programador y de la arquitectura de la computadora paralela (Gómez-Valdés y Wang, 1995; Gómez-Valdés y Soto-Amador, 1998). En cambio, paralelización automática, un caso particular de compilación, es una disyuntiva en la que el código fuente es secuencial y el código receptor producido por el compilador es paralelo. Un compilador para paralelizar programas analiza el código fuente con mucho más detalle que un compilador convencional. Si el compilador realiza una eficiente paralelización automática, el tiempo de ejecución del programa se reduce significativamente, señal de que se tomó ventaja del paralelismo de la aplicación. Como en un programa dado no se conoce *a priori* el rendimiento que se alcanzará con los compiladores de paralelización automática, el usuario necesita buscar la mejor opción que ofrece la computadora. Es decir, el rendimiento de la paralelización automática depende del código a paralelizar y del compilador. Este trabajo tiene como objetivo comparar el rendimiento de los paralelizadores automáticos de las computadoras SGI Origin 2000 y la UltraSPARC III, usando dos modelos del océano costero con diferente diseño numérico: el modelo de circulación general del océano costero de Wang (1993), de uso intensivo de operaciones de punto flotante, y un modelo lineal de mareas, de uso intensivo de memoria, para eva-

luar el estado actual de la opción de paralelización automática. También se compara el rendimiento de la opción de optimización de los compiladores de ambas computadoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de Wang (1993) es tridimensional; su marco teórico son las ecuaciones primitivas de la dinámica del océano. El modelo lineal de mareas es bidimensional; su marco teórico son las ecuaciones de marea de Laplace. Ambos modelos fueron discretizados con la técnica de diferencias finitas. El primero con un esquema implícito y el segundo con un esquema explícito (ver Haidvogel y Beckmann (1999) para una discusión sobre esquemas).

Los experimentos de análisis de rendimiento de los compiladores automáticos se llevaron a cabo en los multiprocesadores SGI Origin 2000, de los que se puede encontrar una descripción completa en: <http://telematica.cicese.mx/computo/super/cicese2000/hard2k.html> y UltraSPARC III, de los que se puede encontrar una descripción completa en: <http://telematica.cicese.mx/computo/super/calafia/caracteristicas.php> a continuación se dan los comandos que se utilizaron.

En la SGI Origin 2000 se usó el Power Fortran Analyzer versión 7.1, que es un preprocesador que asiste en la paralelización de lazos del programa. Primero se ejecutó el programa en un sólo procesador tanto para evaluar su tiempo de ejecución como para obtener los resultados del modelo. Se usan las instrucciones:

```
f77 -o modelo modelo.f
```

```
timex modelo
```

```
cp fort.21 salida
```

donde `modelo.f` es el nombre del modelo numérico escrito en Fortran, `timex` es el comando para medir el tiempo de ejecución, `cp` es el comando para hacer una copia de `fort.21`, un archivo que arroja el modelo, copia que se utilizará para comparar los resultados de las subsecuentes corridas. Con el comando `timex` se obtienen tres cantidades: el tiempo de ejecución, el tiempo del usuario y el tiempo del sistema. Aquí se usó la primera de estas cantidades en el experimento de análisis de rendimiento. En segundo lugar se aplicaron los comandos:

```
f77 -pfa -o model model.f
setenv MP_SET_NUMTHREADS 2
setenv MP_SCHEDTYPE simple
timex model
diff fort.21 salida
```

donde con `-pfa` se invoca el compilador de paralelización Fortran; en la segunda instrucción se accesa el número de procesadores, en este caso 2 de ellos; en la tercera se selecciona el método de calendarización, en este caso se usa `simple`; también se puede usar `interleave`, `dynamic` o `gss`. Una vez seleccionado el número de procesadores y el tipo de calendarización se ejecuta el modelo precedido del comando `timex`. Finalmente se compara la salida del modelo con dos procesadores y la salida del modelo con un procesador. En el tercer paso ya no se tiene que compilar el modelo, ni cambiar el método de calendarización, a menos que se quiera estudiar la eficiencia de las diferentes opciones, pero sí se tiene que ejecutar la segunda instrucción para seleccionar el número de procesadores, así como las últimas dos instrucciones.

En la UltraSPARC III se usó el mismo procedimiento que en la SGI Origin 2000. En el primer paso se siguen las mismas instrucciones en ambas computadoras. En el segundo paso se usaron las instrucciones:

```
f77 -autopar -o model model.f
setenv PARALLEL 2
timex model
diff fort.21 salida
```

En esta computadora, el método de calendarización se establece a nivel de código. Aquí el equivalente al método `simple` de la SGI Origin 2000 es el método `static`. `-autopar` es equivalente a `-pfa`, `PARALLEL` es equivalente a `MP_SET_NUMTHREADS`. Enseguida, para obtener el tiempo de ejecución con otro conjunto de procesadores, se sigue al procedimiento arriba descrito.

En las dos computadoras se puede optimizar el cómputo con la opción `-On`, en donde $1 < n \leq 3$, del compilador Fortran respectivo. En la SGI Origin 2000 se usó el comando

```
f77 -On -OPT:roundoff=n -o model model.f
```

para cada nivel de optimización, en donde se da la opción `-OPT:roundoff=0` para evitar errores de punto flotante en los niveles 0, 1, y 2, y `-OPT:roundoff=2` para el nivel 3. En la UltraSPARC III se usó el comando

```
f77 -On -fsimple=0 -o model model.f
```

donde `-fsimple=0` tiene los mismos efectos que `-OPT:roundoff=n` de la otra computadora.

Se calculó el incremento de la rapidez de procesamiento (IRP) de acuerdo a la definición de rendimiento de Hennesy and Patterson (1995)

$$IRP(n) = \frac{\text{Tiempo de ejecución sin la mejora}}{\text{Tiempo de ejecución con la mejora}},$$

en donde para el caso de la comparación entre el rendimiento del ejecutable paralelo y del ejecutable secuencial se sustituye el numerador por el tiempo de ejecución del secuencial y el denominador por el tiempo de ejecución del paralelo. En el caso de la comparación del código optimizado y el no optimizado, se sustituye el numerador por el tiempo de ejecución del código no optimizado y el denominador por el tiempo de ejecución del código optimizado.

RESULTADOS

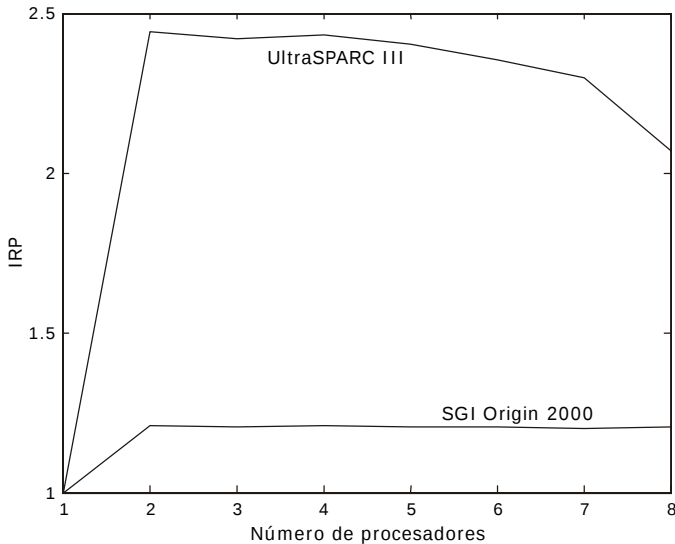
Se hicieron experimentos de análisis de rendimiento del modelo de Wang (1993) y de un modelo lineal de mareas en dos computadoras, con la finalidad de encontrar la mejor opción de paralelización

La Tabla 1 muestra los tiempos de ejecución en segundos de los dos modelos en las dos computadoras con la opción de paralelización automática. El modelo de Wang (1993) se denota como `modelo_1` y el modelo lineal de mareas como el `modelo_2`. El `modelo_1` corrió casi cinco veces más rápido en la UltraSPARC que en la SGI Origin 2000 con el uso de un sólo procesador; el mismo comportamiento tuvo el `modelo_2` pero con un menor IRP. El `modelo_1` corrió casi diez veces más rápido en la UltraSPARC que en la SGI Origin 2000 con más de dos procesadores. El `modelo_2` corrió seis veces más rápido en la UltraSPARC que en la SGI Origin 2000 con más de dos procesadores. Con el `modelo_1` se obtuvo el mejor tiempo de ejecución con dos procesadores en ambas computadoras. Con el `modelo_2` el tiempo de ejecución no varió con el uso de más de dos procesadores.

La Figura 1 muestra el comportamiento de la IRP del `modelo_1` usando el compilador de paralelización automática. La computadora UltraSPARC III alcanzó más alto IRP que la Origin 2000 para todos los procesadores. La computadora UltraSPARC III alcanzó un IRP mayor a 2 con dos procesadores. Sin embargo, con más de tres procesadores la IRP es menor que el número de procesadores.

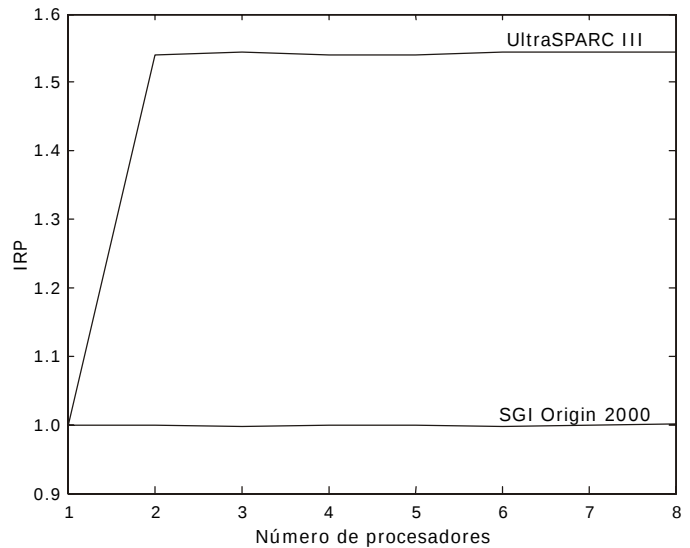
Tabla 1. Tiempo de ejecución con la opción de paralelización automática

Numero de procesadores	SGI Origin 2000		Ultra SPARC II	
	Modelo_1	Modelo_2	Modelo_1	Modelo_2
Tiempo de ejecución (seg.)		Tiempo de ejecución (seg.)		
1	2845	3605	581	926
2	2353	3607	238	601
3	2361	3609	240	600
4	2351	3607	239	601
5	2365	3604	242	601
6	2359	3610	247	600
7	2373	3605	253	600
8	2361	3600	281	600

**Figura 1. IRP vs número de procesadores para el modelo de Wang con la opción de paralelización automática.**

La Figura 2 muestra el comportamiento de la IRP del modelo_2 usando el compilador de paralelización automática. La computadora UltraSPARC III alcanzó más alto IRP que la Origin 2000 para todos los procesadores. La computadora UltraSPARC III alcanzó un IRP de 1.54 con un número de procesadores mayor o igual a dos. En la computadora SGI Origin 2000 no hubo IRP, para todo conjunto de procesadores.

La Tabla 2 muestra los tiempos de ejecución en segundos de los dos modelos en las dos computadoras con la opción de optimización. El tiempo de ejecución mínimo se obtuvo con el nivel 3 de optimización en la UltraSPARC para los dos modelos. La Figura 3 muestra la IRP del modelo_1 y del modelo_2 para las dos computadoras. En la SGI Origin 2000 el IRP con el nivel dos fue mayor que la IRP con el nivel tres, debido a que se activó la opción `-OPT:roundoff=2`, si se quita esta opción, el IRP del nivel tres mejora, pero los resultados del modelo son diferentes.

**Figura 2. IRP vs número de procesadores para el modelo lineal de mareas con la opción de paralelización automática.****Tabla 2. Tiempo de ejecución con la opción de optimización**

Nivel	SGI Origin 2000		Ultra SPARC II	
	Modelo_1	Modelo_2	Modelo_1	Modelo_2
Tiempo (seg.)		Tiempo (seg.)		
0	2845	3601	936	1333
1	2603	2748	587	988
2	1136	2415	342	661
3	977	2898	232	606

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se corrieron dos modelos numéricos del océano costero en los multiprocesadores SGI Origin 2000 y UltraSPARC III con la opción de paralelización automática. En la búsqueda del más alto rendimiento para cada uno de los modelos y con la finalidad de comparar el rendimiento de las opciones que ofrece el compilador de cada computadora, también se usó la opción de optimización en la serie de experimentos. Para lograr que los resultados no fueran afectados por una carga excesiva en las computadoras, los experimentos se corrieron con un sólo usuario o con un número reducido de usuarios.

El par de modelos seleccionados representan dos tendencias muy populares en la modelación del océano costero. Por un lado, el modelo de Wang (1993) es tridimensional y el modelo lineal de mareas es bidimensional. Por otro lado, aunque los dos usan la técnica de diferencias finitas, el primero está estructurado en un esquema implícito y el segundo en un esquema explícito. De tal forma que es amplio el universo de aplicación de los resultados obtenidos en el presente trabajo, aunque el IRP puede ser afectado por otros factores, e.g. uso intensivo de los canales de entrada / salida.

La opción de paralelización automática fue más eficiente en la computadora UltraSPARC III, para ambos modelos. Si definimos rendimiento como el tiempo de ejecución entre el número de procesadores accedidos en cada experimento, los resultados indican

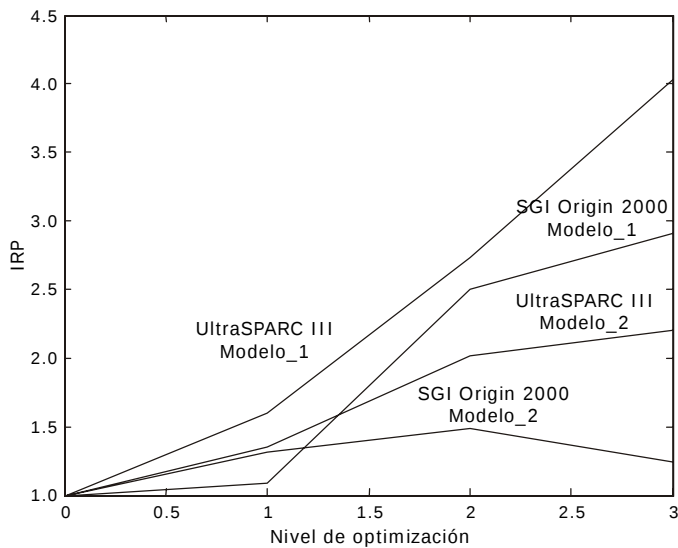


Figura 3. IRP vs nivel de optimización para los dos modelos y las dos computadoras.

que la mejor opción en ambos modelos es el uso de la UltraSPARC III con dos procesadores. Esto es un indicación de que el grado de paralelismo de los códigos no es alto.

La opción de optimización del compilador resultó más eficiente en la computadora UltraSPARC III, para ambos modelos. El tiempo de ejecución mínimo se alcanzó con el nivel de optimización 3. Como la parte paralela de los códigos resultó menor que la parte no paralela, la opción de optimización funcionó con más eficiencia que la opción de paralelización.

Con la opción de paralelización automática el compilador reorganiza los códigos para hacer un uso efectivo del paralelismo. Según Bauer (1992) el grado de eficacia de un paralelizador automático radica en la habilidad que tenga de romper con las estructuras de dependencia de datos. Algunas situaciones de dependencia de datos resultan no paralelizables por el compilador, e.g. recurrencia y reducción. Los modelos empleados en el presente trabajo resultaron no paralelizables y no escalables con la opción de paralelización automática. Con el uso de las herramientas de programación paralela se puede lograr un más alto rendimiento. Gómez-Valdés y Wang (1995) probaron que con el paradigma de paso de mensajes el modelo de Wang (1993) es escalable, es decir, la IRP se incrementa linealmente con el número de procesadores. Otra manera, relativamente más simple, es con el uso de un conjunto reducido de directivas del Power Fortran para paralelización manual disponibles en la UltraSPARC III.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Julián Javier Delgado Jiménez su ayuda en el proceso de correr los modelos en las computadoras SGI Origin 2000 y UltraSPARC III de CICESE y a un árbitro anónimo. Este trabajo fue financiado por CICESE.

REFERENCIAS

- Bauer, B.B., 1992. Practical Parallel Programming, Academic Press, San Diego, CA.
- Gómez-Valdés, J. and Wang D-P., 1995. Massively parallel processing in coastal ocean circulation model. *Journal of Scientific Computing*, 10, 305-323.
- Gómez-Valdés, J. y Soto-Amador, R., 1998. Programación paralela en estaciones de trabajo de un modelo numérico de un acuífero confinado resuelto por elemento finito. *GEOS*, Vol.18, No. 3, p. 206-212.
- Haidvogel, D.B., Beckmann, A., 1999. Numerical Ocean Circulation Model, Imperial College Press, London (320 pp).
- Wang, D-P., 1993. Model of frontogenesis: subduction and upwelling. *Journal of Marine Research* 51 (3), 497-513.

SISMICIDAD DEL CENTRO Y SUR DE MÉXICO (PERIODO ABRIL A JUNIO, 2002)

Javier Fco. Pacheco, Casiano Jiménez, Arturo Iglesias, Jesús Pérez Santana, Sara Ivonne Franco, Jorge A. Estrada, José L. Cruz, Arturo Cárdenas, Tan Li Yi, María de los Ángeles Gutiérrez, Bernardino Rubí y José A. Santiago

Servicio Sismológico Nacional

Instituto de Geofísica, UNAM

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

E-mail: javier@ssn.unam.mx

RESUMEN

Se presenta el reporte de sismos localizados por el Servicio Sismológico Nacional durante el segundo trimestre del año 2002 en el centro y sur de México. Durante el trimestre se reportaron 454 sismos, concentrados principalmente a lo largo de la costa del Pacífico mexicano. Se realizó una inversión del momento sísmico utilizando los registros regionales de la red de banda ancha para los 14 sismos mayores y se listan 7 mecanismos obtenidos por la Universidad de Harvard. Finalmente se hace una descripción de la sismicidad más importante ocurrida en el segundo trimestre del 2002.

INTRODUCCIÓN

Para la localización de los sismos se utiliza el programa SEISAN de Haskov y Ottemöller (1999), que a su vez utiliza el algoritmo de HYPOCENTER de Lieneart y Haskov (1995), con el modelo de velocidades de Jeffrey y Bullen (1940). Distintos pesos se asignan a las lecturas de tiempos de llegada para las ondas P y S en las diversas estaciones, estas lecturas son las utilizadas para realizar las localizaciones. Debido a la baja densidad de estaciones, la profundidad de los sismos superficiales es pobremente restringida. En el caso en que la profundidad no se pueda determinar, se restringe a 5 km para sismos dentro del continente y 10 km para los sismos en el océano.

La determinación de la magnitud se lleva a cabo utilizando la duración de la coda de los registros (Haskov y Macías, 1984). Debido a la saturación de la magnitud de coda para sismos con magnitudes mayores o iguales a 5, la magnitud de estos sismos se determina utilizando los algoritmos para magnitud de amplitud (MA) y de energía (ME) descritos por Singh y Pacheco (1994). En el caso de sismos de importancia, ya sea por haber sido sentidos por una amplia población, por el interés tectónico o simplemente por tener una magnitud mayor a 4.9, se determina el tensor del momento sísmico realizando una inversión de los datos de banda ancha, con los algoritmos descritos por Pacheco y Singh (1998). Estos algoritmos están basados en el trabajo de Randall y otros (1995). En este momento se están realizando pruebas con los algoritmos de Fukuyama y Dreger (2000) para determinar de manera automática y rutinaria el tensor de momento sísmico para los sismos moderados a grandes ($M > 4.9$). Pronto se añadirá a la página del SSN (www.ssn.unam.mx) una sección con las soluciones calculadas en tiempo casi real. También se reproducen, para los sismos localizados en el centro-sur de México, las soluciones obtenidas por la Universidad de Harvard, a través de su programa de inversión rutinaria del tensor de momento sísmico (www.seismology.harvard.edu/projects/CMT). Los parámetros

de fuente que se listan en la Tabla 1, provenientes de Harvard o producto de la inversión del momento sísmico son: la profundidad de centroide, la magnitud de momento sísmico (M_w) y el mecanismo de la mejor solución de doble par. Los otros parámetros son tomados de la localización reportada por el SSN.

Tabla 1. Parámetros de fuente.

Num.	Fecha	hrmi	seg.	Lat.	Lon.	Prof.	M_w	Acim.	Buz.	Desl.	Fuente
1	020407	1834	34.8	19.58	-109.26	15	5.3	214	53	1	HRV
2	020408	2355	27.7	15.44	-94.76	33	5.1	307	29	102	HRV
						22	5.0	309	36	93	SSN
3	020413	1922	00.9	13.55	-92.54	46	5.0	283	37	81	HRV
						10	5.0	291	20	81	SSN
4	020418	0502	45.2	16.77	-101.12	15	6.7	291	9	89	HRV
5	020418	1100	41.5	17.19	-101.34	20	5.1	244	31	32	HRV
						10	5.0	281	63	80	SSN
6	020418	1757	21.3	16.78	-101.66	44	5.9	273	17	81	HRV
						2	5.5	327	56	134	SSN
7	020421	2023	31.6	19.23	-105.72	10	4.9	284	79	76	SSN
8	020509	1425	41.3	19.45	-99.00	15	3.7	297	88	34	SSN
9	020528	2133	57.1	16.29	-99.56	5	4.7	275	26	66	SSN
10	020607	1602	59.4	15.98	-96.88	15	5.0	274	25	69	SSN
11	020607	1700	52.1	15.91	-96.97	22	5.6	296	17	93	HRV
						20	5.6	299	39	103	SSN
12	020610	0536	39.1	19.04	-88.08	20	4.3	286	63	177	SSN
13	020611	0232	32.8	17.50	-94.75	150	4.9	217	48	-119	SSN
14	020619	2150	08.9	16.24	-98.09	20	5.0	303	36	93	SSN
15	020626	0714	11.5	14.51	-94.80	5	5.1	293	48	-112	SSN
16	020627	0459	49.2	17.78	-100.46	45	4.3	304	76	-72	SSN

HRV: <http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html>

SSN: <http://www.ssn.unam.mx/>

SISMICIDAD DE LOS MESES DE ABRIL, MAYO Y JUNIO DEL 2002

La Figura 1 muestra los sismos ocurridos durante el segundo trimestre del año 2002. En total se reportaron 454 eventos con magnitudes distribuidas entre 2.7 y 6.5. La red sísmica del Valle de México permite reportar sismos con magnitudes menores a 3.5 que ocurren dentro del Valle de México. Los sismos de mayor magnitud se localizaron frente a las costas del estado de Guerrero.

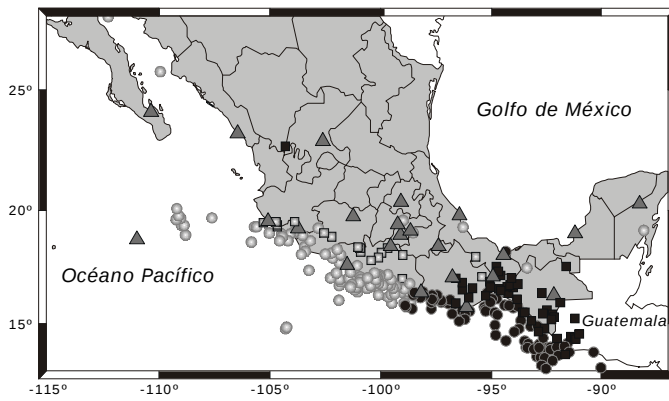


Figura 1. Sismos reportados durante el segundo trimestre del 2002. Círculos representan eventos superficiales y cuadrados eventos con profundidades mayores a 40 km. Las estaciones de la red aparecen como triángulos.

El resto de la sismicidad se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico, principalmente en las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, con alguna sismicidad en las costas de Colima y Jalisco. Una importante actividad de sismos profundos se localizó en el Istmo de Tehuantepec. Sismicidad cortical se produjo aisladamente en la Ciudad de México, Estado de México, Chiapas y Quintana Roo.

La tabla 1 presenta los sismos más importantes ocurridos durante el primer trimestre. En esta tabla se puede leer el tiempo de origen (GMT), la localización, la magnitud de momento sísmico (M_w) y su mecanismo focal para el mejor doble par. Los mecanismos focales determinados para los sismos más importantes se muestran en la Figura 2. En la tabla 1 se reportan todos los mecanismos reportados por la Universidad de Harvard (www.seismology.harvard.edu) y aquellos determinados por el SSN (www.ssn.unam.mx).

El sismo de mayor magnitud y de mayor relevancia se registró el 18 de Abril; se ubicó en las costas del estado de Guerrero. A pesar de su magnitud ($M_w = 6.7$), este evento no disparó la alerta sísmica de la Ciudad de México. La razón es que las aceleraciones en la costa no sobrepasaron los 5 gales necesarios para disparar los acelerógrafos (Iglesias *et al.*, 2002). Sin embargo, el sismo se llegó a sentir en edificios altos de la ciudad. Su localización y su contenido de frecuencia lo ubican cerca de la trinchera mesoamericana (TMA) y se le califica como un sismo "tsunamigénico" por su potencial para generar maremotos. De este sismo se registraron varias réplicas que también se localizan cerca de la trinchera. Sin embargo, los mecanismos obtenidos para las réplicas (5,6) se distinguen del mecanismo del sismo principal (4) por ser fallas inversas de alto ángulo, mientras que el evento principal representa una cabalgadura simple. Al ser el sismo principal un sismo de trinchera, es probable que las réplicas sean una manifestación de la activación de fallas inversas ramificadas fuera de la megafalla; una situación similar se encuentra en la zona de subducción en Nankai, Japón (Park *et al.*, 2002).

El 21 de Abril se reportó una secuencia sísmica en el Valle de Texcoco, sin que se reportara un sismo sentido por la población de la ciudad de México. Los cuatro sismos reportados no sobrepasan la magnitud 3.1 y ocurrieron a las 3 de la mañana. Quizá esto explica el que no se hayan reportado como «sentidos». El 9 de

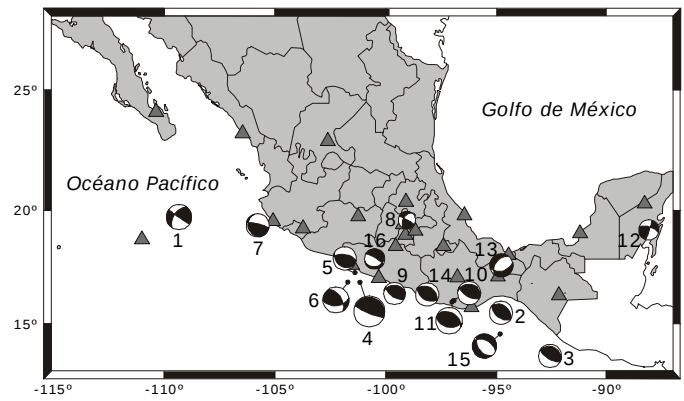


Figura 2. Mecanismos focales de los sismos de mayor magnitud ocurridos durante el primer trimestre. Los triángulos representan la ubicación de las estaciones sísmicas.

Mayo se reportó otra secuencia sísmica en la zona; esta vez, el sismo mayor alcanzó una magnitud de 3.7 y ocurrió a las 9 de la mañana, por lo que fue sentido en varias zonas de la ciudad de México. El mecanismo que muestra el evento mayor es de corrimiento de rumbo lateral izquierdo en un plano de falla casi vertical con orientación SE-NW. Los sismos localizados se distribuyen entre 12 y 15 km de profundidad bajo el lago de Texcoco.

Otros sismos grandes se localizaron en las costas de Guerrero (9,14), Oaxaca (10,11) y Chiapas (3), todos ellos con mecanismos de cabalgadura típicos de zonas de subducción. El sismo del 11 de Junio se localiza a una profundidad de 150 km y presenta un mecanismo de fallamiento normal, mostrando tensión en la placa subducida, al igual que el sismo del 27 de Junio en el estado de Guerrero, que se localiza a 45 km de profundidad y también presenta un mecanismo normal.

El 26 de Junio ocurrió un sismo de magnitud 5.1 fuera del golfo de Tehuantepec, posiblemente en el arco externo de la trinchera, ya que su mecanismo es de fallamiento normal, con orientación de falla paralela a la trinchera.

El evento más interesante ocurrido durante el segundo trimestre del 2002 es el sismo de Quintana Roo del 10 de Junio. Este sismo de magnitud coda 4.6 y M_w 4.3 ocurrió en una región de México que se considera asísmica, por lo que ésta es la primera evidencia de sismicidad en el estado de Quintana Roo. Lo interesante del mecanismo (12) es su similitud con los eventos de Champotón, Campeche, de 1998, que se localizaron al otro lado de la península de Yucatán, y cuya magnitud máxima fue de 4.4 (Servicio Sismológico Nacional, Reporte de Sismos, 1998). Estos dos sismos son evidencia de fallamiento activo en la península de Yucatán, que al parecer está siendo deformada por esfuerzos compresivos con dirección N-S.

Finalmente, Harvard reporta un sismo de magnitud M_w 5.3 en la fractura de Rivera (1) con mecanismo de corrimiento de rumbo sobre una falla lateral derecha con dirección NW-SE. También se reporta un sismo de magnitud 4.9 en las costas de Jalisco el 21 de Abril. Sin embargo, por la falta de estaciones en la región no es posible determinar adecuadamente el mecanismo focal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de la secretaria Enedina Martínez en la elaboración de este reporte que es posible gracias al proyecto L001 del Instituto de Geofísica de la UNAM.

REFERENCIAS

- Fukuyama, E. and D.S. Dreger, 2000. Performance test of an automated moment tensor determination system for the future "Tokai" earthquake, *Earth Planets Space*, 52, 383-392.
- Havskov, J. and M. Macías, 1983. A coda-length magnitude scale for some Mexican stations, *Geofísica Internacional*, 22, 205-213.
- Haskov, J. and L. Ottemöller, 1999. Seisan earthquake analysis software, *Seismological Research Letters*, 70, 532-534.
- Iglesias, A., S.K. Singh, J.F. Pacheco, L. Alcántara, M. Ortiz and M. Ordaz, 2002. A short Note: Near-trench mexican earthquakes have anomalously low peak accelerations. Enviado a *Bull. Seism. Soc. Am.*
- Jeffrey, H. and K.E. Bullen, 1940. Seismological Tables, *British Association Seismological Committee*, London.
- Lienart, B.R. and J. Haskov, 1995. A computer program for locating earthquakes both locally and globally, *Seismological Research Letters*, 66, 26-36.
- Pacheco, J.F. and S.K. Singh, 1998. Source parameters of two moderate earthquakes estimated from a single-station, near-source recording, and from MT inversion of regional data: A comparison of results, *Geofísica Internacional*, 37, 95-102.
- Park, Jin-Oh, Tesuro Tsuru, Shuichi Kodaira, Phil R. Cummins and Yoshiyuki Kaneda, 2002. Splay fault branching along the Nakai subduction zone. *Science*, 297, 1157-1160.
- Randall, G.E., C.J. Ammon and T.J. Owens, 1995. Moment tensor estimation using regional seismograms from a Tibetan plateau portable network deployment. *Geophysical Research Letters*, 22, 1665-1668.
- Singh, S.K. and J.F. Pacheco, 1994. Magnitude of Mexican earthquakes, *Geofísica Internacional*, 33, 189-198.

Fecha	Hora	Lat.	Lon.	Prof.	Mag.	Región Epicentral
010402	00:55:28	15.74N	98.72W	24	4.0	Costa de Oaxaca
010402	01:44:55	15.82N	98.84W	7	4.0	Costa de Oaxaca
010402	02:48:16	14.02N	92.84W	19	4.2	Costa México-Guatemala
010402	03:23:17	13.52N	92.95W	16	4.0	Costa México-Guatemala
010402	03:50:52	13.77N	92.88W	17	4.1	Costa México-Guatemala
010402	05:38:12	14.06N	92.91W	23	3.9	Costa México-Guatemala
010402	10:50:27	16.59N	100.43W	6	4.0	Costa de Guerrero
010402	11:22:38	16.67N	100.52W	11	4.4	Costa de Guerrero
010402	22:07:02	13.91N	92.88W	20	4.1	Costa México-Guatemala
020402	01:09:59	16.93N	100.20W	8	3.5	Costa de Guerrero
020402	01:42:39	16.91N	100.09W	13	3.7	Costa de Guerrero
020402	20:26:55	16.99N	100.26W	7	4.3	Costa de Guerrero
030402	01:50:10	19.43N	103.86W	95	3.7	Jalisco-Colima
030402	02:59:31	16.91N	100.24W	13	3.5	Costa de Guerrero
030402	08:38:55	14.42N	91.39W	177	4.1	Guatemala
030402	17:16:12	13.96N	92.83W	21	4.4	Costa México-Guatemala
040402	17:19:16	17.42N	101.65W	14	4.1	Costa de Guerrero
040402	17:34:15	17.37N	101.57W	10	4.3	Costa de Guerrero
040402	19:08:05	17.44N	101.69W	12	4.4	Costa de Guerrero
050402	03:19:46	16.79N	100.14W	9	4.5	Costa de Guerrero
050402	07:45:16	15.99N	97.59W	24	3.9	Costa de Oaxaca
050402	17:44:20	14.79N	92.56W	60	4.0	Costa México-Guatemala
050402	20:49:36	15.55N	95.98W	8	4.2	Golfo de Tehuantepec
060402	03:19:23	13.90N	93.07W	16	4.3	Costa México-Guatemala
060402	03:55:50	15.95N	97.72W	22	3.9	Costa de Oaxaca
060402	06:12:05	18.88N	108.85W	10	4.0	Océano Pacífico
060402	06:51:45	15.13N	96.47W	10	4.0	Costa de Oaxaca
060402	07:06:09	19.30N	109.02W	10	4.0	Cordillera Pacífico Oriental
060402	08:55:49	19.33N	109.04W	10	4.6	Cordillera Pacífico Oriental
060402	08:57:56	15.94N	91.85W	230	4.0	Guatemala
060402	09:03:45	19.61N	109.07W	10	4.6	Cordillera Pacífico Oriental
060402	12:51:11	16.99N	100.19W	9	3.6	Costa de Guerrero
060402	14:27:50	19.72N	109.25W	10	3.8	Cordillera Pacífico Oriental
060402	15:56:40	16.94N	100.11W	6	3.9	Costa de Guerrero
060402	20:29:44	15.22N	96.19W	8	4.4	Costa de Oaxaca
070402	16:24:11	18.36N	101.02W	76	3.9	Río Balsas Inferior
070402	18:17:36	19.61N	109.21W	10	4.7	Cordillera Pacífico Oriental
070402	18:34:34	19.58N	109.26W	10	4.9	Cordillera Pacífico Oriental
070402	19:00:43	19.28N	108.90W	10	4.2	Costa de Jalisco
070402	20:19:23	19.70N	109.16W	10	4.6	Cordillera Pacífico Oriental
080402	05:08:27	19.54N	109.27W	10	4.7	Cordillera Pacífico Oriental
080402	22:33:01	18.30N	99.69W	70	3.6	Taxco-Iguala
080402	23:55:27	15.44N	94.76W	16	5.1	Golfo de Tehuantepec
090402	09:12:27	17.35N	103.25W	35	4.3	Costa de Michoacán
090402	14:24:40	18.86N	103.54W	6	3.9	Costa de Michoacán
090402	17:11:44	16.98N	100.11W	4	3.5	Costa de Guerrero
090402	19:06:00	15.75N	98.87W	14	4.6	Costa de Oaxaca
090402	20:20:48	16.38N	99.03W	16	4.0	Costa de Guerrero
100402	00:18:09	15.79N	98.89W	16	4.3	Costa de Oaxaca
100402	00:57:00	15.90N	98.93W	22	4.4	Costa de Oaxaca
100402	06:10:40	16.69N	99.78W	7	3.5	Costa de Guerrero
100402	14:58:35	16.95N	100.51W	9	4.1	Costa de Guerrero
100402	15:10:10	16.96N	100.51W	6	4.1	Costa de Guerrero
100402	15:44:55	16.98N	100.50W	10	4.1	Costa de Guerrero
100402	20:39:40	16.65N	99.29W	14	3.7	Costa de Guerrero
110402	01:58:08	18.17N	103.43W	29	3.8	Costa de Michoacán
110402	06:42:28	18.06N	102.51W	9	4.0	Costa de Michoacán
110402	11:29:22	16.51N	94.36W	102	4.1	Istmo de Tehuantepec
110402	16:12:06	22.64N	104.33W	131	4.2	Nayarit-Durango
110402	16:48:30	19.00N	103.95W	9	4.0	Jalisco-Colima
110402	21:34:12	13.61N	91.67W	40	4.7	Costa Guatemala
120402	07:52:22	18.87N	104.13W	16	4.0	Costa de Colima
120402	13:25:46	14.23N	93.49W	22	4.0	Golfo de Tehuantepec
120402	16:29:06	16.83N	99.64W	24	3.4	Costa de Guerrero
120402	16:51:20	16.90N	100.07W	20	3.4	Costa de Guerrero
120402	17:02:23	16.86N	100.15W	6	3.4	Costa de Guerrero
120402	20:46:32	17.06N	100.50W	9	3.7	Guerrero
120402	22:01:27	17.15N	100.09W	4	3.2	Guerrero
130402	10:28:30	18.38N	103.43W	9	3.9	Costa de Michoacán
130402	19:05:59	16.23N	95.22W	55	4.7	Oaxaca
130402	19:22:00	13.55N	92.54W	23	4.9	Costa México-Guatemala
140402	04:01:52	17.26N	100.31W	53	3.4	Guerrero
140402	04:21:39	16.15N	96.00W	58	3.9	Oaxaca
140402	09:18:57	16.98N	100.10W	12	3.3	Costa de Guerrero
140402	23:57:24	17.00N	100.06W	6	3.8	Guerrero
150402	13:57:49	16.96N	100.06W	23	3.9	Costa de Guerrero
150402	23:25:46	16.57N	99.43W	16	3.7	Costa de Guerrero
160402	04:52:53	16.37N	98.26W	10	4.2	Costa Guerrero-Oaxaca
160402	21:16:51	15.90N	98.92W	25	4.2	Costa de Oaxaca
170402	01:07:54	16.92N	100.10W	6	4.1	Costa de Guerrero
170402	01:33:28	16.90N	100.15W	6	3.2	Costa de Guerrero
170402	08:03:51	16.90N	100.11W	10	3.5	Costa de Guerrero
170402	10:28:56	16.96N	100.17W	7	4.3	Costa de Guerrero
170402	19:14:35	16.84N	100.53W	7	4.0	Costa de Guerrero
170402	21:32:50	17.04N	100.24W	24	3.6	Guerrero
170402	21:56:24	16.93N	100.07W	25	3.1	Costa de Guerrero

Fecha	Hora	Lat.	Lon.	Prof. Mag.	Región Epicentral
170402	22:06:55	25.76N	109.99W	10 4.6	Golfo de Baja California Sur
180402	05:02:45	16.77N	101.12W	22 6.5	Costa de Guerrero
180402	05:15:12	16.93N	100.91W	21 4.0	Costa de Guerrero
180402	05:20:13	16.84N	100.98W	14 3.8	Costa de Guerrero
180402	05:50:57	16.38N	101.05W	10 4.2	Costa de Guerrero
180402	05:55:49	16.03N	101.90W	8 4.4	Costa de Guerrero
180402	06:07:58	16.52N	98.94W	17 3.7	Costa Guerrero-Oaxaca
180402	07:24:30	16.78N	101.03W	16 4.5	Costa de Guerrero
180402	07:37:31	17.00N	100.91W	17 4.0	Guerrero
180402	08:01:37	16.87N	100.95W	19 4.3	Costa de Guerrero
180402	08:28:04	16.55N	101.09W	15 4.2	Costa de Guerrero
180402	11:00:41	17.19N	101.34W	16 5.3	Costa de Guerrero
180402	13:23:46	16.72N	101.10W	8 4.0	Costa de Guerrero
180402	16:11:08	16.88N	101.41W	16 4.1	Costa de Guerrero
180402	17:57:19	16.66N	101.89W	12 6.0	Costa de Guerrero
180402	18:00:38	16.84N	101.62W	16 5.5	Costa de Guerrero
180402	18:47:40	15.62N	95.27W	15 4.5	Golfo de Tehuantepec
180402	18:52:38	16.46N	101.17W	20 4.4	Costa de Guerrero
180402	20:02:17	16.95N	100.21W	17 3.5	Costa de Guerrero
190402	02:58:50	16.64N	101.08W	14 4.1	Costa de Guerrero
190402	08:10:58	16.95N	101.54W	30 3.9	Costa de Guerrero
190402	19:56:14	16.60N	100.56W	16 4.0	Costa de Guerrero
200402	03:01:07	16.35N	95.17W	6 3.9	Oaxaca
200402	04:02:36	17.21N	101.61W	7 3.8	Costa de Guerrero
200402	19:08:45	17.46N	93.38W	38 4.1	Istmo de Tehuantepec
210402	00:16:09	17.51N	91.60W	143 3.9	Tabasco-Chiapas
210402	04:03:14	16.94N	100.14W	7 4.0	Costa de Guerrero
210402	06:09:37	16.70N	101.05W	15 4.1	Costa de Guerrero
210402	07:40:09	13.94N	91.81W	12 4.2	Costa Guatemala
210402	08:00:41	16.59N	101.12W	15 4.0	Costa de Guerrero
210402	09:20:47	19.47N	98.94W	13 3.1	Eje Volcánico Oriental
210402	09:22:44	19.45N	98.96W	13 2.7	Eje Volcánico Oriental
210402	09:23:16	19.44N	99.03W	11 3.1	Eje Volcánico Central
210402	09:59:58	19.45N	99.02W	12 3.0	Eje Volcánico Central
210402	19:03:40	16.88N	100.13W	10 4.1	Costa de Guerrero
210402	19:50:54	13.91N	92.51W	19 4.6	Costa México-Guatemala
210402	19:57:55	13.98N	92.32W	17 4.1	Costa México-Guatemala
210402	20:14:49	13.01N	92.51W	20 4.3	Costa México-Guatemala
210402	20:23:31	19.23N	105.72W	25 5.0	Costa de Jalisco
220402	11:20:43	13.78N	92.39W	13 4.3	Costa México-Guatemala
220402	14:41:16	16.18N	99.70W	14 4.1	Costa de Guerrero
230402	06:00:34	18.63N	104.58W	18 4.0	Costa de Colima
230402	06:02:17	18.88N	104.49W	7 3.6	Costa de Colima
230402	18:31:42	16.98N	100.16W	8 3.6	Costa de Guerrero
230402	19:01:45	16.29N	98.36W	10 3.9	Costa Guerrero-Oaxaca
230402	19:27:13	16.46N	98.55W	62 4.1	Costa Guerrero-Oaxaca
230402	19:27:13	16.46N	98.55W	62 4.1	Costa Guerrero-Oaxaca
230402	20:34:05	17.54N	101.08W	16 3.9	Costa de Guerrero
240402	03:08:52	17.12N	101.21W	11 4.1	Costa de Guerrero
240402	14:12:29	16.89N	100.13W	13 3.3	Costa de Guerrero
240402	15:08:22	16.80N	100.99W	15 3.9	Costa de Guerrero
240402	15:50:01	15.51N	93.48W	40 4.1	Costa de Chiapas
250402	01:47:06	16.79N	100.99W	16 3.6	Costa de Guerrero
250402	05:55:23	16.76N	93.79W	145 4.2	Chiapas
250402	06:03:11	16.59N	95.04W	90 4.4	Oaxaca
250402	19:50:16	16.91N	101.47W	20 4.1	Costa de Guerrero
250402	20:53:12	18.08N	102.25W	16 4.0	Costa de Michoacán
260402	03:29:45	14.34N	91.16W	179 4.2	Guatemala
260402	05:04:25	16.85N	100.16W	14 3.3	Costa de Guerrero
260402	05:22:35	16.83N	101.16W	10 3.7	Costa de Guerrero
260402	05:32:18	17.05N	100.90W	14 3.8	Guerrero
260402	11:00:19	16.88N	100.11W	7 3.2	Costa de Guerrero
270402	00:53:32	15.42N	96.53W	20 4.4	Costa de Oaxaca
270402	02:50:05	15.31N	96.50W	15 4.3	Costa de Oaxaca
270402	12:54:51	18.64N	103.21W	35 3.8	Costa de Michoacán
280402	01:54:23	13.06N	90.02W	37 5.1	Costa Guatemala
280402	06:59:36	17.88N	102.20W	12 3.8	Costa Guerrero-Michoacán
280402	07:43:09	19.22N	104.66W	52 3.7	Costa Jalisco-Colima
280402	09:37:01	19.31N	104.68W	71 3.6	Costa Jalisco-Colima
280402	11:35:39	16.81N	100.21W	10 3.4	Costa de Guerrero
280402	11:41:39	16.80N	100.21W	5 3.2	Costa de Guerrero
280402	15:49:04	16.95N	100.20W	8 4.1	Costa de Guerrero
280402	16:40:11	16.99N	100.19W	14 3.4	Costa de Guerrero
280402	17:50:09	16.66N	99.70W	8 4.6	Costa de Guerrero
280402	19:56:43	17.09N	101.24W	24 4.7	Costa de Guerrero
280402	20:08:32	14.90N	92.89W	12 4.1	Costa México-Guatemala
280402	20:09:37	17.06N	101.28W	19 3.8	Costa de Guerrero
280402	22:40:52	17.09N	101.25W	16 3.6	Costa de Guerrero
290402	01:17:27	16.69N	99.79W	5 3.4	Costa de Guerrero
290402	02:25:03	13.87N	91.52W	45 4.4	Costa Guatemala
290402	06:34:47	16.90N	100.16W	11 3.6	Costa de Guerrero
290402	07:06:52	18.63N	104.21W	9 4.4	Costa de Colima
290402	08:14:02	16.90N	100.12W	9 3.4	Costa de Guerrero
290402	12:24:41	32.05N	114.96W	6 4.1	Mexicali, B.C.N.
300402	10:15:02	19.15N	102.85W	9 3.7	Michoacán-Jalisco
300402	11:16:21	16.69N	99.58W	9 3.3	Costa de Guerrero

Fecha	Hora	Lat.	Lon.	Prof. Mag.	Región Epicentral
010502	02:29:08	17.68N	101.90W	2 3.9	Costa de Guerrero
010502	19:55:00	18.26N	101.99W	10 4.6	Río Balsas Inferior
020502	06:59:08	16.94N	100.18W	11 3.5	Costa de Guerrero
030502	06:34:20	17.09N	101.26W	11 4.1	Costa de Guerrero
030502	11:32:43	14.63N	93.94W	20 4.0	Golfo de Tehuantepec
030502	12:47:03	16.92N	100.17W	3 4.3	Costa de Guerrero
030502	13:04:37	17.19N	102.01W	15 4.3	Costa Guerrero-Michoacán
030502	13:21:16	16.91N	100.16W	2 4.3	Costa de Guerrero
030502	14:45:18	17.20N	99.94W	59 3.3	Guerrero
040502	18:09:49	16.94N	100.18W	9 3.6	Costa de Guerrero
050502	01:52:57	16.69N	99.76W	5 3.9	Costa de Guerrero
050502	09:38:01	16.84N	99.66W	4 3.6	Costa de Guerrero
050502	10:57:06	16.87N	99.68W	4 3.2	Costa de Guerrero
050502	14:39:42	17.08N	100.11W	9 3.6	Guerrero
050502	20:49:33	15.20N	91.20W	42 4.5	Guatemala
060502	20:54:25	16.55N	95.82W	78 3.9	Oaxaca
060502	23:54:29	16.98N	100.08W	21 3.3	Costa de Guerrero
070502	07:57:38	16.27N	98.46W	31 4.0	Costa Guerrero-Oaxaca
070502	12:52:36	16.83N	100.94W	29 4.4	Costa de Guerrero
070502	13:19:53	16.89N	100.18W	11 3.0	Costa de Guerrero
070502	16:05:55	18.10N	99.95W	59 3.6	Taxco-Iguala
080502	04:15:47	16.95N	100.04W	27 3.3	Costa de Guerrero
080502	16:40:16	16.94N	100.11W	16 3.3	Costa de Guerrero
090502	10:39:57	17.16N	100.14W	57 3.7	Guerrero
090502	12:40:13	17.00N	100.18W	14 3.4	Guerrero
090502	14:25:43	19.49N	99.01W	19 3.7	Eje Volcánico Central
090502	15:56:08	19.49N	99.02W	21 3.3	Eje Volcánico Central
090502	20:39:42	19.50N	98.99W	22 3.4	Eje Volcánico Oriental
100502	19:07:18	16.83N	100.22W	4 3.7	Costa de Guerrero
110502	01:55:47	17.27N	101.32W	6 3.7	Costa de Guerrero
110502	02:49:35	17.06N	100.10W	34 4.5	Guerrero
110502	15:34:17	16.99N	100.31W	7 3.5	Costa de Guerrero
110502	15:35:08	19.50N	99.00W	24 3.1	Eje Volcánico Central
110502	17:08:09	16.17N	97.51W	29 4.5	Oaxaca
110502	21:08:13	13.79N	92.08W	10 4.4	Costa México-Guatemala
120502	00:33:06	16.88N	100.23W	5 3.5	Costa de Guerrero
120502	02:45:41	14.10N	92.83W	23 4.3	Costa México-Guatemala
120502	04:13:49	13.97N	93.39W	47 4.0	Costa México-Guatemala
120502	06:39:47	16.97N	100.20W	7 3.6	Costa de Guerrero
120502	07:03:59	16.11N	98.34W	5 3.6	Costa Guerrero-Oaxaca
120502	08:35:10	19.45N	103.92W	81 3.8	Jalisco-Colima
120502	15:27:00	18.30N	100.94W	64 4.7	Alto Río Balsas
120502	16:25:40	18.79N	102.23W	69 4.0	Costa de Michoacán
120502	17:17:53	17.26N	101.37W	15 3.8	Costa de Guerrero
120502	18:05:08	15.54N	95.24W	24 4.5	Golfo de Tehuantepec
120502	18:59:47	16.62N	100.23W	5 4.0	Costa de Guerrero
120502	19:09:34	16.88N	100.23W	10 3.6	Costa de Guerrero
120502	23:58:02	16.10N	94.76W	13 3.9	Istmo de Tehuantepec
130502	03:06:07	16.61N	101.34W	16 3.7	Costa de Guerrero
130502	04:31:48	16.92N	100.18W	11 3.0	Costa de Guerrero
130502	04:47:23	16.97N	100.17W	8 3.9	Costa de Guerrero
130502	03:37:5	13.98N	91.92W	52 4.3	Costa Guatemala
130502	08:42:50	13.36N	92.23W	35 4.6	Costa México-Guatemala
130502	13:51:56	19.23N	105.62W	10 4.1	Costa de Jalisco
130502	14:39:52	15.12N	93.17W	72 4.0	Costa de Chiapas
140502	05:13:32	14.41N	91.24W	196 4.3	Guatemala
140502	19:34:33	16.41N	98.45W	10 3.8	Costa Guerrero-Oaxaca
140502	21:03:41	15.76N	93.81W	16 3.8	Costa de Chiapas
150502	02:53:35	17.03N	100.60W	3 3.6	Guerrero
150502	05:44:11	16.93N	100.21W	4 3.6	Costa de Guerrero
150502	19:00:02	17.93N	95.68W	79 3.8	Veracruz-Oaxaca
150502	23:22:19	18.98N	98.54W	2 3.4	Puebla-Morelos
160502	04:23:14	14.13N	91.52W	20 4.1	Guatemala
160502	05:04:14	16.76N	99.96W	4 3.7	Costa de Guerrero
160502	12:13:44	16.85N	95.00W	112 3.6	Oaxaca
160502	20:32:46	16.97N	100.38W	46 3.6	Costa de Guerrero
170502	01:49:11	16.83N	95.04W	113 3.8	Oaxaca
170502	02:25:25	15.87N	98.59W	9 3.9	Costa de Oaxaca
170502	15:26:39	16.54N	100.65W	20 3.9	Costa de Guerrero
170502	22:50:24	16.98N	100.08W	15 3.4	Costa de Guerrero
170502	22:57:26	17.00N	100.04W	10 3.5	Guerrero
180502	03:03:38	17.08N	99.97W	53 3.5	Guerrero
180502	09:46:00	15.90N	96.60W	42 3.6	Costa de Oaxaca
180502	17:26:22	17.06N	95.44W	103 4.5	Veracruz-Oaxaca
180502	20:29:36	16.75N	98.68W	16 3.5	Costa Guerrero-Oaxaca
190502	00:11:33	16.95N	100.23W	5 3.3	Costa de Guerrero
190502	07:58:13	16.73N	101.27W	10 3.8	Costa de Guerrero
190502	08:55:08	16.73N	101.28W	5 3.9	Costa de Guerrero
190502	10:35:36	16.65N	101.33W	17 3.9	Costa de Guerrero
190502	11:12:37	17.03N	100.04W	5 4.7	Guerrero
190502	11:27:27	16.95N	100.01W	5 4.0	Costa de Guerrero
190502	11:59:26	16.99N	100.09W	24 3.5	Costa de Guerrero
190502	13:55:48	16.96N	100.09W	24 3.8	Costa de Guerrero
190502	16:18:36	18.02N	103.59W	21 3.8	Costa de Michoacán
190502	18:05:30	19.43N	104.77W	45 3.7	Costa Jalisco-Colima
190502	19:33:41	16.89N	100.14W	9 3.2	Costa de Guerrero

Fecha	Hora	Lat.	Lon.	Prof.	Mag.	Región Epicentral
190502	22:34:42	16.93N	100.21W	6	3.9	Costa de Guerrero
200502	07:10:14	15.93N	99.50W	10	3.9	Costa de Guerrero
200502	09:37:17	16.98N	100.19W	4	3.8	Costa de Guerrero
200502	10:05:19	18.00N	99.00W	44	3.7	Taxco-Iguala
200502	17:39:34	19.25N	105.01W	20	3.7	Costa de Jalisco
200502	18:43:23	17.24N	100.29W	4	3.0	Guerrero
210502	00:25:56	16.54N	94.70W	93	3.8	Istmo de Tehuantepec
210502	03:05:31	19.41N	105.29W	47	3.8	Costa de Jalisco
210502	03:33:38	16.83N	101.57W	15	3.8	Costa de Guerrero
210502	06:58:55	14.01N	92.01W	20	4.6	Costa México-Guatemala
210502	07:46:35	16.80N	96.33W	68	3.4	Oaxaca
210502	17:35:23	16.97N	101.41W	16	3.3	Costa de Guerrero
210502	20:22:47	13.51N	92.78W	20	4.1	Costa México-Guatemala
210502	21:20:52	16.86N	99.72W	6	3.6	Costa de Guerrero
210502	22:31:07	18.13N	100.90W	55	3.7	Alto Río Balsas
220502	00:12:06	15.14N	93.65W	37	3.7	Costa de Chiapas
220502	00:18:00	16.92N	99.67W	4	3.5	Costa de Guerrero
220502	01:06:14	18.94N	105.06W	18	3.7	Costa de Colima
220502	02:43:15	16.35N	92.71W	99	4.0	Chiapas
220502	04:13:16	16.51N	96.30W	67	3.1	Oaxaca
220502	04:37:25	17.14N	100.02W	10	2.9	Guerrero
220502	12:23:09	16.98N	96.61W	68	3.9	Oaxaca
220502	16:44:46	16.35N	98.87W	29	3.8	Costa Guerrero-Oaxaca
220502	20:02:34	17.89N	100.08W	64	3.6	Guerrero
230502	00:52:50	31.85N	115.79W	4	4.0	Baja California Norte
230502	04:16:52	16.58N	94.00W	115	3.9	Istmo de Tehuantepec
230502	07:55:32	16.25N	94.50W	57	4.2	Istmo de Tehuantepec
230502	13:48:07	17.06N	100.03W	30	3.7	Guerrero
230502	19:32:52	15.52N	93.54W	42	4.1	Costa de Chiapas
240502	06:41:19	15.59N	96.35W	3	4.1	Costa de Oaxaca
240502	06:48:08	16.27N	98.54W	17	3.7	Costa Guerrero-Oaxaca
240502	10:16:57	13.95N	93.43W	16	4.1	Costa México-Guatemala
240502	15:14:31	17.04N	100.07W	34	3.7	Guerrero
240502	23:51:21	16.65N	101.34W	24	4.2	Costa de Guerrero
250502	00:39:08	14.88N	93.20W	39	4.1	Golfo de Tehuantepec
250502	02:00:06	16.22N	94.44W	93	4.2	Istmo de Tehuantepec
250502	22:39:33	15.60N	92.46W	182	4.2	Costa de Chiapas
260502	09:46:43	17.06N	100.04W	5	3.9	Guerrero
260502	12:48:55	16.23N	97.65W	35	3.9	Oaxaca
260502	18:10:03	16.89N	99.64W	3	3.5	Costa de Guerrero
260502	18:11:53	16.89N	100.20W	5	3.4	Costa de Guerrero
260502	19:18:56	14.57N	91.02W	165	5.0	Guatemala
270502	07:16:50	16.69N	99.77W	4	3.5	Costa de Guerrero
270502	11:36:56	16.76N	99.75W	5	3.5	Costa de Guerrero
270502	11:42:01	14.13N	93.32W	20	4.5	Golfo de Tehuantepec
270502	12:41:54	13.93N	93.32W	16	4.5	Costa México-Guatemala
270502	14:28:46	16.93N	99.52W	2	3.5	Costa de Guerrero
270502	16:38:30	16.56N	94.03W	121	3.8	Istmo de Tehuantepec
280502	06:01:18	16.35N	94.20W	96	4.0	Istmo de Tehuantepec
280502	06:41:26	17.06N	100.06W	8	3.5	Guerrero
280502	08:44:46	16.14N	98.34W	4	3.6	Costa Guerrero-Oaxaca
280502	21:33:57	16.29N	99.56W	17	5.1	Costa de Guerrero
290502	00:54:47	15.95N	98.49W	26	3.7	Costa de Oaxaca
290502	08:25:53	17.06N	100.09W	35	3.7	Guerrero
290502	10:02:02	16.77N	99.74W	9	3.3	Costa de Guerrero
290502	15:07:37	14.25N	94.33W	20	4.2	Golfo de Tehuantepec
290502	19:26:09	16.98N	100.10W	28	3.4	Costa de Guerrero
290502	21:41:19	16.93N	100.21W	11	3.6	Costa de Guerrero
290502	23:18:22	16.97N	100.22W	13	3.5	Costa de Guerrero
300502	01:06:44	17.07N	100.15W	10	3.3	Guerrero
300502	05:11:48	14.78N	93.74W	16	4.1	Golfo de Tehuantepec
300502	07:57:25	16.19N	98.16W	3	4.4	Costa Guerrero-Oaxaca
300502	07:58:18	15.64N	97.69W	24	4.6	Costa de Oaxaca
310502	03:43:56	16.93N	100.22W	8	4.2	Costa de Guerrero
310502	12:33:29	15.19N	92.26W	167	4.5	Costa de Chiapas
010602	04:02:47	16.92N	100.25W	11	3.7	Costa de Guerrero
010602	04:19:24	16.89N	100.14W	9	3.9	Costa de Guerrero
010602	06:18:49	15.39N	96.17W	4	3.7	Costa de Oaxaca
010602	10:45:24	16.91N	100.13W	18	3.7	Costa de Guerrero
010602	11:52:57	16.98N	100.11W	5	3.6	Costa de Guerrero
020602	03:17:00	18.73N	104.54W	16	4.0	Costa de Colima
020602	03:29:25	15.75N	95.30W	16	3.8	Golfo de Tehuantepec
020602	05:26:13	16.68N	99.77W	5	3.5	Costa de Guerrero
020602	07:02:33	15.39N	94.72W	20	4.2	Golfo de Tehuantepec
020602	07:43:20	16.02N	98.66W	16	4.0	Costa Guerrero-Oaxaca
020602	14:42:58	16.20N	98.23W	20	3.8	Costa Guerrero-Oaxaca
020602	18:41:53	15.83N	94.39W	20	4.1	Golfo de Tehuantepec
030602	01:31:12	16.03N	97.51W	13	3.8	Oaxaca
030602	03:47:22	17.13N	94.56W	152	3.9	Istmo de Tehuantepec
030602	03:57:29	16.79N	99.77W	8	3.6	Costa de Guerrero
030602	15:24:58	16.97N	100.04W	20	3.7	Costa de Guerrero
030602	19:11:51	16.90N	100.17W	13	3.5	Costa de Guerrero
040602	00:17:50	14.95N	94.83W	9	4.0	Golfo de Tehuantepec
040602	01:16:13	14.94N	94.81W	35	4.2	Golfo de Tehuantepec
040602	03:12:01	16.70N	99.79W	8	3.7	Costa de Guerrero
040602	06:49:25	17.06N	100.27W	10	3.8	Guerrero

Fecha	Hora	Lat.	Lon.	Prof.	Mag.	Región Epicentral
040602	10:13:25	17.08N	100.03W	5	3.9	Guerrero
040602	16:08:37	16.06N	93.83W	112	4.6	Chiapas
040602	22:47:39	16.88N	100.15W	35	3.6	Costa de Guerrero
050602	06:09:09	16.96N	101.66W	16	3.7	Costa de Guerrero
050602	16:54:05	18.01N	101.85W	23	4.2	Río Balsas Inferior
050602	21:02:43	17.11N	101.10W	17	3.7	Costa de Guerrero
060602	01:01:53	16.73N	99.67W	3	3.5	Costa de Guerrero
060602	02:59:48	15.89N	96.89W	15	3.8	Costa de Oaxaca
060602	09:32:04	15.90N	97.70W	16	3.8	Costa de Oaxaca
060602	10:04:18	13.75N	90.36W	17	4.7	Costa Guatemala
060602	15:32:50	16.67N	94.08W	113	4.0	Istmo de Tehuantepec
070602	00:06:12	18.97N	102.59W	51	3.6	Costa de Michoacán
070602	02:18:42	16.26N	94.64W	97	3.8	Istmo de Tehuantepec
070602	14:47:05	16.26N	100.10W	18	4.1	Costa de Guerrero
070602	16:02:59	15.98N	96.88W	14	5.0	Costa de Oaxaca
070602	16:07:16	27.98N	112.35W	10	4.4	Golfo de Baja California Sur
070602	17:00:52	15.91N	96.97W	23	5.6	Costa de Oaxaca
070602	23:08:55	15.92N	96.92W	17	3.7	Costa de Oaxaca
080602	03:35:10	16.01N	97.61W	31	3.5	Oaxaca
080602	04:06:30	17.02N	101.44W	16	4.3	Costa de Guerrero
080602	04:19:36	16.28N	98.19W	9	4.1	Costa Guerrero-Oaxaca
090602	10:26:55	32.26N	115.13W	7	3.9	Mexicali, B.C.N.
090602	11:45:08	16.91N	100.22W	6	4.2	Costa de Guerrero
090602	18:23:41	16.95N	100.19W	6	3.6	Costa de Guerrero
090602	21:08:12	16.23N	97.43W	14	4.5	Oaxaca
100602	05:36:39	19.04N	88.08W	12	4.6	Quintana Roo
100602	20:58:15	16.86N	100.19W	8	4.6	Costa de Guerrero
100602	21:33:47	16.77N	100.33W	7	3.9	Costa de Guerrero
110602	02:32:32	17.50N	94.75W	148	4.9	Istmo de Tehuantepec
120602	00:09:46	15.72N	93.99W	35	4.4	Costa de Chiapas
120602	07:03:17	19.61N	107.64W	10	4.5	Costa de Jalisco
120602	18:04:55	17.01N	102.26W	5	3.9	Costa Guerrero-Michoacán
120602	18:40:32	16.60N	100.48W	4	3.9	Costa de Guerrero
120602	23:36:09	16.99N	100.25W	9	3.6	Costa de Guerrero
120602	23:59:27	16.89N	100.15W	9	3.3	Costa de Guerrero
130602	04:02:17	18.14N	94.32W	35	3.7	Sur de Veracruz
130602	10:16:50	16.97N	100.21W	4	3.3	Costa de Guerrero
130602	12:29:49	16.38N	94.55W	95	4.4	Istmo de Tehuantepec
130602	23:46:09	16.87N	101.82W	27	4.5	Costa de Guerrero
140602	01:57:46	14.66N	92.86W	74	4.0	Costa México-Guatemala
140602	03:18:04	17.27N	94.75W	147	3.7	Istmo de Tehuantepec
140602	03:48:03	16.12N	94.97W	17	3.8	Istmo de Tehuantepec
140602	16:25:40	16.17N	98.45W	8	3.7	Costa Guerrero-Oaxaca
140602	22:37:33	15.71N	95.24W	6	3.8	Golfo de Tehuantepec
140602	22:39:03	15.50N	94.85W	14	4.3	Golfo de Tehuantepec
150602	02:58:01	17.11N	100.24W	22	3.7	Guerrero
160602	01:38:51	17.00N	94.09W	160	4.2	Istmo de Tehuantepec
160602	16:44:24	16.30N	99.38W	18	3.6	Costa de Guerrero
160602	22:04:32	16.09N	97.68W	20	3.7	Oaxaca
170602	03:51:35	16.96N	101.88W	14	4.0	Costa de Guerrero
170602	04:01:22	15.44N	96.76W	21	3.9	Costa de Oaxaca
170602	11:21:32	18.56N	105.87W	10	4.1	Costa de Colima
170602	18:11:34	18.80N	104.44W	16	4.1	Costa de Colima
170602	23:24:04	15.46N	93.58W	86	4.4	Costa de Chiapas
180602	07:46:11	13.61N	91.93W	34	4.9	Costa Guatemala
180602	08:38:57	15.95N	97.27W	25	4.5	Costa de Oaxaca
180602	12:31:57	16.43N	94.51W	99	4.4	Istmo de Tehuantepec
180602	22:44:38	16.98N	100.21W	8	3.8	Costa de Guerrero
180602	23:59:26	15.93N	95.03W	25	4.2	Golfo de Tehuantepec
190602	02:06:36	18.93N	104.09W	20	4.0	Costa de Colima
190602	09:44:06	16.98N	99.04W	72	3.9	Costa de Guerrero
190602	21:50:08	16.24N	98.09W	8	5.5	Costa Guerrero-Oaxaca
200602	02:16:53	17.06N	100.15W	14	3.6	Guerrero
200602	04:04:10	16.82N	100.15W	16	3.6	Costa de Guerrero
200602	06:23:24	16.32N	98.04W	13	4.5	Costa Guerrero-Oaxaca
200602	10:40:02	16.05N	96.86W	30	3.9	Oaxaca
210602	12:03:49	13.50N	92.58W	16	4.8	Costa México-Guatemala
210602	15:59:43	16.64N	94.28W	113	3.8	Istmo de Tehuantepec
220602	01:53:24	15.98N	98.85W	18	4.5	Costa de Oaxaca
220602	01:56:50	15.63N	98.56W	8	4.0	Costa de Oaxaca
220602	04:43:02	16.82N	100.13W	31	3.6	Costa de Guerrero
220602	05:28:12	20.00N	109.23W	10	3.8	Cordillera Pacífico Oriental
220602	10:15:34	17.16N	99.66W	10	4.5	Guerrero
230602	03:47:07	16.09N	98.44W	8	3.9	Costa Guerrero-Oaxaca
230602	17:08:12	17.29N	100.61W	41	3.5	Guerrero
240602	05:58:22	15.91N	98.66W	16	3.7	Costa de Oaxaca
240602	10:47:19	14.77N	104.30W	10	4.1	Océano Pacífico
240602	11:23:23	15.31N	92.14W	193	4.1	Costa de Chiapas
240602	13:29:45	15.16N	93.55W	58	3.9	Costa de Chiapas
240602	15:45:23	16.64N	100.46W	8	3.7	Costa de Guerrero
240602	16:03:06	14.85N	104.27W	10	4.4	Océano Pacífico
240602	19:13:35	15.43N	92.63W	151	4.6	Costa de Chiapas
250602	07:00:52	15.43N	92.23W	198	4.1	Costa de Chiapas
250602	07:12:19	14.00N	91.67W	10	4.0	Guatemala
250602	08:15:45	13.75N	91.45W	32	5.1	Costa Guatemala
250602	10:37:05	14.38N	92.64W	27	4.5	Costa México-Guatemala

Fecha	Hora	Lat.	Lon.	Prof.	Mag.	Región Epicentral
250602	15:38:48	16.69N	94.12W	124	4.2	Istmo de Tehuantepec
250602	23:45:17	16.01N	97.27W	16	3.7	Oaxaca
260602	00:43:13	15.91N	94.18W	45	3.9	Golfo de Tehuantepec
260602	01:22:18	17.00N	100.16W	6	3.3	Guerrero
260602	02:02:30	17.68N	101.88W	8	3.9	Costa de Guerrero
260602	07:14:11	14.51N	94.80W	16	5.2	Golfo de Tehuantepec
260602	21:44:47	17.06N	95.44W	42	3.9	Veracruz-Oaxaca
260602	23:03:10	16.08N	94.52W	72	3.9	Istmo de Tehuantepec
270602	02:34:53	16.91N	100.20W	8	3.5	Costa de Guerrero
270602	04:59:49	17.78N	100.46W	62	4.6	Guerrero
270602	06:52:22	16.03N	96.98W	69	3.7	Oaxaca
270602	08:38:04	16.98N	99.61W	52	3.6	Costa de Guerrero
270602	20:58:39	16.41N	98.10W	15	4.0	Costa Guerrero-Oaxaca
280602	06:18:55	15.77N	93.83W	108	4.6	Costa de Chiapas
280602	18:08:32	16.68N	99.90W	6	4.7	Costa de Guerrero
280602	18:51:35	16.72N	99.88W	4	3.4	Costa de Guerrero
280602	19:12:51	15.65N	95.27W	16	4.0	Golfo de Tehuantepec
290602	01:35:35	13.16N	92.72W	15	4.5	Costa México-Guatemala
290602	03:51:35	16.70N	99.89W	12	3.3	Costa de Guerrero
290602	10:46:26	16.94N	100.22W	4	3.4	Costa de Guerrero
300602	01:38:47	16.77N	100.11W	7	3.3	Costa de Guerrero
300602	08:53:19	17.26N	94.69W	140	4.1	Istmo de Tehuantepec
300602	10:19:52	16.99N	99.96W	52	3.3	Costa de Guerrero
300602	20:14:39	19.22N	96.27W	16	3.9	Costa Norte de Veracruz
300602	20:24:23	14.36N	92.00W	70	4.8	Costa México-Guatemala
300602	22:01:12	16.82N	100.22W	7	3.6	Costa de Guerrero
300602	23:48:24	13.88N	92.31W	17	4.5	Costa México-Guatemala

SISMICIDAD DE LA REGIÓN NORTE DE BAJA CALIFORNIA, REGISTRADA POR RESNOM EN EL PERIODO ENERO-DICIEMBRE DE 2002

GRUPO RESNOM

Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Apdo. Postal #2732, Ensenada, B.C., México
E-mail: resnom@cicese.mx

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de veinte años la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) ha sido mantenida en operación por personal del Departamento de Sismología del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). La información digital de los temblores que esta red registra es básica para estudios sismotectónicos de la región, por contener ésta, un segmento importante de la frontera entre las placas Norteamérica y Pacífico. La Figura 1 muestra la distribución de estaciones que conforman la red. La descripción de la instrumentación de esas estaciones puede verse en Grupo RESNOM (2002). En el presente trabajo se describe brevemente el patrón de sismicidad observado en la región norte de Baja California durante 2002. La información que se presenta, así como los parámetros hipocentrales y las magnitudes de eventos ocurridos desde principios de los ochenta, puede ser consultada en el catálogo de la página electrónica de RESNOM (<http://sismologia.cicese.mx/resnom/index>).

DESCRIPCIÓN DE LA SISMICIDAD

La sismicidad registrada por la red durante 2002 consistió en alrededor de 1400 eventos con magnitudes duración (M_D) de hasta 4.7 y uno de magnitud M_w de 5.4. Para los eventos de magnitud baja no siempre fue posible determinar un epicentro, debido a que éstos no se registran en un número suficiente de estaciones. Para los temblores con suficiente información, se logró determinar los hipocentros preliminares de alrededor de 1175 eventos con magnitudes entre 0.5 y 5.4. La gran mayoría de los eventos localizados (1021) fueron de magnitud menor a 3.0. Las magnitudes del resto de los eventos (154) van de 3.0 a 5.4. Como se puede ver en las Figuras 2 y 3, una buena parte de esta actividad sísmica se desarrolló como enjambres de temblores. Por razones de espacio, en la Tabla I se muestran solamente los parámetros de la localización de los temblores con magnitud igual a 3.0 ó mayor. Sin embargo, en el mapa de la Figura 2, con excepción de algunos epicentros que caen fuera, se muestra la gran mayoría de los epicentros determinados. En la Figura 2, se utilizan elipses y letras (A, B, C y D) para marcar

las áreas que mostraron mayor actividad sísmica durante el año 2002. Una breve descripción de la distribución de la sismicidad de estas áreas se presenta a continuación.

Zona A. La Figura 3 muestra gráficamente la forma en que se desarrolló la actividad sísmica de la región durante el año 2002. A partir del 2 de enero, la región se activó con un enjambre de temblores en el Valle de Mexicali. La zona de los epicentros de este enjambre fue ubicada ligeramente al este del extremo sureste de la falla Imperial (Figura 2). La actividad más intensa de este primer enjambre de temblores se observó durante los días 4 a 6 de enero, días en que ocurrieron eventos con magnitud hasta de 4.2. La actividad de este enjambre fue decayendo gradualmente hasta que el 22 de febrero ocurrió el evento de mayor magnitud reportado en este trabajo (M_w 5.4, estrella en la Figura 2). Los efectos de este temblor fueron sentidos en las ciudades de Mexicali, Baja California, San Luis Río Colorado, Sonora y en Calexico, California. Posterior a este evento, la red registró sus réplicas hasta mediados de abril, cuando se alcanzó el nivel promedio de actividad sísmica de la región.

Durante los días 23 y 24 de septiembre, representados como los días 266 y 267 en la gráfica de la Figura 3, se registró un enjambre de temblores en una zona ubicada ligeramente al suroeste del volcán Cerro Prieto. Los tres eventos más fuertes de esta secuencia de corta duración fueron de alrededor de 4.0. Por otro lado, hacia el sureste de la Zona A se aprecia también actividad sísmica importante, en asociación con la falla Cerro Prieto. Los epicentros preliminares de tres temblores con magnitudes entre 4.0 y 5.0 cayeron en esta parte de la Zona A.

Finalmente, con base en los datos de la Tabla I y de la Figura 2, se concluye, que la mayoría de los eventos de magnitud 3.0 ó mayor ocurrieron en la Zona A, constituyéndola como la zona de mayor actividad sísmica en Baja California.

Zona B. La actividad sísmica se concentró principalmente hacia el noroeste y sureste de esta zona. Hacia el noroeste, la actividad consistió en eventos pequeños y dispersos en ambos lados de la frontera internacional entre California, Estados Unidos y Baja California, México. Parte de esa actividad se ubicó en los extremos noroeste de las fallas Laguna Salada y Sierra Juárez.

Los temblores más fuertes de esta Zona B tuvieron magnitudes entre 3.0 y 4.5. Uno de éstos se localizó en el extremo noreste de la falla Laguna Salada, tres en la parte central de la zona, y el cuarto de ellos en la parte sur. Cabe hacer notar que este último evento ocurrió en noviembre como parte de un enjambre sísmico originado en la parte sur de la Zona B. Por otro lado, el evento de magnitud 4.5

PERSONAL DEL GRUPO RESNOM

Investigadores Responsables: Luis Munguía Orozco y Antonio Vidal Villegas

Técnicos en electrónica: Luis Orozco León y Oscar Gálvez Valdez
Técnicos lectors: Ignacio Méndez Figueroa y Francisco Farfán Sánchez

Programador: Sergio Arregui Ojeda

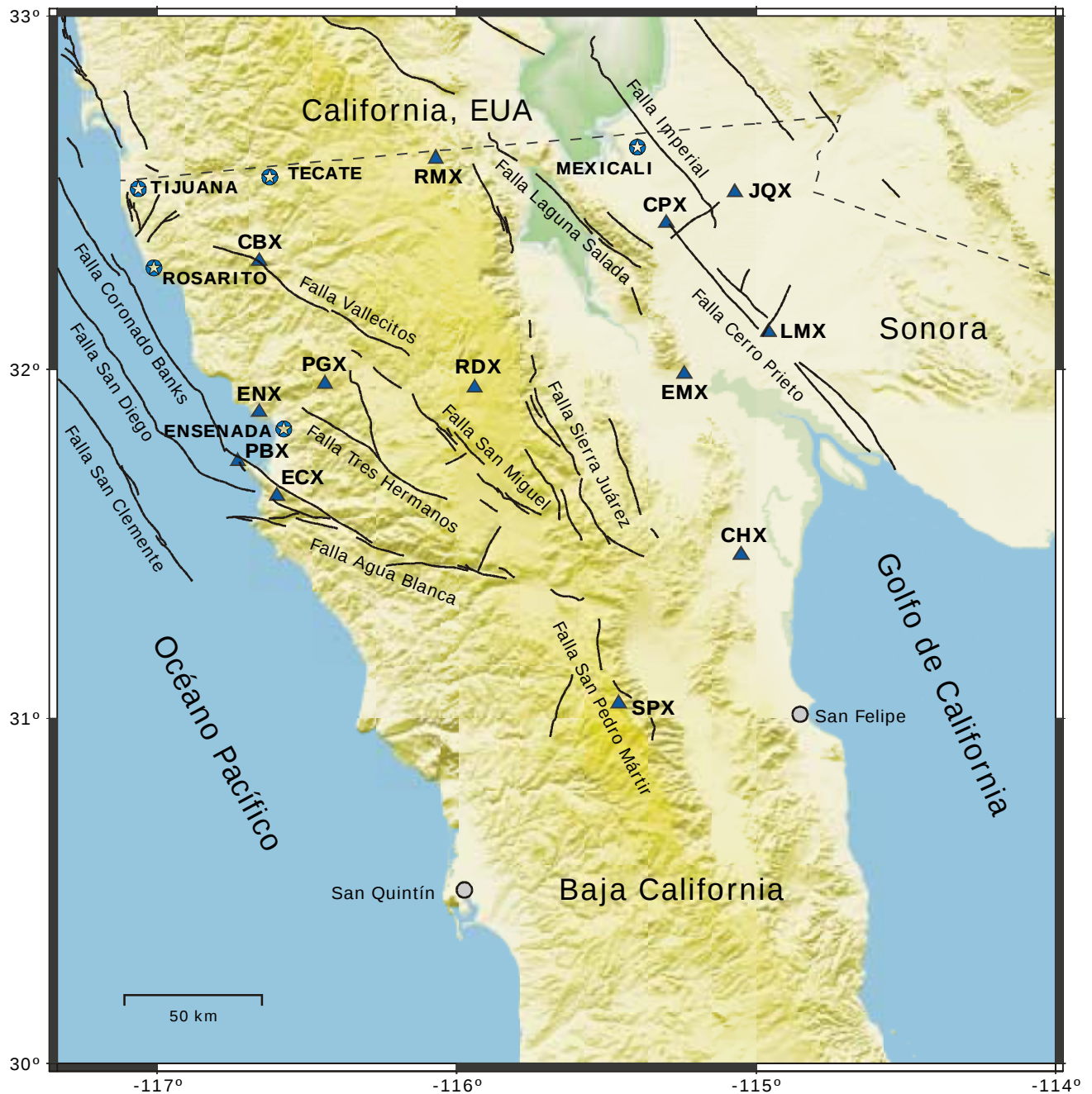


Figura 1. Principales fallas geológicas de la región norte de Baja California y estaciones sísmicas de la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM).

ocurrió al centro de la Zona B, un poco más al norte del enjambre anterior. Este evento formó parte del enjambre registrado en diciembre. La actividad de estos enjambres se refleja en los incrementos del número de eventos por día observados durante los días 327-331 y 342-345 en la gráfica de la Figura 3. Ambos enjambres se asocian con actividad de la falla Sierra Juárez.

Zonas C y D. En la Zona C, que corresponde a la zona de falla de San Miguel, se localizaron 7 eventos con magnitudes entre 3.0 y 4.0, además de un considerable número de eventos de magnitud menor a 3.0. En la Zona D se logró la localización preliminar de 37

eventos con magnitudes hasta de 2.5. Lo interesante de esto reside en que en los últimos 5 años no se reportó actividad sísmica en esta zona.

DISTRIBUCIÓN DE MAGNITUDES

La Figura 4 muestra una gráfica del número acumulativo de eventos, N_c , en función de la magnitud. Con base en la ley de Gutenberg y Richter (1949) ($\log N_c = a - bM$), mediante un proceso de cuadrados mínimos, se ajustó una recta a los datos para obtener el valor de la pendiente b . En ese proceso no se hizo distinción entre eventos de la sismicidad de fondo de la región y eventos de

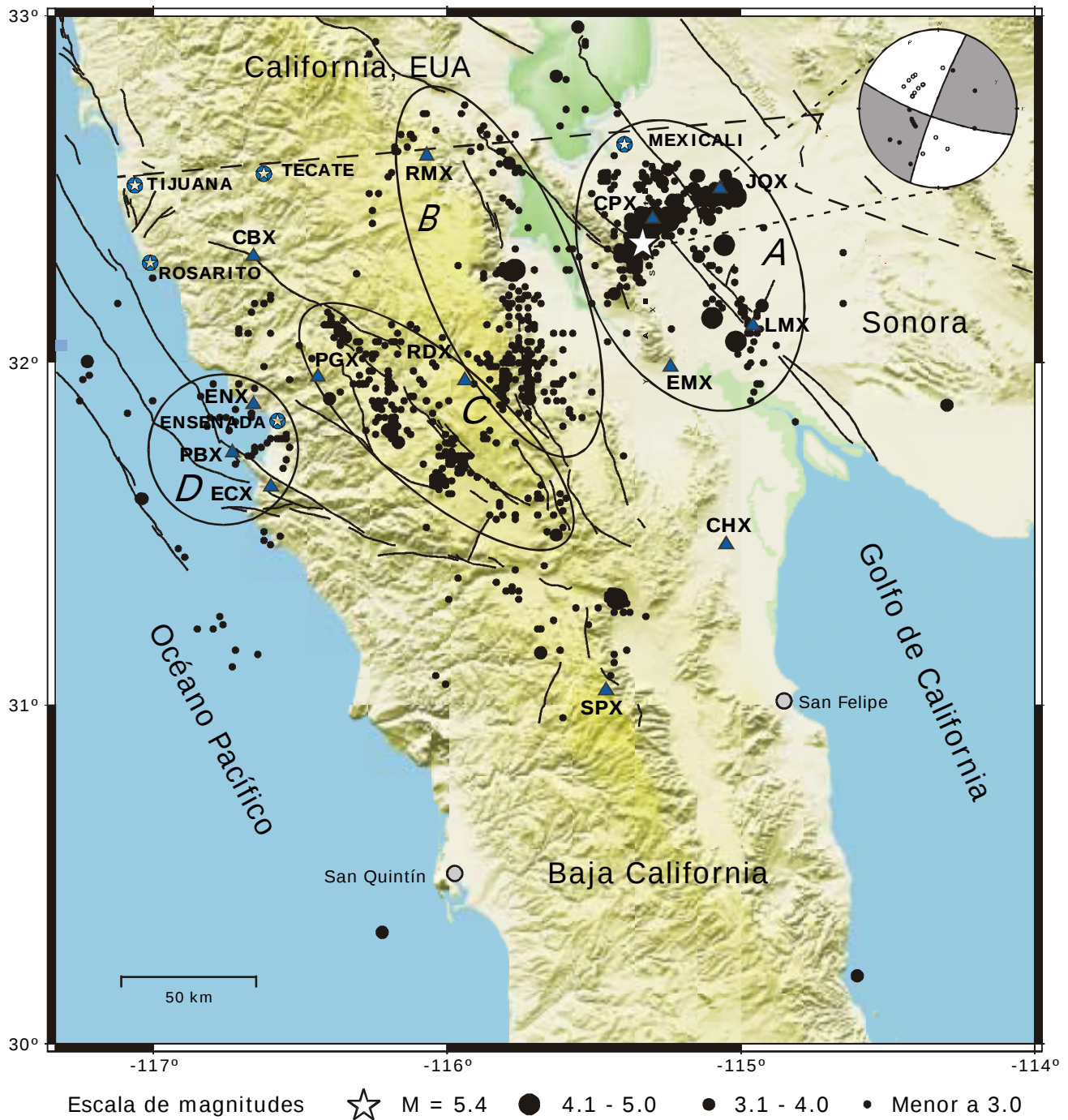


Figura 2. Epicentros de temblores (círculos) de la región registrados en el año 2002. Las magnitudes de los temblores van desde 0.5 a 5.4. Se incluye la solución de plano de falla para el temblor de magnitud 5.4 registrado el 22 de febrero a las 19:32 horas UTC.

enjambres o réplicas. En consecuencia el valor obtenido de $b = 0.92 \pm 0.06$ es un valor regional que proporciona una idea de cómo se liberaron los esfuerzos durante el año 2002 en Baja California y la porción occidental del estado de Sonora. Este resultado concuerda con el resultado obtenido por Rebollar y Reichle (1987) en su estudio de la sismicidad detectada en el periodo 1982-1984 en la región norte de Baja California.

REFERENCIAS

- Grupo RESNOM, 2002. Estado actual de RESNOM y sismicidad de la región noroeste de México en el periodo septiembre-diciembre de 2001. GEOS, Unión Geofísica Mexicana, A. C., Abril de 2002, pp. 43-48.
- Gutenberg, B., and C. F. Richter, 1949. Seismicity of the Earth. Princeton University Press.

Rebollar, J. C. And M. S. Reichle, 1987. Analysis of the seismicity detected in 1982-1984 in the northern Peninsular Ranges of Baja California. Bull. Seism. Soc. Am., 77, 1, pp. 173-183.

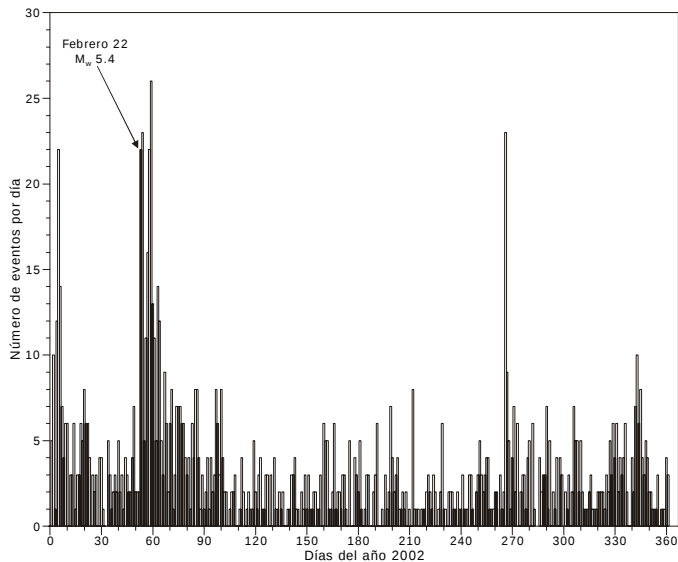


Figura 3. Gráfica del número de temblores por día registrados durante el año 2002. En esta gráfica solo se consideraron los temblores para los que se determinó un epicentro preliminar. Con la flecha se indica la ocurrencia del temblor de mayor magnitud reportado en este trabajo.

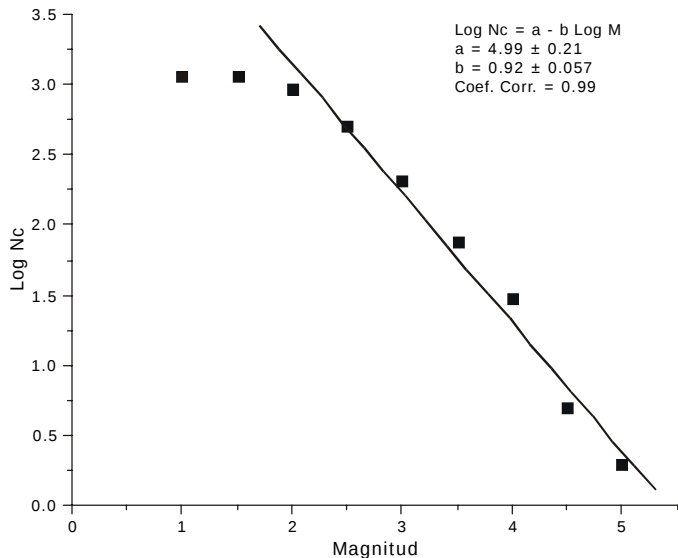


Figura 4. Gráfica del número acumulado de temblores de magnitud M o mayor en función de la magnitud.

Tabla I. Sismicidad registrada por RESNOM durante el año 2002. Se incluyen solamente los datos de temblores con magnitud mayor a 3.0.

Fecha	T. de Origen	Latitud	Longitud	Prof.	Mag.
Enero					
20020101	21:23	58.26	33.26	-116.14	5.50 3.00
20020102	12:11	28.68	33.38	-116.43	12.60 4.20
20020104	19:29	31.16	32.45	-115.09	11.00 3.80
20020104	19:38	07.94	32.45	-115.09	15.70 3.10
20020104	19:55	55.06	32.44	-115.09	14.70 3.10
20020104	20:21	21.23	32.39	-115.08	15.00 3.20
20020104	21:48	56.59	32.46	-115.09	16.70 3.30
20020104	21:52	20.14	32.48	-115.03	8.30 3.80
20020104	22:58	43.26	32.51	-115.11	1.00 3.70
20020104	23:02	38.19	32.02	-115.16	6.00 3.90
20020105	02:27	59.44	32.45	-115.01	6.00 4.00
20020105	04:00	06.39	32.47	-115.11	14.20 3.60
20020105	04:19	07.61	32.47	-115.11	16.10 3.30
20020105	04:24	12.34	32.48	-115.02	4.00 4.20
20020105	04:26	54.48	32.49	-115.14	15.20 3.20
20020105	04:32	07.36	32.49	-115.02	6.00 3.80
20020105	04:39	00.82	32.49	-115.02	6.00 4.20
20020105	04:44	31.41	32.45	-115.18	16.60 3.40
20020105	07:36	46.50	32.47	-115.09	20.90 3.20
20020105	08:48	43.56	32.47	-115.10	21.70 3.50
20020105	08:51	32.02	32.51	-115.02	6.00 3.70
20020105	10:30	20.37	32.45	-115.08	18.60 3.10
20020105	21:02	29.73	32.46	-115.08	16.40 3.10
20020106	00:37	11.60	32.45	-115.08	13.90 3.40
20020106	01:25	12.54	32.44	-115.08	14.50 3.60
20020106	12:03	03.21	32.47	-115.06	15.00 3.00
20020106	13:40	14.39	32.46	-115.06	18.30 3.20
20020106	14:23	14.78	32.44	-115.07	19.80 3.00
20020106	15:30	00.51	32.46	-115.09	14.10 3.00
20020107	02:03	00.44	32.45	-115.11	13.00 3.00
20020107	08:33	36.88	32.47	-115.10	18.70 3.10
20020107	14:57	13.81	32.47	-115.09	15.70 3.20
20020109	20:19	20.25	32.46	-115.09	19.30 3.10
20020109	23:00	00.30	32.46	-115.09	19.00 3.20
20020112	17:44	42.71	32.46	-115.06	15.00 3.00
20020113	13:10	05.48	32.44	-115.08	15.40 3.40
20020114	05:33	58.74	32.41	-115.09	18.30 3.70
20020118	09:23	48.52	32.44	-115.02	6.00 3.90
20020118	09:46	42.79	32.46	-115.09	17.00 3.00
20020119	23:44	34.08	31.29	-115.41	4.30 4.30
20020120	16:29	00.16	32.46	-115.08	13.00 3.50
Febrero					
20020204	04:39	10.16	33.05	-116.44	16.10 3.60
20020209	02:42	20.05	32.18	-117.68	10.00 3.70
20020211	23:34	24.91	30.56	-113.89	13.00 3.60
20020218	23:05	35.51	32.39	-115.26	13.60 3.30
20020219	00:30	40.88	32.41	-115.23	13.80 3.50
20020221	18:27	25.56	32.56	-115.76	3.60 3.60
20020222	19:32	40.06	32.33	-115.35	8.90 5.40
20020222	19:37	23.69	32.37	-115.31	4.40 3.00
20020222	19:38	33.66	32.32	-115.35	15.60 3.40
20020222	19:42	35.19	32.35	-115.28	15.00 3.10
20020222	19:49	20.16	32.36	-115.31	11.10 3.00
20020222	20:05	57.47	32.36	-115.31	17.30 3.10
20020222	20:09	54.66	32.36	-115.32	17.10 3.40
20020222	20:20	01.09	32.36	-115.30	16.30 3.60
20020222	20:33	47.46	32.36	-115.32	9.80 4.10
20020222	20:39	29.42	32.39	-115.31	13.00 3.10
20020222	21:20	12.34	32.38	-115.31	4.10 3.40
20020222	21:34	46.47	32.36	-115.33	10.00 3.70
20020222	23:06	18.25	32.37	-115.30	11.90 3.10
20020222	23:20	33.18	32.30	-115.34	10.00 3.90
20020222	23:23	50.12	32.36	-115.31	13.70 3.50
20020223	00:19	56.49	32.42	-115.31	13.00 3.00
20020223	02:11	41.53	32.40	-115.31	12.70 3.00
20020223	04:34	22.76	32.37	-115.31	11.00 3.10
20020223	06:07	41.78	32.36	-115.31	12.00 3.00
20020223	06:23	40.23	32.37	-115.31	11.00 3.60
20020223	06:29	38.25	32.29	-115.34	10.00 3.70
20020223	07:35	41.59	32.41	-115.31	14.70 3.20

Fecha	T. de Origen	Latitud	Longitud	Prof.	Mag.
Febrero					
20020223	08:33	01.95	32.38	-115.30	14.60 3.00
20020223	10:47	01.60	32.39	-115.29	12.00 3.10
20020223	11:49	33.05	32.38	-115.30	11.20 3.10
20020223	16:29	22.99	32.36	-115.31	16.60 3.50
20020223	18:05	16.69	32.35	-115.31	12.00 3.20
20020223	20:01	09.16	32.39	-115.35	13.10 3.20
20020224	04:57	35.57	32.34	-115.29	11.00 3.10
20020224	06:09	40.80	32.38	-115.31	12.60 3.20
20020225	01:29	10.50	32.35	-115.33	7.10 4.00
20020225	03:42	41.36	32.40	-115.30	12.00 3.10
20020225	03:45	04.51	32.35	-115.31	15.00 3.20
20020225	03:49	35.60	32.36	-115.29	12.00 3.20
20020225	06:44	20.32	32.39	-115.32	11.00 3.40
20020225	14:20	41.47	32.50	-115.25	15.40 3.10
20020225	14:24	59.04	32.51	-115.26	15.50 3.20
20020225	14:26	13.63	32.50	-115.25	14.90 3.10
20020226	02:50	26.20	32.37	-115.31	15.00 3.30
20020226	17:00	19.50	32.36	-115.29	12.60 3.00
20020227	01:18	47.36	32.25	-115.34	13.90 3.50
20020227	03:03	02.38	32.38	-115.27	11.40 3.00
20020228	03:24	48.21	32.37	-115.29	11.90 3.00
20020228	04:25	26.22	32.34	-115.32	14.80 3.00
20020228	11:12	46.64	32.35	-115.31	15.40 3.20
20020228	11:19	02.06	32.30	-115.39	15.00 3.40
20020228	14:36	44.95	32.34	-115.32	15.30 3.10
Marzo					
20020303	20:07	19.36	32.34	-115.35	4.00 3.10
20020304	13:12	24.48	32.29	-115.39	13.50 3.70
20020306	19:50	42.08	32.33	-115.31	12.00 3.20
20020314	17:41	34.33	32.36	-115.31	14.60 3.00
20020319	22:14	43.04	29.79	-113.76	8.00 4.60
20020321	12:24	04.29	32.39	-115.26	11.10 3.00
20020323	14:02	00.44	29.04	-114.43	6.60 4.70
20020326	11:28	33.70	32.81	-115.61	16.50 3.00
20020326	19:44	28.88	32.37	-115.31	14.10 3.80
20020327	13:23	20.16	32.36	-115.32	12.20 3.10
20020328	06:56	08.33	33.35	-115.75	5.10 3.00
20020329	20:57	11.04	32.35	-115.31	12.50 3.00
20020330	02:01	56.49	32.54	-115.23	18.70 3.40
20020330	13:50	51.71	33.19	-116.73	9.40 3.80
Abril					
20020407	13:58	45.28	32.18	-115.40	14.00 3.60
20020407	23:32	23.99	31.79	-116.18	4.60 3.20
20020409	17:15	04.46	32.35	-115.31	15.40 3.00
20020411	13:43	17.77	32.36	-115.32	12.30 3.50
20020429	12:24	41.44	32.04	-115.00	10.70 4.20
Mayo					
20020509	02:55	25.66	32.38	-115.30	11.00 3.00
20020511	05:16	34.95	32.05	-116.32	4.00 3.10
20020521	19:43	08.44	33.16	-115.98	10.50 3.60
20020523	00:52	51.46	31.87	-115.70	6.00 3.70
Junio					
20020609	10:26	54.77	32.31	-115.04	9.00 4.10
20020611	19:28	23.84	31.76	-116.14	15.40 3.20
20020627	03:48	22.81	32.40	-115.20	14.00 3.40
20020627	09:33	48.11	32.08	-116.34	3.20 3.10
20020629	11:27	06.89	31.98	-117.21	5.80 3.10
Julio					
20020710	04:22	17.66	32.94	-115.54	6.00 3.00
20020717	05:06	22.72	31.15	-115.65	15.00 3.30
20020722	10:07	31.35	30.02	-115.58	16.00 3.20
20020723	17:36	18.05	32.48	-115.06	14.90 3.20
Agosto					
20020812	05:21	26.44	32.29	-115.11	11.10 3.00
20020817	11:39	54.68	32.37	-115.35	10.20 3.10
20020830	05:16	12.98	31.86	-114.26	5.00 3.60
20020831	18:05	23.40	32.15	-114.90	15.00 3.10
Septiembre					
20020903	11:49	34.11	32.39	-115.31	3.00 3.30
20020904	12:24	17.94	30.34	-116.19	8.00 3.80
20020907	00:25	32.56	31.86	-116.22	14.80 3.30
20020911	15:57	00.43	31.88	-116.38	17.00 3.10

Fecha	T. de Origen	Latitud	Longitud	Prof.	Mag.
Septiembre					
20020913	11:42	17.29	30.22	-114.57	15.00 3.80
20020921	21:26	16.58	33.23	-116.11	12.00 4.10
20020923	08:13	18.66	32.30	-115.37	7.00 4.10
20020923	15:41	28.41	32.29	-115.35	14.70 3.20
20020924	01:20	54.70	32.31	-115.36	11.70 3.10
20020924	10:48	01.98	32.29	-115.36	11.30 3.10
20020928	16:05	17.77	32.39	-115.23	6.00 4.00
Octubre					
20021009	03:21	00.48	32.52	-115.45	12.60 3.20
20021018	04:45	42.11	32.63	-118.08	7.00 3.20
20021031	14:31	42.11	32.27	-115.33	11.30 3.00
Noviembre					
20021103	06:58	42.33	33.17	-115.64	2.40 3.20
20021103	07:02	20.09	33.16	-115.63	2.80 3.00
20021105	14:06	42.95	31.49	-115.60	15.20 3.50
20021117	08:13	56.52	32.44	-115.21	4.40 3.30
20021126	13:45	42.61	32.11	-115.08	4.00 4.00
Diciembre					
20021210	21:04	00.81	32.24	-115.76	6.00 4.50
20021210	21:47	15.81	32.24	-115.76	6.00 3.80
20021212	02:47	04.30	32.25	-115.77	5.00 3.30
20021212	21:03	44.38	32.42	-115.21	4.00 4.20
20021227	12:01	49.43	32.27	-115.33	14.10 3.20

EL CALOR *ESCONDIDO* EN LA ATMÓSFERA Y LA OCTAVA OLIMPIADA DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN BAJA CALIFORNIA

Enrique Gómez Treviño

División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, Baja California, México.

EL CALOR *ESCONDIDO*

Los huracanes despliegan, de principio a fin, cantidades de energía muy superiores a las producidas por las explosiones nucleares más grandes que se han realizado en la Tierra. ¿De dónde obtienen esa energía? Todo está en calma y de pronto empiezan los vientos y la formación de nubes. Y más que estabilizarse, el fenómeno parece alimentarse a sí mismo. Y de hecho así es: el fenómeno se alimenta a sí mismo en la forma de una reacción en cadena. A más nubes más vientos, y así hasta acabarse el combustible. ¿Porqué? ¿Cómo es que la formación de nubes produce más nubes y aparecen los vientos? Pues simplemente porque ...

LA OCTAVA OLIMPIADA

El calor *escondido* en la atmósfera y sus efectos es uno de los temas alrededor de los cuales se centraron las preguntas de la Octava Olimpiada de Ciencias de la Tierra en Baja California, celebradas el día 30 de noviembre de 2002 en las instalaciones del CICESE. Se tuvo la máxima asistencia en toda la historia de las Olimpiadas: 134 estudiantes de escuelas preparatorias de Tecate, Ensenada, Rosarito, Tijuana, San Felipe y Mexicali. Las escuelas participantes incluyeron al COBACH, CBTIS, Universidad de Guadalajara, Universidad Iberoamericana, Colegio Ensenada y CETYS, entre otras.

Los ganadores fueron:

Marisol Sánchez Marmolejo, COBACH La Mesa, Primer Lugar

Rebeca Salas Boni, CETYS, Segundo Lugar

José Juan Pérez Delgadillo, COBACH la Mesa, Tercer Lugar

Se entregaron premios en efectivo para los tres primeros lugares y sus maestros; además se otorgaron diplomas a todos los participantes. La olimpiada es la secuela de un proyecto muy ambicioso que se propuso hace ocho años en una asamblea de la Unión Geofísica Mexicana (UGM). La idea original era realizar olimpiadas nacionales. Sin embargo, la tarea era demasiado complicada, por lo que se decidió llevarla a cabo al nivel estatal.

El examen inició a las 10 de la mañana y tuvo una duración de dos horas aproximadamente. Posteriormente se hizo un recorrido por las instalaciones del CICESE para mostrar a los estudiantes las actividades que se realizan en el Centro. Además, se ofreció una comida tradicional. El evento terminó alrededor de las cuatro de la tarde con la premiación.

¿POR QUÉ SE PREGUNTA LO QUE SE PREGUNTA?

El objetivo de las preguntas es canalizar la inquietud de estudiantes de preparatoria hacia la comprensión de ideas y fenómenos cotidianos. En la atmósfera, el océano y en tierra firme suceden a diario cambios aparentemente caprichosos que, sin embargo, están sujetos a principios físicos, químicos, biológicos o matemáticos que nos permiten entenderlos, y en cierta manera, controlarlos. La educación media, en lo que concierne a la ciencia, podría enfocarse hacia estos aspectos, y no sólo hacia principios abstractos que por lo general se aprenden de memoria sin relacionarlos con la vida diaria.

Las preguntas del examen anual se ponen a disposición de los estudiantes un mes antes del evento. En ese periodo se dedican a resolver los problemas y a buscar respuestas posibles a las preguntas en Internet, enciclopedias, libros, periódicos, revistas, noticieros, etc., con lo cual se dan a sí mismos un curso intensivo en la materia.

Si quieres poner a prueba tus conocimientos en el tema te ofrecemos el último examen que contiene 100 preguntas. El examen interactivo que te ofrecemos fue el mismo que respondieron los participantes en la octava emisión de las «Olimpiadas de Ciencias de la Tierra». Daniel Peralta, técnico en el CICESE, fue el encargado del desarrollo del sistema para el Web. El examen en su totalidad está disponible a través de la gaceta del CICESE o en ugm.org.mx. En lo que sigue se presenta la mitad de las preguntas. ¿Te atreves a contestarlas?

50 DE LAS 100 PREGUNTAS DE LA OCTAVA OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA Y CICESE

Ensenada, B.C., a 30 de noviembre de 2002

2.- Los compuestos químicos conocidos como bióxidos están formados por dos átomos de oxígeno acompañados por uno de otro elemento. Este elemento extra determina la apariencia con que se nos presenta el compuesto. Por ejemplo, el bióxido de carbono es un gas pero el bióxido de silicio es un sólido, aunque la única diferencia entre los dos compuestos es que el átomo de carbón ocupa el lugar del de silicio. El bióxido de carbono abunda en la atmósfera, desafortunadamente cada vez más, y el bióxido de silicio es uno de los minerales más abundantes en la corteza terrestre. Al bióxido de silicio se le conoce como:

- a) cuarzo b) pirita c) silicato d) sosa cáustica

3.- Desde hace miles de años y en muchas partes del mundo incluyendo a México, se ha utilizado el petróleo para diversos fines. El petróleo se recogía por lo general de acumulaciones superficiales y que se conocen como chapopoteras y que se formaban por derrames o escurrimientos naturales similares a ojos de agua o manantiales. El primer pozo que se perforó en el mundo con el propósito explícito de extraer petróleo se realizó hace:

- a) 310 años b) 240 años c) 210 años d) 140 años

4.- Una de las ideas que se plantean para resolver los problemas de contaminación por derrames accidentales de petróleo, consiste en esparcir sobre el área afectada bacterias que se alimentan de petróleo, para que lo descompongan en sustancias que no dañan el ambiente. De hecho, este es uno de los métodos más utilizados actualmente para remediar áreas contaminadas. ¿Es cierto esto?

- a) es cierto b) es falso c) no se sabe d) es ciencia-ficción

5.- Se ha llegado a determinar que el petróleo se originó a partir de algas marinas que vivieron hace millones de años, y que al ser enterradas junto con sedimentos a grandes profundidades, estuvieron expuestas a temperaturas relativamente altas llegando a transformarse en lo que hoy es el petróleo. Si la temperatura es demasiado baja las algas no llegan a transformarse en petróleo. La temperatura mínima que se requiere para que se forme el petróleo es de:

- a) 50 °C b) 90 °C c) 150 °C d) 200 °C

6.- Si la temperatura es demasiado alta las algas se cocinan, para decirlo de alguna manera, resultando en que el petróleo se malogra. La temperatura máxima a la que todavía se puede formar petróleo es de:

- a) 90 °C b) 99 °C c) 150 °C d) 212 °C

7.- Considerando que la temperatura aumenta con la profundidad a una razón de un grado C por cada 30 metros, y tomando en cuenta la temperatura mínima para que las algas se transformen en petróleo: ¿Cuál es la profundidad mínima a la que se forma el petróleo, considerando que la temperatura en la superficie de la Tierra es de 15 grados C?

- a) 500 m b) 1,000 m c) 2,000 m d) 4,000 m

8.- Considerando que la temperatura aumenta con la profundidad a una razón de un grado C por cada 30 metros, y tomando en cuenta la temperatura máxima para que las algas se transformen en petróleo: ¿Cuál es la profundidad máxima a la que se forma el petróleo, considerando que la temperatura en la superficie de la Tierra es de 15 grados C?

- a) 2,000 m b) 4,000 m c) 8,000 m d) 10,000 m

9.- Para que las algas se transformen en petróleo no sólo se requiere que la temperatura sea la adecuada, también se necesita que tales condiciones se mantengan por suficiente tiempo. El tiempo mínimo para que las algas se transformen en petróleo es de:

- a) 1 millón de años b) 10 millones de años c) 100 millones de años d) 1,000 millones de años

12.- En la prensa se informa que la deuda de agua que México deberá pagar a EE.UU. es de 1.5 millones de acres pies. Conviertiendo este volumen al sistema métrico y dividiendo el resultado entre la población total de México se obtendrá la deuda per cápita es decir por cada habitante del país. La cantidad resultante en litros por persona es:

- a) 20 b) 200 c) 2,000 d) 20,000

13.- Suponiendo que el consumo doméstico diario per cápita es de 200 litros, lo que se debe de agua equivale al consumo doméstico de todos los mexicanos por un periodo de:

- a) 1 día b) 10 días c) 40 días d) 100 días

16.- La capa de ozono tiene alrededor de 40 km de espesor y se extiende desde 10 km de altura hasta 50 km. A pesar de su gran espesor la cantidad de ozono es relativamente pequeña. Aún así es suficiente para absorber prácticamente toda la radiación ultravioleta que nos llega del Sol. Para tener una mejor idea de cuánto ozono hay en la atmósfera, se acostumbra calcular el espesor equivalente de una capa pura de ozono a la presión atmosférica que tendría al nivel del mar y a la temperatura ambiente. Este espesor equivalente es de:

- a) 6 mm b) 6 cm c) 6 m d) 6 km

17.- La complejidad de la corteza terrestre ha estimulado a muchas personas en los últimos siglos a descifrar su historia, indagando cómo, cuándo y donde se formaron las diferentes rocas que entran en su composición. Se descubrió que muchas de las rocas que actualmente observamos en la superficie se formaron a grandes profundidades, y que fue después de formarse que emprendieron un movimiento vertical hasta emerger y formar en algunos casos altas montañas. Las montañas principales de Baja California así se formaron. Las rocas de que están hechas estas montañas son, principalmente:

- a) granitos b) basaltos c) areniscas d) riolitas

22.- La cantidad total de agua que contiene la atmósfera es de (en miles de kilómetros cúbicos):

- a) 1.3 b) 13 c) 500 d) 500,000

26.- Si el total de agua y vapor de agua que contiene la atmósfera en un momento dado se precipitara como lluvia sobre toda la Tierra, esto equivaldría a una precipitación promedio de:

- a) 1 mm b) 10 mm c) 25 mm d) 100 mm

27.- Se tiene la idea generalizada de que la humedad del aire proviene del mar, y que en los continentes llueve en la medida que se recibe dicha humedad. Sin embargo, según estimaciones confiables, solamente la tercera parte de la precipitación en los continentes procede del mar. El resto proviene de la evaporación en lagos y ríos y de la evapotranspiración de suelos y plan-

tas, lo cual nos recuerda lo importante que resulta mantener en buena salud selvas y bosques y demás vegetación en los continentes. El porcentaje de la lluvia que cae en los continentes que procede de los mismos continentes es de:

- a) 66 % b) 33 % c) 75 % d) 15 %

31.- Pipín Ferreras puede descender hasta 160 m de profundidad en el mar sin equipo de buceo. La presión a esa profundidad es mayor comparada con la presión al nivel del mar. En atmósferas esta presión es:

- a) 1.7 b) 17 c) 170 d) 1700

35.- La amplitud de las mareas lunares es alrededor del doble de la amplitud de las mareas solares. Esto es, el efecto de la Luna es mayor que el efecto del Sol. Sin embargo, la atracción gravitacional del Sol es mucho mayor que la de la Luna. Veamos: el Sol se encuentra 390 veces más lejos de la Tierra que la Luna; en lo que respecta a la distancia el efecto del Sol es menor por un factor de $1/(390^3)$. Sin embargo, la masa del Sol es 27,000,000 veces la masa de la Luna, lo cual compensa el efecto de la distancia y hace que la fuerza del Sol sea mayor que la de la Luna. ¿Cuántas veces es la fuerza del Sol mayor que la de la Luna?

- a) 320 b) 120 c) 180 d) 230

36.- La fuerza de gravitación que produce el Sol sobre cualquier objeto en la Tierra, y sobre la Tierra misma, es muchas veces mayor que la fuerza de gravitación que produce la Luna. ¿Porqué entonces las mareas debidas al Sol son menores que las debidas a la Luna?

a) porque el Sol es de gas y la Luna de roca b) porque el gradiente de las fuerzas de la Luna es mayor c) porque la Tierra es parcialmente líquida d) porque la Tierra rota sobre su eje

37.- Existen muchos ejemplos en los que los progresos de la ciencia se debieron - y se siguen debiendo- a que un instrumento ya existente utilizado para tal o cual fin, se dirige o se aplica a la solución de un problema nuevo fuera del ámbito donde se hizo el desarrollo instrumenta. El ejemplo más conocido y que permitió a la astronomía realizar innumerables descubrimientos sucedió hace algunos siglos. La persona que primero dirigió un telescopio para observar el cielo y que realizó importante observaciones sobre los astros fue:

- a) Galileo b) Copérnico c) Kepler d) Halley

41.- En igualdad de condiciones de temperatura y presión, un volumen dado de aire húmedo pesará más, menos o igual que un volumen igual de aire seco. ¿Cuál de las tres?

- a) más b) menos c) igual d) el aire no pesa

45.- Los cambios climáticos que dan origen a los periodos glaciales-interglaciales, han sido relacionados con variaciones en la radiación solar que llega a la Tierra debido a cambios periódicos en los parámetros que definen la geometría del sistema Tierra-Sol. A esta explicación se le conoce con el nombre de:

- a) ciclos Hertzianos b) ciclos de Milankovitch c) ciclos de Halley
d) ciclos Polares

50.- Benjamín Franklin, el científico que demostró que los rayos eran de naturaleza eléctrica, estaba relacionado con el Benjamín Franklin que participó activamente en la independencia de los Estados Unidos. La relación familiar aceptada es que:

- a) era su hijo b) era su padre c) era su sobrino d) era el mismo

51.- ¿Porqué aunque en el mar no se alcanza la temperatura de ebullición se evapora el agua?

a) En realidad sí se alcanza en una capa muy superficial b) los rayos infrarrojos sacan del agua molécula por molécula c) los rayos ultravioletas sacan del agua molécula por molécula d) a cualquier temperatura existen moléculas con suficiente velocidad para escapar:

53.- El vapor de agua es un gas transparente a la luz y por lo tanto invisible, o refleja la luz como las nubes? El vapor de agua:

- a) es transparente b) refleja la luz c) Es blanco como las nubes
d) Es opaco

55.- Las nubes están formadas de

- a) vapor de agua b) gotitas de agua c) oxígeno e hidrógeno disociados d) oxígeno molecular

56.- El huracán Kenna que azotó Nayarit fue catalogado de magnitud:

- a) 2 b) 4 c) 5 d) 7

57.- El volcán Etna que hizo erupción hace algunos días en forma espectacular se encuentra en

- a) Sicilia b) Córcega c) Malta d) Cerdeña

63.- Este tipo de roca se endurece mientras de la lava todavía se están escapando gases. La razón de enfriamiento es tan rápida que los gases quedan atrapados en la roca. El resultado es que estas rocas están llenas de hoyos. Parecen esponjas de roca. Debido a los hoyos estas rocas son tan ligeras que flotan en el agua. Se trata de:

- a) basalto b) obsidiana c) piedra pómez d) andesita

64.- Alrededor de 1960 las poblaciones de pelícanos y algunos tipos de águilas disminuyeron dramáticamente, debido a que los peces que consumían tenían altas concentraciones del pesticida D.D.T., que se venía utilizando desde hacía varias décadas

en fumigaciones en la agricultura y otras actividades para matar diversos tipos de insectos. Los pelícanos y las águilas se estaban extinguiendo porque el D.D.T. causaba que:

- a) quedaran ciegos b) la cáscara de los huevos no se formara c) sus crías nacieran deformes d) perdieran el sentido de la dirección

66.- En el mundo se producen anualmente alrededor de 2,150 millones de toneladas de grano (maíz, sorgo, soya, etc.). Esto equivale a una producción diaria por persona de:

- a) 1 kg b) 100 gr c) 50 gr d) 10 gr

67.- Del total de 2,150 millones de toneladas de grano que se producen en el mundo anualmente: ¿Qué porcentaje se utiliza para alimentar ganado?

- a) 10 % b) 20 % c) 30 % d) 40%

68.- Las latas de aluminio de refrescos y cervezas son muy apreciadas como material para reciclar. ¿Porqué? Una de las principales razones por las que estas latas se cotizan muy bien es que para producirlas se consume bastante energía, y al reciclarlas se ahorra mucha de esta energía. Para producir una lata de aluminio se consume la energía equivalente a la de un foco de 100 Watts encendido por determinado tiempo. ¿Cuánto tiempo?

- a) 1 hora b) 2 horas c) 3 horas d) 4 horas

69.- En los últimos meses debido al encarecimiento de la energía eléctrica la CFE ha promovido la utilización de focos de neón basados en el fenómeno de ionización. Un foco incandescente de los que utilizamos comúnmente en nuestros hogares convierte energía eléctrica en energía luminosa. Sin embargo, como convertidor de un tipo de energía a otro, un foco incandescente no es todo lo eficiente que quisiéramos, pues gran parte de la energía se convierte en calor y no en luz como sería nuestro deseo. La eficiencia de estos focos es del:

- a) 5 % b) 20 % c) 50 % d) 75%

70.- La eficiencia de un auto típico es de alrededor del 20%. Esto es, que un automóvil es capaz de convertir en movimiento solamente el 20% de la energía química almacenada en la gasolina. Por otra parte, el sistema completo que extrae, refina y distribuye los productos del petróleo tiene alrededor del 50% de eficiencia. Esto es, que para llegar a tener en la gasolinera un litro de gasolina se requiere utilizar a su vez medio litro de gasolina. Entonces tenemos que la eficiencia total del sistema extracción-refinación-distribución-consumo que termina moviendo nuestro automóvil tiene una eficiencia del:

- a) 1 % b) 10 % c) 20 % d) 50 %

76.- Los huracanes despliegan una cantidad impresionante de energía. ¿De donde procede esa energía? En los noticieros dicen que del mar, lo cual si bien es cierto es demasiado general. Calentamiento del mar y de la atmósfera es también demasiado general para comprender el funcionamiento de los huracanes. En libros y en Internet son más explícitos, se dice que se trata

de dos fuentes de calor, una de calor sensible o evidente y otra de calor insensible u oculto, siendo la segunda la más importante. Esta última fuente puede alcanzar, sumando sobre la altura del huracán, densidades de energía producida por segundo de hasta 1,000 Watts por metro cuadrado de superficie horizontal. ¿De dónde procede este calor oculto?

- a) del vapor de agua en el aire b) de las gotas de agua en las nubes
c) de la fricción que producen los vientos d) de las reacciones fotoquímicas entre el oxígeno y el nitrógeno

77.- ¿Porqué no se calienta la atmósfera al liberarse el calor oculto?

- a) porque la energía calienta el agua b) porque la energía se transforma en oleaje c) porque la energía se transforma en viento
d) porque el calor vuelve a ser oculto:

80.- El ojo de un huracán es el lugar más estable de todo el huracán. No hay vientos ni lluvias. Esto se debe a que en el ojo del huracán:

- a) aire húmedo asciende para alimenta las nubes b) aire húmedo desciende bajando su humedad relativa c) el aire ni sube ni baja, está quieto d) el aire se seca porque entra sol por arriba

81.- Hay nubes que simplemente pasan. No producen lluvia. ¿Cómo puede ser esto posible? Esto se debe a que:

- a) las gotas de agua son demasiado pequeñas para caer, se quedan suspendidas en el aire b) esas nubes tienen sólo vapor de agua
c) el punto de rocío no se ha alcanzado en la nube d) no hay núcleos de condensación en la nube

82.- Está soplando un viento fuerte desde Tijuana hacia San Quintín, ambas poblaciones al nivel del mar y por lo tanto a la misma presión atmosférica en condiciones sin viento. La presión barométrica en Tijuana es de 1,020 milibarios. ¿Cuál podría ser la presión en San Quintín?

- a) 1, 500 mb b) 2,000 c) 500 mb d) 1,000 mb

83.- ¿Cómo varía horizontalmente sobre la Tierra la presión atmosférica? La presión atmosférica disminuye con la altura en cualquier punto de la Tierra. La disminución es tal que a una altura de apenas 10 km la presión disminuye hasta un 20 % de su valor en superficie. La variación horizontal es menor aún considerando distancias de miles de kilómetros. La variación horizontal es del orden del:

- a) 5 % b) 15 % c) 30 % d) 50 %

87.- El aire caliente, por su menor densidad, asciende en la atmósfera. Por otro lado, sabemos que la atmósfera es más fría a medida que aumenta la altura. ¿Cómo puede ser esto posible? Esto se explica porque:

- a) el aire al ascender se enfría por descompresión b) el aire al ascender se enfría por contacto con aire frío c) el aire al ascender se aleja del suelo caliente d) el aire al ascender pierde energía por radiación

89.- La presión del aire generalmente es mayor cuando el aire es:

- a) caliente y húmedo b) caliente y seco c) frío y húmedo d) frío y seco

90.- Se pone en la estufa un recipiente con agua y se le aplica fuego hasta que el agua empieza a hervir. Considere el siguiente proceso: se aumenta el fuego y el agua sigue hirviendo. Se vuelve a aumentar el fuego y el agua hierve más rápidamente. Durante este proceso la temperatura del agua:

- a) aumenta b) disminuye c) queda igual d) sube y baja

91.- Un recipiente con un litro de agua se pone en el fuego. Cuando la temperatura llega a 100 grado C el agua comienza a hervir. A partir de ese momento se contabiliza la cantidad de energía que se le suministra al agua para convertir el litro completo en vapor de agua. La cantidad de energía en calorías es:

- a) 540 b) 5,400 c) 54,000 d) 540,000

92.- Una cantidad de vapor de agua proveniente de un litro de agua que se evaporó se condensa en la atmósfera formando una pequeña nube. En el proceso de condensación se libera una cantidad de energía en calorías de:

- a) 540 b) 5,400 c) 54,000 d) 540,000

93.- Una de las razones de porqué las bombas atómicas son capaces de liberar cantidades enormes de energía en muy poco tiempo es la forma de reacción en cadena en que sucede la explosión. Se trata de una reacción nuclear diseñada para que suceda en cadena. Esto es, que la misma reacción una vez iniciada crea las condiciones para que la reacción se repita a escala mayor, y así sucesivamente hasta que se acaban los átomos de uranio, el combustible de las bombas. Detrás de la enorme energía que concentran los huracanes en relativamente poco tiempo también se encuentran las reacciones en cadena, pero en este caso no hay transformación de elementos, ni siquiera hay cambios químicos como en la combustión, sino simples cambios de estado de la materia. Aún así, un huracán despliega, de comienzo a fin, la energía equivalente a 10,000 bombas atómicas. El combustible de los huracanes es:

- a) el calor b) la lluvia c) el viento d) el vapor de agua

94.- En promedio utilizamos alrededor de 200 litros de agua diarios por persona en nuestras casas. Esta agua forma parte del ciclo hidrológico por lo que en el pasado reciente o remoto estuvo en la atmósfera como vapor de agua. Si tuviéramos que obtener los 200 litros de agua diarios a partir de agua de mar mediante evaporación, requeriríamos bastante energía. Se necesitan 540 calorías por gramo de agua. Por otro lado, un millón de calorías equivale a 1.1 kilowatt-hora, y un kilowatt-hora lo cobra la CFE en alrededor de dos pesos. ¿Cuánto pagaríamos de electricidad diariamente si utilizáramos este medio para obtener los 200 litros de agua por evaporación?

- a) \$200 b) \$2,000 c) \$20,000 d) \$200,000

95.- En determinada región la temperatura del aire en función de la altura viene dada por la fórmula $T_a = -10h + 30$, donde T_a representa la temperatura en grados centígrados y h es la altura en kilómetros. También se sabe que la temperatura del punto de rocío es 14 grados. ¿A qué altura se formarán las nubes en esta región?

- a) 1.0 km b) 0.3 km c) 6.0 km d) 1.6 km

96.- La estimación anterior no toma en cuenta que el punto de rocío también depende de la altura. El punto de rocío también desciende con la altura porque el aire al expandirse contiene menos vapor de agua por unidad de volumen. La dependencia para el caso anterior viene dada por la ecuación $T_r = -2h + 14$, donde T_r representa la temperatura en el punto de rocío. Considerando el mismo caso que en la pregunta anterior, donde $T_a = -10h + 30$ describe la disminución de la temperatura del aire con la altura: ¿A qué altura se formarán las nubes con esta corrección?

- a) 1.0 km b) 5.6 km c) 14 km d) 2.0 km

97.- El Sol no calienta las diferentes regiones de la Tierra con la misma intensidad. Los polos reciben mucho menos calor que el ecuador. Esto, llamado calentamiento diferencial, produce movimientos en la atmósfera que tienden a llevar aire caliente a los polos y aire frío al ecuador. Sin estos movimientos el ecuador sería mucho más caliente y los polos mucho más fríos. El transporte no se efectúa directamente entre los polos y el ecuador, en una sola celda de convección, sino en varias celdas. ¿Cuántas?

- a) dos b) tres c) cuatro d) cinco

99.- ¿Porqué se considera que la condensación de vapor de agua es un proceso que calienta el aire? Porque:

- a) el calor específico del agua líquida es menor que el del vapor b) el vapor de agua para condensarse absorbe energía c) el aire puede contener más agua líquida que vapor d) el vapor de agua libera energía al condensarse

INFORME FINAL DEL DESARROLLO DEL EVENTO: I ENCUENTRO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Esther Cruz Gámez

Departamento de Geología, Universidad de Pinar del Río, Cuba

Entre los días 18 y 22 de Febrero del 2003 se desarrolló el evento, constituyendo la primera actividad que organiza la red GEOLAC (Red de Facultades y Departamentos de Geología de América Latina y el Caribe) en coordinación con el Departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río (UPR), Cuba. Contó con el coauspicio de la UNESCO, la Universidad Central de Ecuador y la Asociación Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba.

El evento se desarrolló mediante la planificación de un programa que contemplaba:

✓ 5 conferencias magistrales acerca de temáticas de interés general:

CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS ACTUALES DE LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN CUBA

Ponente: Angel Notario de la Torre
Vice-rector UPR, Cuba

FUNDAMENTOS DIDÁCTICOS DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Ponente: Teresa Díaz Díaz
Directora CECES, UPR, Cuba

ASPECTOS GENERALES DE LA GEOLOGÍA DE CUBA

Ponente: Jorge Luis Cobiella Reguera
Departamento de Geología, UPR, Cuba

POTENCIAL Y PERSPECTIVAS DE LOS RECURSOS MINERALES EN CUBA

Ponente: Nancy García Lamadric
Oficina Nacional de Recursos Minerales de Cuba

APLICACIONES DE LAS GEOCIENCIAS EN LA ZONA DE VALLEGRANDE, BOLIVIA

Ponente: José A. García Gutiérrez
E.N.I.A., Cuba

✓ 3 comisiones de trabajo para presentación de comunicaciones orales y en forma de cartel, con las temáticas de:

• **Comisión 1: Estrategias didácticas de las actividades de campo**

• **Comisión 2: Metodología de la enseñanza de las disciplinas de las Ciencias de la Tierra**

• **Comisión 3: Estrategias Académicas**

✓ 3 Talleres, para el intercambio de experiencias, con las siguientes temáticas:

• **Taller 1: Modelos Curriculares en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra**

• **Taller 2: Educación de posgrado**

• **Taller 3: Desempeño académico de los estudiantes universitarios**

Como parte del evento se realizaron 3 excursiones geológicas a diferentes puntos de interés geológico de la provincia de Pinar del Río:

• **Excursión 1: Geología de la Sierra de los Órganos**

• **Excursión 2: Yacimientos tipo SEDEX y GOSSAN**

• **Excursión 3: Geología de la Sierra del Rosario**

Los resultados de la participación en el evento, tanto de extranjeros, como nacionales se muestran en la Tabla 1.

Los resultados de la presentación de trabajos en las diferentes actividades del programa del evento, así como la participación en las excursiones, se muestran en la Tabla 2.

También se aprovechó el marco del evento para realizar una reunión del grupo de coordinación de la red GEOLAC la cual fue convocada por el Sr. José Rosbel Chapa Guerrero (secretario de

Tabla 1. Participación por Instituciones y Países

No.	Institución	País	Participantes
Extranjeros			
1	Universidad Central de Ecuador	Ecuador	5 (3 estudiantes)
2	Universidad de Guayaquil	Ecuador	1 (1 estudiante)
3	Universidad Nacional de Medellín	Colombia	1
4	Universidad de Misiones	Argentina	1
5	Universidad de Buenos Aires	Argentina	1
6	Escola Secundária Carolina Michaëlis	Portugal	1
7	Escola Secundária de Viriato	Portugal	1
8	Universidade do Porto	Portugal	1
9	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Perú	1
10	CICESE	México	3
11	UNAM	México	4
12	Universidad Autónoma de Nuevo León	México	3
13	UNESCO	Uruguay	1
Subtotal	13	7	24
Nacionales			
14	ISMMM	Cuba	2 (2 estudiantes)
15	UPR	Cuba	18 (4 estudiantes)
Subtotal	2	1	20
Totales	15	8	44

Tabla 2. Trabajos presentados en el evento.

Actividad	Fecha	Planificados	Presentados
Comisión 1	18-feb	9	8
Comisión 2	19-feb	8	5
	21-feb	7	6
	Subtotal	15	11
Comisión 3	19-feb	8	7
	21-feb	7	7
	Subtotal	15	14
Taller 1	18-feb	3	3
Taller 2	19-feb	5	5
Taller 3	21-feb	10	8
Total		57	49

Participación en las excursiones

Excursión 1	19
Excursión 2	10
Excursión 3	17
Totales	46

GEOLAC), en la que participó el Sr. Jorge Ellis de la División de las Ciencias de la Tierra UNESCO-Montevideo, así como los integrantes del consejo directivo de la Red que asistieron al encuentro.

Valoración del comité organizador del evento, de los participantes y del consejo constitutivo de la Red GEOLAC acerca de las principales éxitos del encuentro:

1. Cumplimiento del objetivo central del evento, correspondiente al intercambio del claustro de profesores de los departamentos/facultades de Geología de América Latina y el Caribe al participar 10 instituciones del área.
2. Promoción para la creación de un sitio Web en el marco del ya existente por la UNESCO para la Red GEOLAC, con la inclusión de información acerca de ofertas de Posgrado, Intercambio Académico, Información Científica, etc., de los integrantes de la red.
3. Posibilidades de canje de información científica de las bibliotecas de las instituciones participantes.

4. El evento contribuyó para la promoción de diferentes actividades académicas que se desarrollan en las instituciones participantes.
5. Facilidades brindadas por los especialistas del CICESE de México, para la publicación de artículos científicos de nuestros profesores en el Boletín GEOS de la Unión Geofísica Mexicana y donación de la colección, incluyendo 4 monografías.
6. Donaciones de muestras de rocas para el Museo de Geología de la UPR, así como materiales docentes, libros y revistas científicas para el departamento de geología, los cuales fueron enviados a la Biblioteca de la UPR para su asentamiento y control.
7. Sirvió de marco para firmar un convenio de colaboración entre las Facultades de Geología Mecánica de la UPR y la Facultad de Geología, Ambiental, Petróleo y Minas de la Universidad central de Ecuador.
8. Participación de estudiantes extranjeros y cubanos, como autores de comunicaciones científicas, lo cual constituye una experiencia constructiva.
9. Continuar desarrollando dichos encuentros, pues los mismos propician al intercambio de los integrantes de la Red GEOLAC. La próxima sede será México y su organización estará a cargo de una de las instituciones asistentes de este país. Se acordó realizar el II Encuentro de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra para América Latina y el Caribe en el año 2005.

LA REVISTA *ATMÓSFERA* EN EL PERIODO 1988-2001

Érika López-Silvestre, Yojana Nava-León y Adalberto Tejeda-Martínez
Licenciatura en Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

RESUMEN

La revista *Atmósfera* (http://www.ejournal.unam.mx/atmosfera/about_atmosfera.html) es el medio de comunicación científica más importante en su temática de todos los publicados en países de habla hispana. Esta revista fue fundada y editada por el doctor Julián Adem Chahín desde el 1° de abril de 1988 hasta el primer número del 2002, por tal motivo se hace una descripción estadística de *Atmósfera* para el periodo 1988-2001.

En el presente trabajo se hace una descripción de la revista desde su estructura, objetivos, así como el análisis del número de autores por año, número de páginas, frecuencia de adscripción de los diferentes autores, subáreas de las Ciencias Atmosféricas, número por artículo y por volumen. Ya que en su trabajo Armendáriz y Ordóñez realizan un estudio similar, se pueden ver los avances que ha tenido la revista desde 1988 hasta el 2001. Destaca que el número de autores que publica en *Atmósfera* se ha ido incrementando, así como también la tendencia de artículos publicados por conjuntos de varios autores, los cuales son de diferentes lugares del mundo, aunque en su mayoría siguen siendo mexicanos, lo que demuestra el interés de los investigadores en México por los estudios de las Ciencias Atmosféricas.

De este modo se muestra un panorama general de lo que fue *Atmósfera* durante los catorce años de edición bajo la responsabilidad de Adem (1988-2001).

INTRODUCCIÓN

A principios del año 2002 terminó un ciclo de la revista *Atmósfera*, debido a que su fundador, el doctor Julián Adem Chahín dejó de ser el editor de la misma. Por tal motivo se hace un sencillo análisis estadístico de la revista, desde su aparición el 1° de abril de 1988 hasta el último número del 2001 (volumen 14), a pesar de que Adem todavía publicó el número uno del 2002 (volumen 15).

En un estudio similar al presente, Armendáriz y Ordóñez (2000) se refieren a los primeros diez años de vida de la revista. Los autores destacan que "... la publicación ha sido incluida desde 1994 en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT, de forma ininterrumpida, lo cual demuestra su relevancia dentro del tema que maneja..." Además, *Atmósfera* está indexada en publicaciones como *SCISEARCH*, *Research Alert*, *Meteorological and Geostrophysical Abstracts*, *GEO Abstracts*, *Citation Index y Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*, entre otros.

ANÁLISIS

De 163 artículos publicados en el periodo 1988-1997, 84 (51.5%) habían sido citados al menos una vez en el ámbito internacional hasta antes de concluir el año de 1999. Esto representa un promedio de 2.36 citas por cada artículo citado o 1.22 citas por cada artículo publicado. Para el año de 1997 el factor de impacto de *Atmósfera* (medido como el número de citas bienales 1995-1996 entre el número de artículos para el mismo periodo) fue de 0.533 (por comparación considérese que la revista estadounidense *Journal*

of Applied Meteorology tuvo un factor de 1.383, y el *Bulletin of the American Meteorological Society* presentó un factor de 2.830, ver Armendáriz y Ordóñez, 2000). *Atmósfera* y el *Journal of Applied Meteorology* estarían en la categoría de las publicaciones de impacto medio (0.5 a 1.5;) mientras que la última se ubica entre las revista de alto impacto, superior a 1.5, en el criterio de Bashan (2002).

Los volúmenes de la revista han sido anuales. A excepción del primero (año de 1988) que tuvo tres números, en lo sucesivo cada volumen consta de cuatro números trimestrales. La estructura de los artículos publicados en *Atmósfera* —como el de la mayoría de las publicaciones especializadas— es: título, nombre y dirección de cada autor, resumen en español y en inglés, texto, reconocimientos, apéndices, referencias bibliográficas, ilustraciones y tablas. Las unidades usadas son las del Sistema Internacional de Unidades y las abreviaturas y símbolos son explicados cuando se usan por primera vez.

El total de artículos publicados desde el 1988 al 2001 fue de 227; en promedio se publicaron 16 artículos cada año. En la Figura 1 se observa que los años con mayor número de artículos, con 19, fueron 1991, 1992 y 1994 (volúmenes 4, 5 y 7 respectivamente.) Exceptuando el primer año, debido a que sólo tuvo tres números, el año con menor número de artículos (14), fue 1997 (volumen 10). El número máximo de artículos por número fue de seis, mientras que el mínimo fue de tres, con un promedio de cuatro artículos por número.

Por otra parte, los años con mayor número de artículos no son precisamente los que tienen mayor número de páginas, siendo el más voluminoso el de 1990 con 315 páginas y 17 artículos (ver Figura 2.) El volumen 9 (1996), con 293, es el segundo con mayor número de páginas. El promedio fue de 252 páginas por volumen.

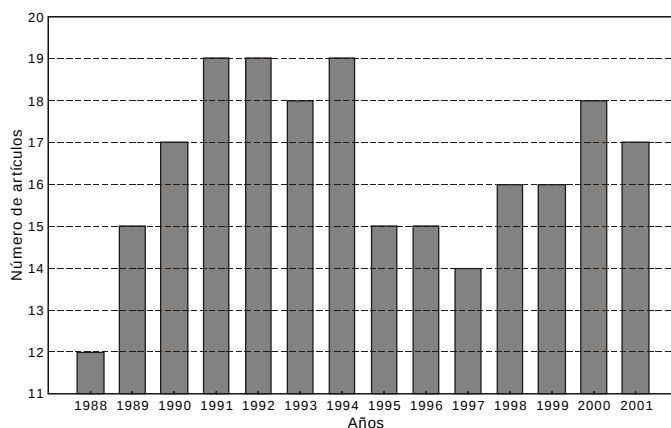


Figura 1. Número de artículos por año que fueron publicados en la revista *Atmósfera*.

Un dato curioso es ver que en 1995, a pesar de estar cerca del promedio en artículos, cae mucho en el promedio de páginas, siendo casi igual al número de páginas del volumen 1 que, como se comentó antes, sólo contó con tres números.

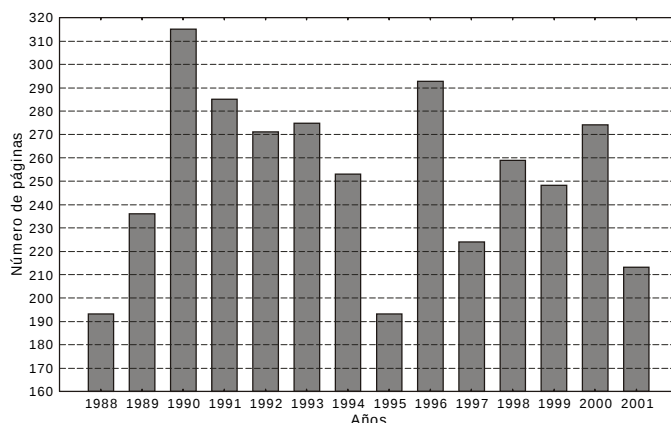


Figura 2. Número de páginas por año (volumen) de la revista *Atmósfera*.

El primer número de *Atmósfera* se planteó como objetivo publicar trabajos de investigación teórica, empírica y aplicada en Ciencias Atmosféricas (meteorología, climatología, aeronomía, física, química y biología atmosférica), o textos interdisciplinarios, principalmente los que se relacionan con oceanografía, hidrología, ecología, silvicultura, glaciología, agricultura y contaminación ambiental. En los primeros catorce años de la revista, un recuento de la frecuencia de artículos publicados en cada sub-área de las ciencias atmosféricas arroja que las temáticas más publicadas han sido modelación climática, dinámica atmosférica, climatología estadística y calidad del aire, como puede apreciarse en la tabla 1.

En *Atmósfera* han publicado investigadores de varios lugares del mundo. En la tabla 2, se observa que los autores que más publican tienen su adscripción en México, siguiendo Estados Unidos y Rusia. *Otros* representa adscripciones cuya frecuencia fue menor de cinco (Alemania, Francia y Brasil, por ejemplo.) En comparación con Armendáriz y Ordóñez, estos resultados difieren ya que ellos hacen una separación entre las adscripciones del primer, segundo, tercer autor, etc.

Tabla 1. Frecuencia de las áreas de estudio de los artículos publicados en la revista *Atmósfera* en el periodo de 1988-2001.

Áreas de estudio	Frecuencia
Modelación Climática	51
Dinámica de la Atmósfera	37
Climatología estadística	36
Calidad del Aire	23
Radiación Solar y Terrestre	20
Hidrometeorología	14
Interacción Océano-Atmósfera	11
Pronóstico numérico	11
Agrometeorología y agroclimatología	6
Clima Urbano y Bioclima Humano	6
Termodinámica Atmosférica	4

Del total de los artículos publicados (227) en el periodo 1988-2001, 74 fueron de un solo autor; sin embargo, la diferencia entre aquellos que fueron publicados por dos o tres autores es pequeña: 71 de dos autores, 52 de tres y 30 con cuatro o más, pero el promedio por artículo fue de 2 autores, como puede apreciarse en la Figura 3. Ya que la revista no restringe la cantidad de autores por artículo, en 1991 (volumen 4, número 4) hubo un artículo con 10 autores, y en el número 1 del volumen 14 (año 2001), uno con

Tabla 2. Frecuencia de las diferentes adscripciones dependiendo autor en la revista *Atmósfera* para el periodo 1988-2001.

Adscripción	Frecuencia
México	80
Estados Unidos	47
Rusia	16
Argentina	12
Dinamarca	11
India	10
España	8
Filipinas	5
Australia	5
Otros	35

ocho. Además se puede observar (Figura 3) que el volumen 14 (año 2001) fue el que en promedio tuvo mayor número de autores por artículo: por ejemplo en el número 1 publicaron 18 autores en cuatro artículos. En los siguientes tres números de dicho volumen fueron respectivamente 17, 11 y 16 autores por número. En el volumen 14 (año 2001) la mayoría de los artículos tuvieron en promedio cuatro autores.

COMENTARIOS FINALES

La revista *Atmósfera* al ser el medio de comunicación científica más importante en su temática de todos los publicados en países de habla hispana. Tiene el reto, para los nuevos editores, de mantener o elevar su nivel de impacto y diversificar los temas y nacionalidades de los autores. Una opción no analizada en estas páginas, es la de incorporar las tecnologías informáticas para facilitar su búsqueda y consulta por Internet, tal como lo hacen la mayoría de las publicaciones especializadas en estos días.

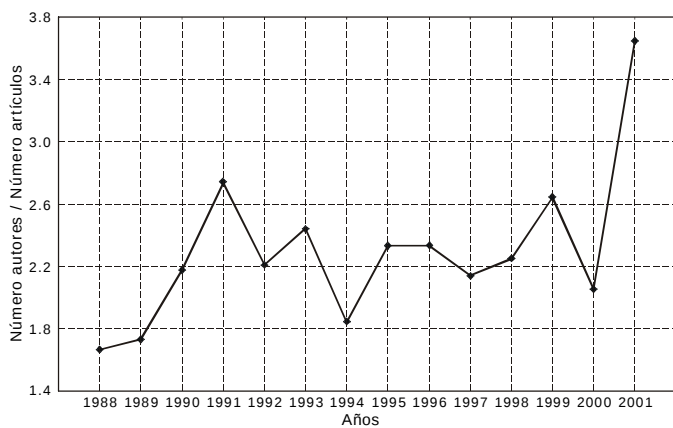


Figura 3. Relación del número de autores por artículo que publicaron en la revista *Atmósfera*.

La revista atmósfera significa sólo una parte, pero relevante, en el trabajo de Julián Adem.

REFERENCIA

Armendáriz, S. y Ordóñez, M.M., 2000. Diez años de edición de la revista *Atmósfera*: Un estudio bibliométrico, *Bibl. Univ., Nueve Época*, Vol. III: 34-37.

Bashan, Y., 2002. Publicaciones en revistas de alto impacto, *Ciencia y Desarrollo*, Vol. XXVIII (55): 64-73.

DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 2002

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 estatus. La base de datos permite 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, lo invitamos a que verifique si sus datos están correctos y completos y, en caso de que exista algún error u omisión, nos lo haga saber vía correo electrónico (ugm@cicese.mx) o por medio de nuestra página (<http://www.ugm.org.mx>). 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.

	UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA ● Membresía 2002 ●
Rolando Labacha Miembro # 999	
Reunión anual 2003 Puerto Vallarta, Jal., México 3 al 7 de Noviembre de 2003	E-mail: ugm@cicese.mx Internet: http://www.ugm.org.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Nombre	Institución	Correo Electrónico
1	298	X						Aceves Quesada Fernando	UNAM	
2	405						X	Aguiar Ríos Alejandra	UNAM	ale@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
3	16	X	X	X			X	Aguirre Díaz Gerardo J.	UNAM	gjad@servidor.unam.mx
4	360			X	X			Aguirre González Jorge	UNAM	jag@culer.iingen.unam.mx
5	13	X	X		X	X	X	Alaniz Álvarez Susana A.	UNAM	alaniz@servidor.unam.mx
6	153		X		X			Alatorre Zamora Miguel Ángel	UDG	alatorre@quantum.ucting.udg.mx
7	15	X	X		X	X	X	Alatraste Vilchis David Rey	UNAM	david_alatraste@yahoo.com
8	288	X	X	X	X	X		Alva Valdivia Luis Manuel	UNAM	lalva@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
9	379					X	X	Alvarado Cano Rodney R.	UAZ	elcano@elfoco.com
10	403						X	Álvarez Béjar Román	UNAM	rab@elbznz.iimas.unam.mx
11	4	X	X	X	X			Álvarez Borrego Josué	CICESE	josue@cicese.mx
12	3	X	X	X	X	X		Álvarez Borrego Saúl	CICESE	saúl@cicese.mx
13	296	X						Álvarez Manilla Alfonso		
14	152	X			X			Álvarez Sánchez Luis Gustavo	CICESE	lalvarez@cicese.mx
15	154				X	X		Amador Buenrostro Alberto	CICESE	aamador@cicese.mx
16	8	X	X	X	X	X		Aragón Arreola Manuel de J.	CICESE	maragon@pangea.cicese.mx
17	157			X	X		X	Aranda Gómez Jorge Javier	UNAM	jag@servidor.unam.mx
18	14	X		X	X	X		Arellano Gómez Víctor Manuel	IIE	vag@exp2.iie.org.mx
19	156		X					Arellano Guadarrama José Fco.	CFE	
20	18				X			Argote Espinoza María Luisa	CICESE	argote@cicese.mx
21	17		X			X		Armienta Hernández María A.	UNAM	victoria@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
22	12			X				Arredondo Fragozo Jesús	CFE	cfeinf@mail.giga.com
23	372				X	X	X	Arreygue Rocha Eleazar	UMICH	arrocha@zeus.umich.mx
24	384					X		Arteaga Flores Lorenzo	INEGI	
25	10			X				Arzate Flores Jorge Arturo	UNAM	arzatej@unicit.unam.mx
26	351				X			Ávila Serrano Guillermo E.	UABC	gavila@bahia.ens.uabc.mx
27	160	X	X	X	X	X		Axen Gary	UCLA	gaxen@ess.ucla.edu
28	390					X		Backstrom Lars	UNAM	backstrom_lars@hotmail.com
29	161	X	X	X	X	X	X	Bandy William L.	UNAM	bandy@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
30	22	X	X	X	X	X		Barajas Díaz Pablo	ITESO	
31	23					X	X	Barradas Miranda Víctor Luis	UNAM	vbarrada@miranda.ecologia.unam.mx
32	24	X		X	X	X		Barragán Reyes Rosa María	IIE	rmb@iie.org.mx
33	361				X			Bautista Belmonte Aarón	IPN	sjimenez@vmredipn.ipn.mx
34	317			X		X		Bautista Romero José Jesús	CIBNOR	jbautro@cibnor.mx
35	162		X					Beier Martín Emilio José	CICESE	ebeier@cicese.mx
36	25					X	X	Belmonte Jiménez Salvador	IPN	sbelmont@prodigy.net.mx
37	20	X	X					Bermúdez Angulo María Luisa	UNAM	maria@gea.iingen.unam.mx
38	208			X				Bermúdez Juárez María Blanca	BUAP	bbj@xanum.uam.mx
39	324		X					Bernal Franco Gladys	UABC	gbernal@bahia.ens.uabc.mx
40	29			X		X		Birkle Peter	IIE	birkle@iie.org.mx
41	28	X	X	X	X	X	X	Böhnel Norbert Harald	UNAM	harald@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
42	426						X	Bote Cab Gilmer Eduardo	Inst. Tec. de la Paz	eduardobotec@hotmail.com
43	27		X					Brasseea Ochoa Jesús	CICESE	jbrasseea@geofisica.cicese.mx
44	21	X		X	X		X	Bravo Cabrera José Luis	UNAM	jibravo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
45	19	X		X	X			Brito Castillo Luis	CIBNOR	lbrito@cibnor.mx
46	26	X	X					Buendía Carrera Enrique	UNAM	
47	275	X	X	X	X	X		Bulgakov Sergey N.	UDG	sbulgano@udgserv.cencar.udg.mx
48	232	X	X					Burrola Sánchez María Sara	CIBNOR	sburrola@cibnor.mx
49	166		X	X				Caballero Miranda Cecilia	UNAM	maga@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
50	318			X				Cabral Cano Enrique	UNAM	ecabral@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
51	396						X	Calderón Macías Carlos	IMP	ccalderon@imp.mx
52	33		X	X	X	X		Calmus Thierry	UNAM	tcalmus@servidor.unam.mx
53	399						X	Camarillo Barranco Lucio		
54	143		X	X	X	X		Campa Uganda María Fernanda	UAEG	mfernanda@data.net.mx
55	347					X		Campos Emilano	UNAM	camposm@servidor.unam.mx
56	167	X	X		X	X		Campos Enriquez Oscar	UNAM	ocampos@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
57	214			X				Candela Pérez Julio	CICESE	jcandela@cicese.mx
58	258	X	X	X	X	X		Cañón Tapia Edgardo	CICESE	ecanon@pangea.cicese.mx
59	34	X	X	X	X	X		Carbajal Pérez Noel	IPICYT	noelc@ipicyt.edu.mx
60	243	X						Carbonell Ramón	CSIC	rcarbonell@ija.csic.es
61	36		X					Carcione José M.	Osserv. Geof. Sperimentale	
62	165	X				X		Cárdenas Soto Martín	UNAM	martinc@servidor.unam.mx
63	395						X	Carranza Castañeda Oscar	UNAM	oscar@servidor.unam.mx
64	169	X			X			Carrasco Núñez Gerardo	UNAM	gerardoc@unicit.unam.mx
65	168	X	X		X			Carreño Ana Luisa	UNAM	anacar@servidor.unam.mx
66	310			X				Carrillo García Verónica Karina	CENAM	vcarrill@cenam.mx
67	435						X	Castillo Román José	Centro Univ. Prev. Desastres	jocaroman@hotmail.com
68	412						X	Castillo Romano Cervando	IMTA	cervando@tialoc.imta.mx
69	284	X	X	X				Castrejón González Israel	UAEG	
70	235	X		X	X			Castrejón Pineda Héctor Ricardo	UNAM	castrejo@sacbe.fi-a.unam.mx
71	31	X	X	X	X	X	X	Castro Escamilla Raúl	CICESE	raul@sismo.cicese.mx
72	30	X		X				Castro Govea Renato	UNAM	
73	32		X					Castro Leyva Teresa	IMP	tcastro@agi-cdc.com.mx
74	437						X	Castro Valdés Rubén	UABC	rubenc@uabc.mx
75	6					X		Centeno García Elena	UNAM	
76	35		X		X	X		Cerca Martínez Luis Mariano	UNAM	mcerca@unicit.unam.mx
77	37						X	Cervantes Duarte Rafael	IPN	rcervan@ipn.mx
78	391					X		Cervantes Sánchez Alfredo	UAT	alcervan@uamac.uat.mx
79	272	X						Cifuentes Nava Gerardo	UNAM	gercifue@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
80	336		X	X	X	X		Cisneros Stojanowski Gerardo	SILICON Graphics	gerardo@cray.com
81	364				X	X		Concha Dimas Aline	University of Nevada	aline@scs.unr.edu
82	341			X				Contreras Pérez Juan	CICESE	juanc@pangea.cicese.mx
83	394						X	Cordero Ángeles Edgar	UNAM	once25@yahoo.com
84	244	X	X	X		X		Córdoba Barba Diego	UCM	dcordoba@eucmos.sim.ucm.es
85	303		X	X				Corona Chávez Pedro	UMICH	pcorona@zeus.umich.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002 Continuación

No.	Miembro	Dirección	Ciudad	Estado	C.P.	País
1	298	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
2	405	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
3	16	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
4	360	Nardo #2, Col. Xaltocán	México	D.F.	16090	México
5	13	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
6	153	Pro. El Mediero #517, Mod. F-201, Col. San Gilberto	Zapopan	Jal.	45150	México
7	15	Temaca #6241, Col. Aragón Inguarán	México	D.F.	07820	México
8	288	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
9	379	Hda. El Cuidado #11, Fracc. Nuevo Bernárdez	Guadalupe	Zac.	98600	México
10	403	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
11	4	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
12	3	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
13	296	Circuito Jardín #356-3, Col. Alamos 3ª Sección	Querétaro	Qro.	76160	México
14	152	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
15	154	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
16	8	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
17	157	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
18	14	Av. Reforma #113, Col. Palmira	Temixco	Mor.	62490	México
19	156	Km. 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero, Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	21100	México
20	18	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
21	17	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
22	12	Alejandro Volta #655, Col. Electricistas	Morelia	Mich.	58290	México
23	372	Pino Humboldtzi #392, Fracc. Los Pinos	Morelia	Mich.	58080	México
24	384	Salto de los Salados #409, Fracc. Ojo Caliente	Aguascalientes	Ags.	20190	México
25	10	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
26	351	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
27	160	UCLA - Box 951567	Los Ángeles	CA.	90095-1567	USA
28	390	Verdi #412, Col. León Moderno	León	Gto.	37480	México
29	161	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
30	22	Periférico Sur #8585	Tlaquepaque	Jal.	45090	México
31	23	Apdo. Postal No. 70-275, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
32	24	Av. Reforma #113, Col. Palmira	Temixco	Mor.	62490	México
33	361	Meza de Anahuac #207-A, Col. Volcanes	Oaxaca	Oax.	68020	México
34	317	Lic. Primo Verdad #206, Depto. 7, Zona Centro	La Paz	B.C.S.		México
35	162	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
36	25	Mesa de Anahuac #207-A, Col. Volcanes	Oaxaca	Oax.	68020	México
37	20	Calle 128A #29-15, Depto. 403	Santa Fé de Bogotá	Bogotá	70472	Colombia
38	208	Priv. 29 Ote. #1816, Col. Mirador	Puebla	Pue.	72540	México
39	324	Villa de San Miguel #36, San Miguel	Ensenada	B.C.	22760	México
40	29	Apdo. Postal No. 1-475	Cuernavaca	Mor.	62001	México
41	28	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
42	426	Márquez de León #343, Col. Centro	La Paz	B.C.S.	23000	México
43	27	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
44	21	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
45	19	Km. 2.35, Camino al Tular Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	85454	México
46	26	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
47	275	Av. Vallarta #2602, Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	44100	México
48	232	Km. 2.35, Camino al Tular, Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	85465	México
49	166	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
50	318	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
51	396	Pino #8, San Jerónimo, Col. Lomas Quebradas	México	D.F.	10000	México
52	33	Apdo. Postal No. 1039, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
53	399	Anaxágoras #814, Col. Narvarte	México	D.F.	03020	México
54	143	Hda. Xajay #426, Fracc. Hda. Echegaray	Naucalpan	EdoMéx.	53300	México
55	347	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
56	167	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
57	214	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
58	258	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
59	34	Apdo. Postal No. 3-74	Tangamanga	S.L.P.	78231	México
60	243	Luis Solé i Sabaris s/n	Barcelona	Barcelona	08028	España
61	36	P.O. Box 2011	Opicina	Trieste	34016	Italy
62	165	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
63	395	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
64	169	Apdo. Postal No. 1-742, Zona Centro	Querétaro	Qro.	76001	México
65	168	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
66	310	Cerrada Heriberto Jara #18, Fracc. V. Querétaro	Querétaro	Qro.	76000	México
67	435	3 Sur #303 Altos, Centro Histórico	Puebla	Puebla	72000	México
68	412	Paseo Cuauhnahuac #8532, Col. Progreso	Jiutepec	Mor.	62550	México
69	284	Ex-Hacienda de San Juan Bautista, Taxco El Viejo	Taxco	Gro.	40200	México
70	235	10 Oeste, Manzana 33, Lote 6, Col. Isidro Fabela	México	D.F.	14030	México
71	31	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
72	30	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
73	32	Apdo. Postal No. 224, Oficina de Correo	Cd. Del Carmen	Camp.	24101	México
74	437	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
75	6	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
76	35	Apdo. Postal No. 1-742, Zona Centro	Querétaro	Qro.	76001	México
77	37	Av. IPN s/n, Playa Palo de Santa Rita	La Paz	B.C.S.	23096	México
78	391	Matamoros entre 8 y 9, Zona Centro	Ciudad Victoria	Tamp.	87000	México
79	272	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
80	336	Av. Vasco de Quiroga #3000, Col. Santa Fé	México	D.F.	01210	México
81	364	Macklay School of Mines/172	Reno	Nevada	89557-0138	USA
82	341	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
83	394	24 de Febrero #6, Col. Pólvora, Primera Sección	México	D.F.	01100	México
84	244	Av. Complutense s/n	Madrid	Madrid	28040	España
85	303	Edificio "U", Cd. Universitaria	Morelia	Mich.	58070	México

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Nombre	Institución	Correo Electrónico
86	38	X						Corona Ruiz Martín	CFE	
87	248	X						Correa Mora Francisco	UNAM	pancho@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
88	333		X	X		X		Cortés Cortés Abel	UCOL	cortes@cgic.ucol.mx
89	427						X	Cosío Castro Héctor Guillermo		kraftwer@yahoo.com
90	315			X	X			Cruz Atienza Víctor Manuel	FJBS	victor@ollin.igeofcu.unam.mx
91	39	X	X	X	X	X	X	Cruz Castillo Manuel	IMP	mcruzc@imp.mx
92	371				X			Cruz Orozco Rodolfo	UABCS	rroca@balandra.uabcs.mx
93	163		X					Cuenca Julio César	UNAM	julio@gea.iingen.unam.mx
94	304		X					Cupul Magaña Amílcar Levi	UDG	amilcarc@pv.udg.mx
95	285	X	X					Charre Meza Adolfo Salomé	IMP	acharre@yahoo.com
96	41				X			Chávez Cabello Gabriel	UANL	gachavez@ccr.dsi.uanl.mx
97	409						X	Chávez González Mario	UNAM	chavez@servidor.unam.mx
98	43		X	X	X	X	X	Chávez Pérez Sergio		
99	158			X	X	X		Choumiline Evguine	IPN	eshumili@vmredipn.ipn.mx
100	245	X	X	X				Dañobeitia Juan José	CSIC	jjdanobeitia@ija.csic.es
101	172	X				X		Davydova Belifskaya Valentina	UDG	vdavidov@udgserv.cencar.udg.mx
102	44	X	X	X	X	X		De Cserna Gömbös Zoltan	UNAM	
103	45		X	X				De la Cruz Reyna Servando	UNAM	sdelacr@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
104	46				X			De León Gómez Héctor	UANL	hdeleon@ccr.dsi.uanl.mx
105	418					X		De Mets Charles Dennis	University of Wisconsin	chuck@geology.wisc.edu
106	357			X	X			Del Río Jesús Antonio	UNAM	antonio@servidor.unam.mx
107	49	X	X	X	X	X	X	Delgado Argote Luis Alberto	CICESE	ldelgado@pangea.cicese.mx
108	47	X		X				Delgado Contreras Juan Antonio	CICESE	jdelgado@cicese.mx
109	170		X	X	X		X	Delgado Granados Hugo	UNAM	hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
110	305		X	X	X			Díaz Navarro Ricardo	IMP	rdiazn@imp.mx
111	440						X	Díaz Viera Martín Alberto	UNAM	mdiaz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
112	205	X	X	X	X			Diego Orozco Arturo	IMP	adiego@imp.mx
113	50			X		X		Domínguez Reyes Tonatiuh	UCOL	tonatiuh@ucol.mx
114	48					X		Durazo Arvizu Reginaldo	UABC	rdurazo@faro.ens.uabc.mx
115	171	X	X	X	X	X	X	Dworak Robinson Juan A.	SEP	jdworak@cicese.mx
116	252	X						Elías Herrera Mariano	UNAM	elias@servidor.unam.mx
117	257				X	X		Escalona Alcázar Felipe de Jesús	IEMAZ	fescalona@hotmail.com
118	173			X				Escobar Sánchez Alejandra	UANL	
119	51	X	X	X	X			Esparza Hernández Francisco J.	CICESE	fesparz@geofisica.cicese.mx
120	52	X	X	X	X	X	X	Espíndola Castro Juan Manuel	UNAM	jme@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
121	53	X	X	X	X			Espinoza Cardeña Juan Manuel	CICESE	jespinos@geofisica.cicese.mx
122	55	X			X			Fabriel Beauville Hubert	BRGM	h.fabriel@brgm.fr
123	174	X	X	X	X	X	X	Farreras Sanz Salvador	CICESE	sfarrera@cicese.mx
124	54	X	X		X	X		Ferrari Luca Pedraglio	UNAM	luca@unicit.unam.mx
125	85	X	X	X	X	X		Filonov Anatoly E.	UDG	afilonov@udgserv.cencar.udg.mx
126	59	X	X					Fletcher John Mackrain	CICESE	jfletche@pangea.cicese.mx
127	299	X						Flores Cruz Fernando		
128	362				X			Flores Estrella Hortencia	UNAM	flori@data.net.mx
129	175	X	X	X	X	X		Flores Luna Carlos Francisco	CICESE	cflores@geofisica.cicese.mx
130	375					X	X	Flores Maciel Roberto	UDG	romaciel@ucuba.udg.mx
131	130		X			X	X	Flores Saldaña Ricardo	IIE	rsf@p.iie.org.mx
132	58	X	X	X	X	X	X	Frez Cárdenas José	CICESE	jofrez@cicese.mx
133	300	X	X	X	X	X		Fuentes Vargaz Carlos	UNAM	carlos@ollin.igeofcu.unam.mx
134	64	X	X	X	X	X		Galicia Pérez Marco Antonio	UCOL	galicia@volcan.ucol.mx
135	255	X	X					Gallegos Cruz Apolonio	IPN	
136	350				X	X		Garatuza Payan Jaime	ITSON	garatuza@yaqui.itson.mx
137	62	X	X	X	X	X	X	García Abdeslem Juan	CICESE	ggarcia@geofisica.cicese.mx
138	63	X	X	X	X	X	X	García Arthur Rosalía Eugenia	CICESE	arthur@cicese.mx
139	183				X			García Córdoba Joaquín Alberto	CICESE	joaquin@cicese.mx
140	377					X	X	García Cueto Rafael	UABC	rcueto@iing.mxl.uabc.mx
141	378					X		García Daniel	UANL	
142	181	X	X	X	X	X	X	García García Fernando	UNAM	ffgg@atmosfera.unam.mx
143	233			X		X	X	García Gutiérrez Alfonso	IIE	aggarcia@iie.org.mx
144	5					X	X	García López Ramón Victorino	UAS	rgarcia@uas.uasnet.mx
145	423					X		García Puga José Luis	UDG	puga@pv.udg.mx
146	184				X	X	X	García y Barragán Juan Carlos	UNAM	jcarlos@servidor.unam.mx
147	178		X	X	X	X		Garduño López René	UNAM	rene@atmosfera.unam.mx
148	61	X	X		X			Garduño Monroy Víctor Hugo	UMICH	vgmonroy@zeus.umich.mx
149	182	X	X		X			Garef Ziehl Federico	CICESE	fgaref@cicese.mx
150	280			X				Garza Rocha Daniel	UANL	dagarza@ccr.dsi.uanl.mx
151	334		X	X	X			Gavilanes Ruiz Juan Carlos	UCOL	gavilan@cgic.ucol.mx
152	72	X	X	X	X	X		Gaviño Rodríguez Juan Heberto	UCOL	gavino@volcan.ucol.mx
153	180		X	X	X	X	X	Gay García Carlos	UNAM	cgay@servidor.unam.mx
154	74	X	X	X	X	X	X	Glowacka Ewa	CICESE	glowacka@cicese.mx
155	176				X		X	Gómez González Juan Martín	UNAM	gomez@conin.unicit.unam.mx
156	369				X	X		Gómez López David Roberto	UV	dgomez@xal.megared.net.mx
157	73	X	X	X	X	X	X	Gómez Treviño Enrique	CICESE	egomez@geofisica.cicese.mx
158	67	X	X	X	X	X	X	Gómez Valdés José	CICESE	jgomez@cicese.mx
159	292	X	X	X	X	X	X	González Fernández Antonio	CICESE	mindundi@pangea.cicese.mx
160	68	X	X					González García José Javier	CICESE	javier@cicese.mx
161	354				X	X	X	González Ibarra Alfonso	IMP	agibarra@imp.mx
162	69					X		González León Carlos M.	UNAM	cmgleon@servidor.unam.mx
163	71		X					González Morales Carlos Alberto	CICESE	cgonzalez@cicese.mx
164	60		X		X			González Morán Tomás	UNAM	tglez@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
165	400					X		González Navarro Juan Ignacio	CICESE	ignaci@cicese.mx
166	70					X		González Pomposo Guillermo	BUAP	gugonzal@siu.buap.mx
167	366				X			González Yajimovich Oscar	UABC	
168	307		X					Gorsline Donn S.	U. of Southern California	gorsline@earth.usc.edu
169	189	X	X					Grajales Nishimura Manuel	IMP	grajales@geologia.unam.mx
170	250	X	X			X	X	Green Ruiz María de Jesús	Old Dominion University	mxgreen@odu.edu

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002 Continuación

No.	Miembro	Dirección	Ciudad	Estado	C.P.	País
86	38	Km. 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero, Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	21100	México
87	248	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
88	333	Av. 25 de Julio #965, Col. Villas San Sebastián	Colima	Col.	28045	México
89	427	Tuparan, U. Misioneros, A. Bahía Las Palmas, Edif. #621, Depto. #301	La Paz	B.C.S.		México
90	315	5 de Mayo #117, Col. Tepepan	México	D.F.	16020	México
91	39	Av. Volcán Fernandina #92, Col. El Mirador	México	D.F.	14449	México
92	371	Carret. Al Sur, Km. 5.5	La Paz	B.C.S.	23080	México
93	163	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
94	304	Av. Universidad de Guadalajara #203, Delegación Ixtapa	Puerto Vallarta	Jal.	48280	México
95	285	Av. Universidad #12, Col. Petrolera	Ciudad del Carmen	Camp.	24180	México
96	41	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto, Col. Hda. De Guadalupe	Linares	N.L.	67700	México
97	409	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
98	43	Shetland #348, Col. Cosmopolita	México	D.F.	02670	México
99	158	Apdo. Postal No. 592	La Paz	B.C.S.	23000	México
100	245	Lluís Solé i Sabaris s/n	Barcelona	Barcelona	08028	España
101	172	Av. Vallarta #2602, Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	44100	México
102	44	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
103	45	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
104	46	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto, Col. Hda. De Guadalupe	Linares	N.L.	67700	México
105	418	1215 W. Dayton St.	Madison	WI.	53706	USA
106	357	Apdo. Postal No. 34	Temixco	Mor.	62580	México
107	49	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
108	47	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
109	170	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
110	305	Hda. Ajuluapan #107, Hda. Echegaray	Naucalpan	EdoMéx.	53310	México
111	440	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
112	205	Eje Central Lázaro Cárdenas #152, Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	07730	México
113	50	Av. Universidad #333	Colima	Col.		México
114	48	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
115	171	Km. 4, Carret. A Varadero Nacional, Sector Playitas	Guaymas	Son.	85425	México
116	252	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
117	257	Bldv. López Portillo #30, Interior "C", Zona Centro	Guadalupe	Zac.	98600	México
118	173	Bldv. Fundadores, Manzana 1, C-4, Col. Fundadores	Saltillo	Coah.	25015	México
119	51	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
120	52	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
121	53	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
122	55	117, Avenue de Luminy, B.P. 167		Marseille cedex 9	13276	France
123	174	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
124	54	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
125	85	Río Autlan #2180-34, Sector Atlas	Guadalajara	Jal.	44421	México
126	59	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
127	299	Antonia Nava s/n, Esc. Pri. Makarenko, Col. Carmen Serdán	México	D.F.	04910	México
128	362	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
129	175	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
130	375	Juárez #975, Sector Juárez	Guadalajara	Jal.		México
131	130	Av. Reforma #113, Col. Palmira	Temixco	Mor.	62490	México
132	58	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
133	300	Plaza del Carmen #69, Col. Plazas del Sol, 2ª Sección	Querétaro	Qro.	76090	México
134	64	Apdo. Postal No. 275, Zona Centro	Manzanillo	Col.	28200	México
135	255	Te #950, Col. Iztacalco	México	D.F.	08400	México
136	350	5 de Febrero #818 Sur, Zona Centro	Ciudad Obregón	Son.		México
137	62	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
138	63	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
139	183	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
140	377	Bldv. Benito Juárez s/n, Col. Insurgentes Este	Mexicali	B.C.	21280	México
141	378	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto, Col. Hda. De Guadalupe	Linares	N.L.	67700	México
142	181	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
143	233	Av. Reforma #113, Col. Palmira	Temixco	Mor.	62490	México
144	5	Galileo #1175, Villa Universidad	Culiacán	Sin.	80010	México
145	423	Apdo. Postal No. 96-B	Puerto Vallarta	Jal.	48280	México
146	184	Luis Donaldo Colosio y Madrid s/n, Campus UNISON	Hermosillo	Son.	83000	México
147	178	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
148	61	Av. Rey Tariacuri #374-D, Col. Villabella	Morelia	Mich.	58090	México
149	182	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
150	280	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto, Col. Hda. De Guadalupe	Linares	N.L.	67700	México
151	334	Av. 25 de Julio #965, Col. Villas San Sebastián	Colima	Col.	28045	México
152	72	Apdo. Postal No. 275, Zona Centro	Manzanillo	Col.	28200	México
153	180	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
154	74	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
155	176	Apdo. Postal No. 1-742, Zona Centro	Querétaro	Qro.	76001	México
156	369	Méndez Alcalde #3, Col. Salud	Xalapa	Ver.	91070	México
157	73	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
158	67	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
159	292	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
160	68	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
161	354	Magdalena #410, Depto. 303, Col. Del Valle	México	D.F.	03100	México
162	69	Apdo. Postal No. 1039, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
163	71	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
164	60	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
165	400	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
166	70	Bldv. Valsequillo y Circuito CU, Cd. Universitaria	Puebla	Pue.		México
167	366	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
168	307	3620 S. Vermont Ave. KAP-246	Los Angeles	CA.	90089-2538	USA
169	189	Tokio #921-202B, Col. Portales	México	D.F.	03300	México
170	250	4600, Elkhorn Ave.	Norfolk	VA.	23529	USA

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Nombre	Institución	Correo Electrónico
171	415					X		Grijalva Noriega Francisco J.	USON	grijalva@marina.geologia.uson.mx
172	436						X	Grimalsky Volodymyr	INAOE	vggrim@inaoep.mx
173	66	X	X					Guerrero García José C.	UNAM	josec@servidor.unam.mx
174	65			X				Guerrero Guadarrama José Luis	CFE	geoexplo@mich1.telnet.net.mx
175	407						X	Guevara O. Enrique	CENAPRED	ego@cenapred.unam.mx
176	177					X		Gutiérrez de Velasco Guillermo	CICESE	ggutierrez@cicese.mx
177	179				X			Guzmán Speziale Marco	UNAM	marco@ollin.igeofcu.unam.mx
178	76	X						Helenes Escamilla Javier	CICESE	jhelenes@pangea.cicese.mx
179	75		X	X	X	X		Herguera García Juan Carlos	CICESE	herguera@cicese.mx
180	251	X	X	X	X	X	X	Hernández Bernal María del Sol	UNAM	msol@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
181	259	X						Hernández Guerrero Joel	PEMEX	zyanya@hotmail.com
182	247	X						Hernández Treviño Teodoro	UNAM	tht@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
183	343					X		Herrera Aztegui Luis Eduardo	UNAM	electron@altavista.com
184	306		X					Herrera Charles Roberto	IPN	charles@citedi.mx
185	186					X		Herrera Revilla Ismael	UNAM	iherrera@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
186	188		X	X	X			Hinojosa Corona Alejandro	CICESE	alhinc@pangea.cicese.mx
187	187			X	X	X		Huerta López Carlos Isidro	CICESE	huerta@cicese.mx
188	289	X						Hughes Simon	UNAM	shuhes@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
189	77	X	X	X	X	X		Huidobro González Adolfo	UNAM	lermo@inti.iingen.unam.mx
190	78		X					Huizar Álvarez Rafael	UNAM	huizar@servidor.unam.mx
191	432						X	Hurtado Artunduaga Ángel D.	UNAM	adhurtado@yahoo.com
192	331		X	X	X	X	X	Hutton Wallis	UNAM	wallis@geology.wisc.edu
193	316			X				Iglesias Mendoza Arturo	FJBS	amg@tornado.com.mx
194	332		X					Israde Alcántara Isabel	UMICH	aisrade@zeus.umich.mx
195	80		X	X				Jacques Ayala César	UNAM	jacques@servidor.unam.mx
196	79		X					Jáuregui Ostos Ernesto	UNAM	ejos@ccaunam.atmoscu.unam.mx
197	82	X						Jiménez Illescas Ángel R.	IPN	ajimenez@ipn9021.ipn.mx
198	81	X						Jiménez Jiménez Zenón	UNAM	zenon@igeofcu.unam.mx
199	442						X	Jiménez Romano Gerardo	CENAPRED	termica@cenapred.unam.mx
200	340			X				Jiménez Sergio	UABC	
201	349				X	X		Jödicke Hartmut	University Munster	jodike@earth.uni.munster.de
202	411					X		Juárez Aguilar Luis	IMP	juarez@imp.mx
203	190		X	X				Juárez Sánchez Faustino	UNAM	tino@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
204	90			X				Keller Torres Jaime	UNAM	keller@servidor.unam.mx
205	387					X		Kepile Jhon Duncan	UNAM	duncan@servidor.unam.mx
206	138			X		X		Koshevaya Svetlana S.	INAOE	svetlana@tonali.inaoep.mx
207	83	X	X	X	X	X		Kostoglodov Vladimir	UNAM	vladimir@ollin.igeofcu.unam.mx
208	438						X	Kotsarenko Anatoliy	UNAM	kotsarenko@geociencias.unam.mx
209	84	X						Kouzoub Nikolai	UANL	nkouzoub@ccr.dsi.uanl.mx
210	283	X		X	X	X		Kuraica Ogie	KINEMATICS	sales@kmi.com
211	40			X				Lara Lara José Rubén	CICESE	rlara@cicese.mx
212	261	X					X	Lares Reyes María Lucila	CICESE	llares@cicese.mx
213	87	X	X	X		X		Lavín Peregrina Miguel F.	CICESE	mlavin@cicese.mx
214	192	X	X					Lázaro Mancilla Octavio	CICESE	olazaro@geofisica.cicese.mx
215	439						X	Leal Lupercio Juan Carlos	IMADES	jleal@cidosen.mx
216	216	X	X	X	X	X		Ledesma Vázquez Jorge	UABC	ledesma@bahia.ens.uabc.mx
217	193	X		X	X		X	Lermo Samaniego Javier Fco.	UNAM	lermo@inti.iingen.unam.mx
218	385					X	X	Lesser Luis E.	Arizona State University	lesser@asu.edu
219	262	X	X	X				Lira Herrera Héctor	CFE	
220	376					X	X	Lizarraga Celaya Carlos	USON	carlos@fisica.uson.mx
221	155		X					Lobato Sánchez René	IMTA	rlobato@tlaloc.imta.mx
222	414						X	López Dorcel Rubén	UASLP	rlopez@uaslp.mx
223	301			X				López Loera Héctor	UNAM	lopezdes@col1.telnet.net.mx
224	89	X			X			López Mariscal Juan Manuel	CICESE	malopez@cicese.mx
225	308			X				López Martínez Juana	CIBNOR	jlopez@cibnor.mx
226	88	X	X	X	X	X		López Martínez Margarita	CICESE	marlopez@pangea.cicese.mx
227	380					X	X	López Pineda Leobardo	CESUES	odranoel@yahoo.com
228	191	X						Lozada Zumaeta Manuel	IMP	mlozada@imp.mx
229	338		X	X				Lluch Cota Daniel Bernardo	CIBNOR	dblluch@cibnor.mx
230	339		X					Lluch Cota Salvador Emilio	CIBNOR	siluch@cibnor.mx
231	91					X		Macías Vázquez José Luis	UNAM	macias@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
232	269	X	X			X		Machain Castillo María Luisa	UNAM	machain@ola.icml.unam.mx
233	282	X						Magaña Rueda Víctor Orlando	UNAM	victormr@servidor.unam.mx
234	236			X	X	X		Makarov Vyacheslav G.	IPN	smakarov@redipn.ipn.mx
235	428						X	Malagón Montalvo Arturo	UDG	malagon_arturo@hotmail.com
236	429					X	X	Maldonado Sánchez Guadalupe	UNAM	magmaldonado@hotmail.com
237	368				X		X	Malishewsky Peter G.	Universita et Jena	mali@geo.uni.jena.de
238	102	X					X	Marinone Moschetto Silvio G.L.	CICESE	marinone@cicese.mx
239	93	X	X	X	X	X	X	Márquez Azúa Bertha	UDG	bmarquez@udgserv.cencar.udg.mx
240	381					X		Márquez García Antonio Zoilo	UAM	azmg@xanum.uam.mx
241	297	X	X					Márquez González Álvaro	UCM	alvaromg@eucmax.sim.ucm.es
242	164			X				Marshall Kyle Jeffrey	Franklin Marshall College	k_marshall@fandm.edu
243	293	X	X	X	X	X		Martín Atienza Beatriz	CICESE	batienza@geofisica.cicese.mx
244	2	X	X	X	X		X	Martín Barajas Arturo	CICESE	amartin@pangea.cicese.mx
245	348				X			Martínez Díaz de León Asdrúbal	UABC	asdrubal@faro.ens.uabc.mx
246	194	X	X	X	X	X	X	Martínez García Mario	CIBNOR	mmartinez@cibnor.mx
247	9					X		Martínez Gutiérrez Genaro	UABCS	martingg@uabcs.mx
248	373					X		Martínez Hernández Enrique	UNAM	emar@servidor.unam.mx
249	408						X	Martínez Noriega César	UABCS	martinez@uabcs.mx
250	422						X	Martínez Retana Silvia	USON	
251	404						X	Martínez Reyes Juventino	UNAM	
252	92	X						Martínez Serrano Raymundo G.	UNAM	rms@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
253	273	X				X		Martínez Zatarain Alejandro	UDG	amartinez@udgserv.cencar.udg.mx
254	96					X		Martiny Kramer Bárbara	UNAM	martiny@servidor.unam.mx
255	367				X			Mascareño Gastelum Ramón A.	UAS	alejandro_trami@hotmail.com

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002 Continuación

No.	Miembro	Dirección	Ciudad	Estado	C.P.	País
171	415	Alejandro García #522, Col. Jardines	Hermosillo	Son.	83113	México
172	436	Santa María Tonantzintla, Luis Enrique Erro No. 1	Puebla	Puebla	72000	México
173	66	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
174	65	Alejandro Volta #655, Col. Electricistas	Morelia	Mich.	58290	México
175	407	Av. Delfín Madrigal #655, Col. Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	04360	México
176	177	Miraflores #334, entre Mulegé y La Paz, Fracc. Bellavista	La Paz	B.C.S.	23050	México
177	179	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
178	76	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
179	75	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
180	251	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
181	259	Av. Sitio Grande #2000, Edif. 3, Piso 1, Fracc. Carrizal	Villahermosa	Tab.	86035	México
182	247	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
183	343	Cerro Chinaco #121, Col. Campestre Churubusco	México	D.F.	04200	México
184	306	Av. Del Parque #1310, Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	25510	México
185	186	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
186	188	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
187	187	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
188	289	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
189	77	Av. México #120, Col. Del Carmen	México	D.F.	04100	México
190	78	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
191	432	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
192	331	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
193	316	Siracusa #130, Edif. 5-B-22, Col. Lomas Estrella	México	D.F.	09890	México
194	332	Edificio "U", Cd. Universitaria	Morelia	Mich.	58070	México
195	80	De la Rivera #21	Hermosillo	Son.	83288	México
196	79	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
197	82	Colegio Militar #192, Col. Esterito	La Paz	B.C.S.	23020	México
198	81	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
199	442	1ª Cda. De Acanto Mz. 73 Lt. 21 Col. Ampliación Miguel Hidalgo	México	D.F.	14250	México
200	340	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
201	349	Corrensstr 24 D-48149	Munster		48149	Germany
202	411	Edificio 17, Depto. 12, Fracc. Las Brisas, Talcolutla	Ciudad del Carmen	Camp.	24178	México
203	190	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
204	90	Fuente de la Juventud #64, Fracc. Tecamachalco	Naucalpan	EdoMéx	53950	México
205	387	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
206	138	Apdo. Postal No. 51	Puebla	Pue.	72000	México
207	83	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
208	438	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
209	84	Pedro Noriega #569 Sur	Linares	N.L.	67700	México
210	283	222 Vista Avenue	Pasadena	CA.	91107	USA
211	40	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
212	261	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
213	87	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
214	192	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
215	439	Reyes y Aguas Calientes S/N	Hermosillo	Sonora	83190	México
216	216	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
217	193	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
218	385	Arizona State University, PO Box 875306	Tempe	Arizona	85287-5306	USA
219	262	Km. 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero, Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	21100	México
220	376	José M. Salvatierra #33, Col. Los Arcos	Hermosillo	Son.	83250	México
221	155	Paseo Cuauhnahuac #8532, Col. Progreso	Jiutepec	Mor.	62550	México
222	414	Av. Dr. Manuel Nava #5, Zona Universitaria	San Luis Potosí	S.L.P.	78240	México
223	301	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
224	89	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
225	308	Retorno Mondorica #2056, Col. Infonavit	La Paz	B.C.S.	23070	México
226	88	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
227	380	Ley Federal del Trabajo s/n y Perimetral, Col. Apolo	Hermosillo	Son.	83100	México
228	191	Eje Central Lázaro Cárdenas #152, Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	07730	México
229	338	Apdo. Postal No. 128	La Paz	B.C.S.	23000	México
230	339	Km. 0.5, Carret. Al Conchalito	La Paz	B.C.S.	23000	México
231	91	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
232	269	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
233	282	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
234	236	Av. IPN s/n, Playa Palo de Santa Rita	La Paz	B.C.S.	23096	México
235	428	La Paz #63, Casa #51, Atemajac del Valle	Zapopan	Jal.		México
236	429	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
237	368	Burgweg 11	Jena		07749	Germany
238	102	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
239	93	Av. De los Maestros y Mariano Bárcena	Guadalajara	Jal.	44260	México
240	381	Av. Purísima y Michoacán, Col. Vicentina	México	D.F.	09340	México
241	297	Av. Complutense s/n	Madrid	Madrid	28040	España
242	164	625 W. Chestnut St.	Lancaster	PA.	17604	USA
243	293	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
244	2	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
245	348	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
246	194	Km. 1, Carret. San Juan de la Costa, Col. El Comitán	La Paz	B.C.S.	23000	México
247	9	Carret. Al Sur, Km. 5.5	La Paz	B.C.S.	23080	México
248	373	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
249	408	Km. 5.5, Carret. Al Sur, Zona Universitaria	La Paz	B.C.S.	23080	México
250	422	Blvd. Transversal y Rosales s/n, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
251	404	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
252	92	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
253	273	Av. Vallarta #2602, Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	44100	México
254	96	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
255	367	Las Lichis #1839, Fracc. La Campiña	Culiacán	Sin.	80060	México

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Nombre	Institución	Correo Electrónico
256	287	X	X	X	X	X		Matthes Miguel	APASCO	
257	313			X				Mazariegos Alfaro Rubén Alberto	U. Texas Pan American	rubenm@panam.edu
258	200	X						Mejía Trejo Adán	UABC	amejia@bahia.ens.uabc.mx
259	97	X	X	X	X			Méndez Delgado Sóstenes	UANL	somendez@ccr.dsi.uanl.mx
260	198			X		X		Mendieta Jiménez Francisco J.	CICESE	jmendiet@cicese.mx
261	11					X		Mengelle López Jorge Jaime	IPN	se_vinculacion@hotmail.com
262	274		X					Meulenert Peña Ángel R.	UDG	ameulene@udgserv.cencar.udg.mx
263	57	X						Michaud Francois	U. Pierre ET M. Curie	micho@ccrv.obs-vlfr.fr
264	94						X	Mikumo Takeshi	UNAM	
265	323			X				Milán Valdés Marcos	IPN	milan@mexico.com
266	202						X	Miranda Miranda Ubaldo	IIE	umiranda@iie.org.mx
267	98					X		Mitre Salazar Luis Miguel	UNAM	lmitre@servidor.unam.mx
268	388					X	X	Molina Garza Roberto	UNAM	rmolina@unicit.unam.mx
269	99	X	X		X		X	Montesinos Silva Genaro	UGTO	genaros@dulcinea.ugto.mx
270	419						X	Montijo González Alejandra	USON	amontijo@geologia.uson.mx
271	196		X	X		X	X	Monzón César Octavio	UDG	monzon@cucei.udg.mx
272	195						X	Moraila V. Carlos Ramón	UAS	cmoraila@uas.uasnet.mx
273	203			X				Morales Blake Alejandro	UCOL	mblake@volcan.ucol.mx
274	197	X	X			X		Moran Zenteno Dante Jaime	UNAM	dante@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
275	101	X	X	X	X	X		Morandi Soana María Teresa	Universidad de Los Andes	maria@ciens.ula.ve
276	270	X	X		X	X		Mortera Gutiérrez Carlos A.	UNAM	carlosm@ollin.igeofcu.unam.mx
277	406						X	Mouloud Bennami	UNAM	
278	265	X						Moya Juan Carlos	University of Colorado	moya@creep.colorado.edu
279	95	X	X	X				Munguía Orozco Luis	CICESE	lmunguia@cicese.mx
280	302			X	X	X		Muñoz Diosdado Alejandro	IPN	amunoz@acel.upibi.ipn.mx
281	328					X		Murillo Nava Janette	IPN	
282	199	X	X		X	X		Murrieta Hernández José Luis	UV	jose@l.dino.coacade.uv.mx
283	374					X		Nájera Garza Jesús		jng1207@hotmail.com
284	103		X		X		X	Natividad Baizabal Miguel Ángel	UV	navidad@dino.coacade.uv.mx
285	410						X	Nava de la Riva Julio César	Gob. Edo. Zacatecas	
286	104	X	X	X	X	X	X	Nava Pichardo Alejandro F.	CICESE	fnava@cicese.mx
287	290	X	X		X			Nava Sánchez Enrique H.	IPN	enava@redipn.ipn.mx
288	266			X				Nevárez Martínez Manuel Otilio	INP	nevarez@altavista.net
289	416					X		Nieto Obregón Jorge	UNAM	nieto@servidor.unam.mx
290	105	X	X		X	X	X	Nieto Samaniego Ángel Fco.	UNAM	afns@unicit.unam.mx
291	312		X	X		X		Norzagaray Campos Mariano	IPN	nmunoz@debtel.com.mx
292	106	X	X	X	X	X	X	Núñez Cornú Francisco Javier	UDG	fcornu@vallarta.cuc.udg.mx
293	370				X	X		Núñez Peralta Marco Antonio	UAM	manp@xanum.uam.mx
294	108					X	X	Obeso Nieblas Maclovio	IPN	mniebla@redipn.ipn.mx
295	107	X	X	X	X	X	X	Ocampo Torres Francisco Javier	CICESE	ocampo@cicese.mx
296	204	X		X	X	X		Ochoa De la Torre José Luis	CICESE	jchoa@cicese.mx
297	206	X	X			X		Oda Noda Bertha	UNAM	
298	356				X	X		Oesterreich Masuch Dirk	UANL	dmasuch@ccr.dsi.uanl.mx
299	327		X	X				Olenishko Lutkova Klaudia	UNAM	olechko@servidor.unam.mx
300	420						X	Olivos Ortiz Aramis	UCOL	
301	353					X		Oropeza Villalobos Beatriz	UNAM	
302	249	X	X	X	X		X	Orozco Esquivel María Teresa	UNAM	torozco@unicit.unam.mx
303	286	X	X	X				Orta Francisco	APASCO	
304	417						X	Ortega Guerrero Beatriz	UNAM	
305	281			X				Ortega Guerrero Marcos Adrián	UNAM	maog@servidor.unam.mx
306	210			X		X		Ortega Rivera María Amabel	UNAM	amabel@servidor.unam.mx
307	326		X	X		X		Ortiz Alemán Carlos	FJBS	carloso@servidor.unam.mx
308	126						X	Oskin Michael	CALTECH	
309	359				X	X		Ostroumov Mikhail	UMICH	ostroum@zeus.umich.mx
310	111	X	X	X	X	X	X	Pacheco Alvarado Fco. Javier	UNAM	javier@ollin.igeofcu.unam.mx
311	242	X						Padilla Arredondo Gustavo	CIBNOR	gpadilla@cibnor.mx
312	237	X		X		X		Pal Verma Jaiswal Mahendra	IIE	mahendra@iie.org.mx
313	109		X					Palma Guzmán Sergio Hugo	CFE	
314	110		X					Palma Pérez Oswaldo	CFE	
315	398						X	Paniagua Quiroga Jesús Darío	UV	
316	115	X	X	X	X			Pavía López Edgar Gerardo	CICESE	epavia@cicese.mx
317	118		X					Payero De Jesús Juan S.	U. Autónoma Sto. Domingo	jpayero@tricom.net
318	116	X	X	X	X			Paz Moreno Francisco Abraham	USON	paz@marina.geologia.uson.mx
319	42	X			X			Pedrin Aviles Sergio	CIBNOR	spedrin@cibnor.mx
320	159			X	X	X		Peláez Salvador Roberto	PEMEX	pelaez_fi_unam@yahoo.com
321	320		X					Peraza Vizcarra Ramón	UAS	
322	114	X			X	X		Pereyra Díaz Domitilo	UV	dpereyra@speedy.coacade.uv.mx
323	207		X	X	X	X	X	Pérez de Tejada Héctor	UNAM	hector@ifunam.ifisicaen.unam.mx
324	209		X		X	X		Pérez Enriquez Román	UNAM	roman@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
325	425						X	Pérez Flores Marco Antonio	CICESE	mperez@geofisica.cicese.mx
326	254			X				Pérez García Ismael	UNAM	ismael@servidor.unam.mx
327	112		X	X				Pérez Rocha Luis Eduardo	FJBS	
328	352				X	X		Pérez Sesma José Antonio A.	UV	pereyra@dino.coacade.uv.mx
329	113	X	X	X	X	X		Pérez Venzor José Antonio	UABCS	japerez@calafia.uabcs.mx
330	421						X	Pervago Evgueni	IMP	
331	146	X	X		X			Peterson Villalobos Héctor	LIBRA	libra@telnor.net
332	117				X			Pola Simuta Cosme	UANL	cpola@ccr.dsi.uanl.mx
333	402						X	Posada Sánchez A.E.	BUAP	
334	291	X						Prieto Mendoza Jesús José	UABCS	jprieto@calafia.uabcs.mx
335	397					X	X	Quintero Núñez Margarito	UABC	
336	358	X	X		X			Ramírez Aguilar Isabel	CICESE	iramirez@cicese.mx
337	294	X	X	X	X			Ramírez Hernández Jorge	UABC	jramirez@iing.mxl.uabc.mx
338	277		X	X	X			Ramírez Herrera María Teresa	California State University	ramirez@csulb.edu
339	220	X	X	X	X	X		Ramírez Ruiz Juan José	UCOL	ramirez@cgic.ucol.mx
340	121	X	X	X	X			Ramírez Trejo Ana Rosa		

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002 Continuación

No.	Miembro	Dirección	Ciudad	Estado	C.P.	País
256	287	Campos Eliseos #345, Piso 16, Col. Polanco	México	D.F.	11550	México
257	313	810 Pacific Ave.	Edinburg	TX.	78539	USA
258	200	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
259	97	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto, Col. Hda. De Guadalupe	Linares	N.L.	67700	México
260	198	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
261	11	Av. Ticomán #600, Col. San José Ticomán	México	D.F.	07340	México
262	274	Av. Las Praderas #320, Prados Vallarta	Zapopan	Jal.	45020	México
263	57	La Darse B-P #48	Villefranche sur Mer	Paris	06230	France
264	94	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
265	323	Acueducto #63, Col. Acueducto de Guadalupe	México	D.F.	01120	México
266	202	Av. Reforma #113, Col. Palmira	Temixco	Mor.	62490	México
267	98	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
268	388	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
269	99	Apdo. Postal No. 311, Zona Centro	Irapuato	Gto.	36500	México
270	419	Blvd. Transversal y Rosales s/n, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
271	196	Blvd. M. García Barragán y Corregidora	Guadalajara	Jal.	44421	México
272	195	Mutualismo #1277, Fracc. Los Pinos	Colliacán	Sin.	80120	México
273	203	Villa Florencia #54, Fracc. Soleares	Manzanillo	Col.	28869	México
274	197	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
275	101	La Hechicera	Mérida	Mérida	05101	Venezuela
276	270	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
277	406	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
278	265	1300, 30th, A1-24	Boulder	CO.	80303	USA
279	95	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
280	302	Valle del Po #16, Valle de Aragón	Ecatepec	EdoMex.	55280	México
281	328	Av. IPN s/n, Playa Palo de Santa Rita	La Paz	B.C.S.	23096	México
282	199	Zona Universitaria s/n, Cd. Universitaria	Xalapa	Ver.	91090	México
283	374	Ventura Salazar #334-2, Zona Centro	Zacatecas	Zac.	98000	México
284	103	Apdo. Postal No. 178, Zona Centro	Xalapa	Ver.	91000	México
285	410	Rebote de Barbosa #605, Zona Centro	Zacatecas	Zac.	98000	México
286	104	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
287	290	Apdo. Postal No. 592	La Paz	B.C.S.	23000	México
288	266	Blvd. Las Plazas #75, Fracc. Las Plazas	Guaymas	Son.	85430	México
289	416	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
290	105	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
291	312	Av. Ticomán #600, Col. San José Ticomán	México	D.F.	07340	México
292	106	Apdo. Postal No. 96-B	Puerto Vallarta	Jal.	48280	México
293	370	Apdo. Postal No. 55-534	México	D.F.	09340	México
294	108	Av. IPN s/n, Playa Palo de Santa Rita	La Paz	B.C.S.	23096	México
295	107	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
296	204	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
297	206	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
298	356	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto, Col. Hda. De Guadalupe	Linares	N.L.	67700	México
299	327	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
300	420	Av. 25 de Julio #965, Col. Villas San Sebastián	Colima	Col.	28045	México
301	353	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
302	249	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
303	286	Campos Eliseos #345, Piso 16, Col. Polanco	México	D.F.	11550	México
304	417	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
305	281	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
306	210	Apdo. Postal No. 1-742, Zona Centro	Querétaro	Qro.	76001	México
307	326	Carret. Al Ajusco #203, Col. Héroes de Padierna	México	D.F.	14200	México
308	126	11507 N. Poema Place 201	Chatsworth	CA	91311	USA
309	359	Edificio "U", Cd. Universitaria	Morelia	Mich.	58070	México
310	111	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
311	242	Km. 2.35, Camino al Tular, Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	85465	México
312	237	Av. Reforma #113, Col. Palmira	Temixco	Mor.	62490	México
313	109	Lic. Ángel Compers #65, Col. Dr. Miguel Silva	Morelia	Mich.	58120	México
314	110	El Greco #5181, Col. Real Vallarta	Zapopan	Jal.	45020	México
315	398	Loma del Estadio s/n, Cd. Universitaria	Xalapa	Ver.	91090	México
316	115	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
317	118	Ciudad Universitaria	Santo Domingo	Santo Domingo		Rep. Dominicana
318	116	Apdo. Postal No. 847, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
319	42	Km. 2.35, Camino al Tular, Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	85465	México
320	159	Mz. No. 72, Lote 1, Fracc. José M. Morelos, 5a. Sección	Ecatepec	EdoMex.	55070	México
321	320		Mazatlán	Sin.		México
322	114	Zona Universitaria s/n, Cd. Universitaria	Xalapa	Ver.	91090	México
323	207	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
324	209	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
325	425	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
326	254	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
327	112	Santa María #214, Col. Malinalco	Azcapotzalco	EdoMex.		México
328	352	Zona Universitaria s/n, Cd. Universitaria	Xalapa	Ver.	91090	México
329	113	Km. 5.5, Carret. Al Sur, Zona Universitaria	La Paz	B.C.S.	23000	México
330	421	Eje Central Lázaro Cárdenas #152, Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	07730	México
331	146	Priv. Ixtlacihuatl #100, Col. La Sierra	Tijuana	B.C.	22170	México
332	117	16 de Septiembre #606 Poniente	Linares	N.L.	67770	México
333	402	Blvd. Valsequillo y Circuito CU, Cd. Universitaria	Puebla	Pue.		México
334	291	Retorno Mango #1855, Col. Infonavit	La Paz	B.C.S.	23070	México
335	397	Av. Gran Lago de los Osos #964, Jardines del Lago, 1ª Sección	Mexicali	B.C.	21330	México
336	358	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
337	294	P.O. Box 3439	Calexico	CA.	92232	USA
338	277	1250 Bellflower Boulevard	Long Beach	CA.	90840	USA
339	220	Av. 25 de Julio #965, Col. Villas San Sebastián	Colima	Col.	28045	México
340	121	Apdo. Postal No. 343	Ajijic	Jal.	45920	México

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Nombre	Institución	Correo Electrónico
341	122	X						Ramírez Vázquez Carlos Ariel	UCOL	carlosr@cgic.ucol.mx
342	434						X	Ramos H. Silvia	U. Ciencias y Artes de Chiapas	silviaramos@terra.com.mx
343	120			X				Ramos Jiménez Esteban	CENAPRED	erj@cenapred.unam.mx
344	309		X					Ramos Leal José Alfredo	IPN	
345	7					X		Ramos Martínez Jaime	IMP	jrmartin@imp.mx
346	119	X	X	X	X	X	X	Randall Roberts John	UGTO	randall@redes.imt.com.mx
347	123	X		X	X	X		Rebollar Bustamante Cecilio J.	CICESE	rebollar@cicese.mx
348	124	X	X	X	X	X	X	Reyes Dávila Gabriel Ángel	UCOL	gabrielr@cgic.ucol.mx
349	344				X			Reyes Rodríguez de la Gala J.	CICESE	jreyes@cicese.mx
350	346				X			Reyes Trujque Javier	UACAMP	
351	260		X					Reyes Zamora César Alfonso	CICESE	reyesz@cicese.mx
352	219					X		Rivera Rodríguez Jesús	UNAM	jrivera@servidor.unam.mx
353	329		X					Rocha Fernández José Luis	UV	abraxas@speedy.coacade.uv.mx
354	217				X	X	X	Rodríguez Castañeda José Luis	UNAM	jlrod@servidor.unam.mx
355	215	X						Rodríguez Castillo Ramiro	UNAM	rrdz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
356	256		X	X			X	Rodríguez González Miguel	UNAM	mrod@gea.iingen.unam.mx
357	127		X	X				Rodríguez Ramírez Joel	CICESE	joelr@geofisica.cicese.mx
358	433						X	Rodríguez Torres Rafael	UNISON	
359	314		X					Rodríguez Zúñiga José Luis	FJBS	sanz@mpsnet.com.mx
360	441						X	Roldán Quintana Jaime	UNAM	jaimer@servidor.unam.mx
361	218						X	Roldán Quintana Jaime	UNAM	jaimer@geologia.unam.mx
362	413						X	Romero de la Cruz Oscar Mario	UNAM	hromero@pangea.cicese.mx
363	221	X	X			X		Romero Espejel Héctor	CICESE	hromero@eucmos.sim.ucm.es
364	246	X						Romero Pascual Mercedes	UCM	romero@geofisica.cicese.mx
365	125	X	X	X	X	X	X	Romo Jones José Manuel	CICESE	jromo@geofisica.cicese.mx
366	213	X		X			X	Ronquillo Jarrillo Gerardo	IMP	gerardo@orion.expl.imp.mx
367	268	X						Rosales Álvarez Julio	CFE	
368	267	X						Rosales Grano Pedro	SEP	
369	253	X		X	X	X	X	Rosas Helguera José	UDG	jrosas@quantum.ucting.udg.mx
370	322			X	X			Royo Ochoa Miguel	UACH	
371	278	X						Rubio Culebras Eduardo	CSIC	erubio@ija.csic.es
372	401						X	Rueda Gaxiola Jaime	IPN	
373	140	X	X	X	X	X	X	Sabina Ciscar Federico	UNAM	fjs@uxmym1.iimas.unam.mx
374	383					X		Sakai Ricardo K.	State University of New York	sakai@asrc.cestm.albany.edu
375	212	X						Saldivar Medina Eric	UMICH	saldivar@zeus.umich.mx
376	264			X				Salinas Prieto José Antonio	IMTA	jsalinas@taloc.imta.mx
377	392					X		Sánchez Carrillo Salvador	ITSON	sscarill@itson.mx
378	325		X				X	Sánchez Gómez Rubén	UDG	rsanchez@ccip.udg.mx
379	128	X	X					Sánchez Monclú Alfredo	IMP	alfredo_sanchez@hotmail.com
380	223				X			Sánchez Pérez Juan	CFE	jsanchez@cfe.gob.mx
381	129		X		X		X	Sánchez Zamora Osvaldo	UNAM	osvaldo@ollin.igeofcu.unam.mx
382	139	X						Santamaría Saldaña Dora Elva	CFE	sismo00@cfe.gob.mx
383	227	X		X		X		Sarmiento López Citlali	IMP	csarmien@imp.mx
384	201			X				Sawada Munehisa	CENAPRED	sawada@cenapred.unam.mx
385	131	X	X	X	X			Schaaf Peter	UNAM	pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
386	389					X		Schiller Friedrich	Universita et Jena	mall@geo.uni-jena.de
387	382					X		Sekerzh Zerkovich Sergey	UDG	seker@ccip.udg.mx
388	337		X					Shultz David M.	NSSL	schultz@nssl.noaa.gov
389	134		X	X	X	X	X	Silva García José Teodoro	IPN	tsilva@redipn.ipn.mx
390	1	X	X	X	X	X		Singh Shri Krishna	UNAM	krishna@ollin.igeofcu.unam.mx
391	133		X	X				Skiba Yuri Nickolaevich	UNAM	skiba@servidor.unam.mx
392	224		X			X		Soler Arechalde Ana María	UNAM	anesoler@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
393	424						X	Solis Pichardo Gabriela	UNAM	
394	135				X			Sosa Uscanga Ignacio	UV	
395	363				X			Sotelo Parra Anselmo	Gob. Edo. Morelos	
396	431						X	Spelz Madero Ronald	CICESE	rspelz67@msn.com
397	365				X			Staines Urias Francisca	UABC	
398	136	X	X	X	X	X		Steinich Birgit	UNAM	birgit@unicit.unam.mx
399	226	X	X	X	X	X	X	Stock Joanne M.	CALTECH	jstock@gps.caltech.edu
400	276	X			X			Suárez Arriaga Mario César	UNAM	msuarez@zeuz.ccu.umich.mx
401	132		X	X	X	X	X	Suárez Plascencia Carlos	UDG	csuarez@udgserv.cencar.udg.mx
402	225	X						Suárez Reynoso Gerardo	UNAM	gerardo@ollin.igeofcu.unam.mx
403	137	X			X	X	X	Suárez Vidal Francisco	CICESE	fsuarez@pangea.cicese.mx
404	222	X						Suter Cargnelutti Max	UNAM	sutermx@aol.com
405	430						X	Szyrakuruk Ewa	UNAM	ews@uamex.mx
406	231			X				Talavera Mendoza Oscar	UAEG	
407	319		X					Tapia Armenta Juan	IPN	jttapia@citedi.mx
408	145	X		X	X			Taran Yuri	UNAM	taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
409	141				X	X	X	Tejeda Martínez Adalberto	UV	atejeda@uv.mx
410	330			X				Téllez Duarte Miguel Ángel	UABC	
411	142	X	X	X	X	X		Tereshchenko Irina E.	UDG	itereshc@ccip.udg.mx
412	230	X	X	X	X		X	Tolson Jones Gustavo	UNAM	tolson@servidor.unam.mx
413	144				X	X	X	Torres Hernández José Ramón	UASLP	
414	263	X	X	X				Torres Orozco Ernesto	UCOL	etorres@cgic.ucol.mx
415	228	X	X			X		Trasviña Castro Armando	CICESE	trasvi@cicese.mx
416	386				X	X		Ulacco Humberto	U. Autónoma de San Luis	
417	271	X	X			X	X	Urrutia Fucugauchi Jaime	UNAM	juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
418	355				X			Vai Rossana	IMP	
419	241			X		X		Valdés González Carlos	UNAM	carlos@ollin.igeofcu.unam.mx
420	393					X		Valencia Moreno Martín Andrés	UNAM	
421	86	X	X	X	X	X	X	Valenzuela Wong Raúl	UNAM	raul@ollin.igeofcu.unam.mx
422	229			X				Valle Levinson Arnoldo	Old Dominion University	arnoldo@ccpo.odu.edu
423	147	X	X	X	X	X		Vázquez González Rogelio	CICESE	rvazquez@geofisica.cicese.mx
424	311		X	X				Vázquez Jaimes María Elena	ENVIRON Inter. Co.	evazquez@environcorp.com
425	335		X					Vega Granillo Ricardo	USON	rickvega@geologia.uson.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002 Continuación

No.	Miembro	Dirección	Ciudad	Estado	C.P.	País
341	122	Av. 25 de Julio #965, Col. Villas San Sebastián	Colima	Col.	28045	México
342	434	Río de Cantela #221 Fracc. Paraíso II	Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	29019	México
343	120	Av. Delfín Madrigal #665, Col. Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	04360	México
344	309	Av. Hornos #1003, Col. Ampliación Indeco	Xoxocotlan	Oax.	71230	México
345	7	Eje Central Lázaro Cárdenas #152, Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	07730	México
346	119	Mineral de la Valenciana #2, Col. Marfil	Guanajuato	Gto.	36250	México
347	123	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
348	124	Av. 25 de Julio #965, Col. Villas San Sebastián	Colima	Col.	28045	México
349	344	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
350	346	Agustín Melgar s/n	Campeche	Camp.		México
351	260	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
352	219	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
353	329	Altamirano #99, Zona Centro	Xalapa	Ver.	91000	México
354	217	Misión de la Caborica #14, Col. Bachoco	Hermosillo	Son.	83148	México
355	215	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
356	256	Río Bamba #674, Col. Lindavista	México	D.F.	70472	México
357	127	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
358	433	Ingenieros No. 22 Fracc. Status	Hermosillo	Sonora	83210	México
359	314	Carret. Al Ajusco #203, Col. Héroes de Padierna	México	D.F.	14200	México
360	441	Luis Donald Colosio #128-1 Col. Centro	Hermosillo	Son.	01800	México
361	218	Quinta Mayor #133, Col. Las Quintas	Hermosillo	Son.	83240	México
362	413	Apdo. Postal No. 1039, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
363	221	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
364	246	Av. Complutense s/n	Madrid	Madrid	28040	España
365	125	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
366	213	Eje Central Lázaro Cárdenas #152, Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	07730	México
367	268	Km. 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero, Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	21100	México
368	267	Km. 4, Carret. A Varadero Nacional, Sector Playitas	Guaymas	Son.	85480	México
369	253	Apdo. Postal No. 4-045, Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	44840	México
370	322	Priv. Altamirano #3511, Col. Santo Niño	Chihuahua	Chih.	31320	México
371	278	Luis Solé i Sabaris s/n	Barcelona	Barcelona	08028	España
372	401	Golondrina #53, Col. M. del Bosque	Atizapán	EdoMéx.	54500	México
373	140	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
374	383	251 Fuller Road	Albany	NY.	12203	USA
375	212	Ganadería La Laguna #38, Col. Jardines del Toreo	Morelia	Mich.		México
376	264	Paseo Cuauhnahuac #8532, Col. Progreso	Jiutepec	Mor.	62550	México
377	392	5 de Febrero #818 Sur, Zona Centro	Ciudad Obregón	Son.		México
378	325	Calzada del Obrero #1503, Colonia Federalismo	Guadalajara	Jal.	44350	México
379	128	Apdo. Postal No. 224, Oficina de Correo	Cd. Del Carmen	Camp.	24101	México
380	223	Oklahoma #85, Piso 4, Col. Nápoles	México	D.F.	03810	México
381	129	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
382	139	Zaragoza #17, Col. Tulyehualco	México	D.F.	16700	México
383	227	Calle 42 #28, Col. Tacubaya	Ciudad del Carmen	Camp.		México
384	201	Av. Delfín Madrigal #665, Col. Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	04360	México
385	131	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
386	389	D-07740	Jena			Germany
387	382	Blvd. M. García Barragán y Corregidora	Guadalajara	Jal.	44421	México
388	337	1313 Halley Circle	Norman	OK.	73069	USA
389	134	Justo Sierra #28	Jiquilpan	Mich.		México
390	1	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
391	133	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
392	224	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
393	424	Cerro dos conejos 108 Col. Romero de Terreros	México	D.F.	04310	México
394	135	Loma del Estadio s/n, Cd. Universitaria	Xalapa	Ver.	91000	México
395	363	8 Norte, Manzana 262, Lote 11, Col. Los Robles	Jiutepec	Mor.	62500	México
396	431	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
397	365	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
398	136	Campus Juriquilla, Dom. Conocido	Juriquilla	Qro.	76001	México
399	226	2824 Shakespeare Drive	San Marino	CA.	91108	USA
400	276	Patzimba #438, Col. Vistabella	Morelia	Mich.	58090	México
401	132	Kilimanjaro #1727, Sector Independencia	Guadalajara	Jal.	44240	México
402	225	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
403	137	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
404	222	Apdo. Postal No. 1039, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
405	430	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
406	231	Ex-Hacienda de San Juan Bautista, Taxco El Viejo	Taxco	Gro.	40200	México
407	319	Av. Del Parque #310, Col. Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	22510	México
408	145	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
409	141	Zona Universitaria s/n, Cd. Universitaria	Xalapa	Ver.	91090	México
410	330	Km. 106, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
411	142	Río Autlán #2180-34, Sector Atlas	Guadalajara	Jal.	44421	México
412	230	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
413	144	Av. Dr. Manuel Nava #5, Zona Universitaria	San Luis Potosí	S.L.P.	78240	México
414	263	Constitución #37, Col. Morelos	Manzanillo	Col.	28217	México
415	228	Miraflores #334, entre Mulegé y La Paz, Fracc. Bellavista	La Paz	B.C.S.	23050	México
416	386	Chacabuco #917-5700	San Luis	San Luis		Argentina
417	271	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
418	355	Eje Central Lázaro Cárdenas #152, Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	07730	México
419	241	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
420	393	Apdo. Postal No. 1039, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México
421	86	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
422	229	768 52nd St.	Norfolk	VA.	23529	USA
423	147	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
424	311	707 Wishire Boulevard, Suite 4950	Los Angeles	CA.	90017	USA
425	335	Blvd. Transversal y Rosales s/n, Zona Centro	Hermosillo	Son.	83000	México

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Nombre	Institución	Correo Electrónico
426	238	X						Velasco Clímato Néctor	IMP	nvelasco@imp.mx
427	239			X				Venegas Salgado Saúl	CFE	cfeinf@mail.giga.com
428	342				X			Vera Sánchez Jorge Ramón	PEMEX	
429	100	X			X	X		Victoria Morales Alfredo	UNAM	victoria@servidor.unam.mx
430	234	X	X	X	X	X	X	Vidal Villegas Antonio	CICESE	vidalv@cicese.mx
431	240	X	X					Villanueva Urrutia Elba Elsa	UNAM	eevu@atmosfera.unam.mx
432	279	X				X	X	Villegas García César José	SCINTREX	cvillega@intercable.net
433	148	X						Villicaña Cruz Francisco Javier	UNAM	
434	345			X	X		X	Watts Christopher	IMADES	
435	149	X	X	X	X	X	X	Wong Ortega Víctor Manuel	CICESE	vwong@cicese.mx
436	185	X	X	X	X	X		Yussim Guarneros Sergio	UNAM	yussim@servidor.unam.mx
437	151	X	X		X	X		Zárate Del Valle Pedro F.	UDG	pzarate@quantum.ucting.udg.mx
438	321		X					Zárate Vázquez María	UNAM	mariaz@servidor.unam.mx
439	56		X					Zavala Jorge	UNAM	igs@servidor.unam.mx
440	295						X	Zavala Sansón Luis	CICESE	lzavala@cicese.mx
441	150	X	X	X	X		X	Zobin Vyacheslav M.	UCOL	vzobin@cgic.ucol.mx
442	211						X	Zúñiga Dávila-Madrid F. Ramón	UNAM	ramon@conin.unicit.unam.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2002 Continuación

No.	Miembro	Dirección	Ciudad	Estado	C.P.	País
426	238	Calle 42 #28, Col. Tacubaya	Ciudad del Carmen	Camp.		México
427	239	Alejandro Volta #655, Col. Electricistas	Morelia	Mich.	58290	México
428	342	Isidoro Olvera #26, Col. Presidente Ejidal	México	D.F.	00440	México
429	100	Luis Martínez del Campo #39, Col. Romero de Terreros	México	D.F.	04310	México
430	234	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
431	240	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
432	279	Sierra Nevada #207, Col. Villas del Valle	Garza García	N.L.	66288	México
433	148	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
434	345	Reyes y Aguascalientes s/n, Col. San Benito	Hermosillo	Son.	83190	México
435	149	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
436	185	Atotonilco #88, Col. San Felipe de Jesús	México	D.F.	07510	México
437	151	Isla Sombrero #2917, Col. Jardines de la Cruz	Guadalajara	Jal.	44950	México
438	321	Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Col. Coyoacán	México	D.F.	04510	México
439	56	Parque del Conde #12, Col. San José Insurgentes	México	D.F.	03900	México
440	295	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada	Ensenada	B.C.	22860	México
441	150	Av. 25 de Julio #965, Col. Villas San Sebastián	Colima	Col.	28045	México
442	211	Tanganitos #1	Guanajuato	Gto.	36000	México



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(646)175-0500 Ext. 23001
Fax: 01(646)174-4880
<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**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

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>**

M.C. José Sampedro García
Instituto de Ingeniería, UABC
sampedro@iing.mx1.uabc.mx

Dra. Rosa María Barragán Reyes
Depto. de Geotermia, IIE
rmb@iie.org.mx

Dr. Mahendra Pal Verma
Depto. de Geotermia, IIE
mahendra@iie.org.mx

Dr. Alfonso García Gutiérrez
Depto. de Geotermia, IIE
aggarcia@iie.org.mx

Ing. Fidel Cedillo Rodríguez
Gerencia Proy. Geotermoelectricos, CFE
mmjh0529@cfe.gob.mx

M.C. Alfonso Aragón Aguilar
Depto. de Geotermia, IIE
aaragon@iie.org.mx



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.

<http://www.ugm.org.mx/agm>



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA



EL DEPARTAMENTO DE FÍSICA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS DE LA U. DE G., OFRECE CURSOS DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, CON ESPECIALIDAD EN:

FÍSICA DEL OCEANO Y DE LA ATMÓSFERA

La maestría y el doctorado están dirigidos a egresados de las Licenciaturas en: Oceanografía, Meteorología, Física, Matemáticas o carreras afines al posgrado a juicio del comité consultivo. El programa de maestría está integrado al padrón de posgrados de excelencia del CONACYT, por lo que existe oportunidad de obtener beca por parte de éste, o del PROMEP.

**Informes al Tel/Fax: (3)619 82 92 y 619 80 54. Dra. Irina Tereshchenko
CUCEI, Módulo V**

**E-mail: itereshc@ccip.udg.mx
Página WEB: <http://fisica.cucei.udg.mx>**



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.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

POLÍTICA EDITORIAL

GEOS es el boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana, se publica cuatrimestralmente y en él caben artículos de investigación y de divulgación, notas de investigación, reportes técnicos, 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 artículos 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 sometidos a **GEOS** deberán ser enviados por correo electrónico en atados compatibles con los procesadores de textos **WORD**. Todas las contribuciones deberán ser sometidas en Español y dirigidas al Editor de **GEOS** (ldelgado@cicese.mx).

Si el tema del manuscrito es relevante, el Editor Principal lo enviará a un miembro del Comité Editorial del boletín quien, si el trabajo es sometido como artículo de investigación, seleccionará dos o tres especialistas para revisar el manuscrito, o bien, un especialista, en caso de que el trabajo sea sometido como artículo de divulgación o como reporte técnico. Los revisores remitirán sus comentarios al Editor Principal junto con su recomendación. El Editor Principal puede rechazar, aceptar, o solicitar modificaciones al artículo, para lo cual enviará a los autores los comentarios de los revisores. Los trabajos que no sean de investigación o divulgación sólo serán revisados por alguno de los editores de la revista.

Publicar en **GEOS** es gratis, y 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). Con excepción de las noticias, todas las contribuciones deberán incluir: título, resumen, introducción, una sección de métodos, una sección de resultados, una sección de discusión y conclusiones y una sección de referencias bibliográficas.

Cuando el autor reciba la noticia de aceptación, se le solicitará que envíe su manuscrito también por correo electrónico o bien, en disquette. Sugerimos que se utilicen los procesadores de textos **WORD**, aunque también se aceptarán en **ASCII**. Las ilustraciones que acompañen el manuscrito podrán ser enviadas, en cualquiera de los siguientes formatos: **TIF, EPS, PS, DXF, DWG, PDF, GIF, JPG 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, a razón de \$5.00 M.N. la página del artículo, multiplicado por el número de sobretiros solicitados.

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 deben aparecer 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 acudir al texto.

DISCUSIONES 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 el trabajo citado. Aquellos manuscritos que no estén en prensa no deberán incluirse en las referencias. Sólomente cuando el manuscrito sea de divulgación o reporte técnico, 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*, p. 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, E.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 pp.

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 que ameriten su publicación en GEOS ?	☐	☐	☐
2.- ¿Como lo clasificaría? (subrrayar) 1) Investigación, 2) Divulgación, 3) Noticia 4) Reporte Técnico			
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 el 2002 es de \$350.00 para investigadores
y \$250.00 para estudiantes.

página internet: www.ugm.org.mx

Favor de hacer llegar su cuota a:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra,
CICESE
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, B.C., México
Correo electrónico: ipedrin@cicese.mx

Araceli Chamán
Depto. de Posgrado, Instituto de Geofísica,
UNAM
Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán,
México, 04510, D.F., México
Correo electrónico: achaman@igeofcu.unam.mx

Con un cordial saludo

Luis A. Delgado Argote
Secretario de Difusión

Costo anual de anuncios en GEOS

Instituciones:	Comerciales y Gubernamentales	Académicas
Página completa	\$4,000.00	\$2,000.00
Media página	\$2,000.00	\$1,000.00

GEOS

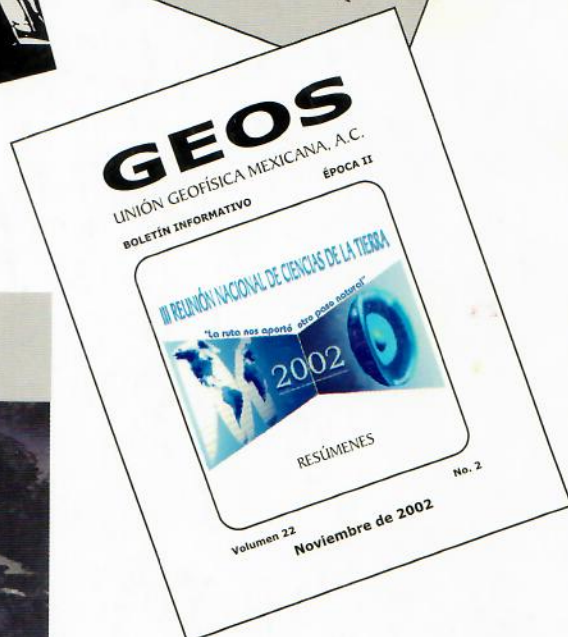
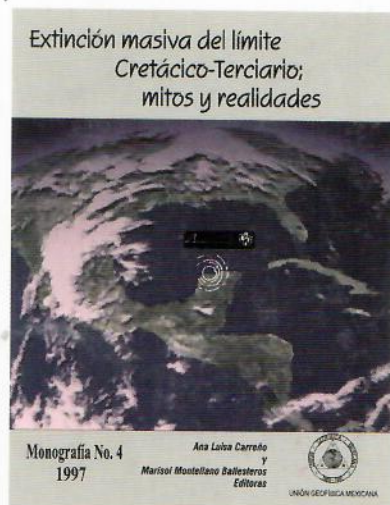
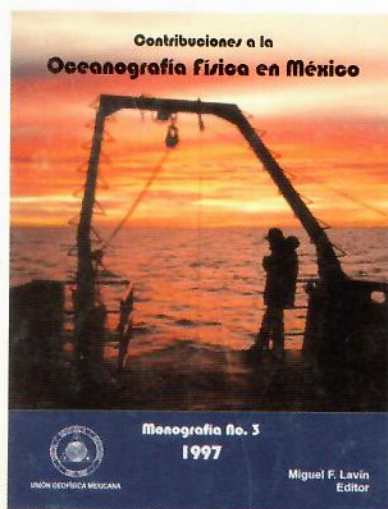
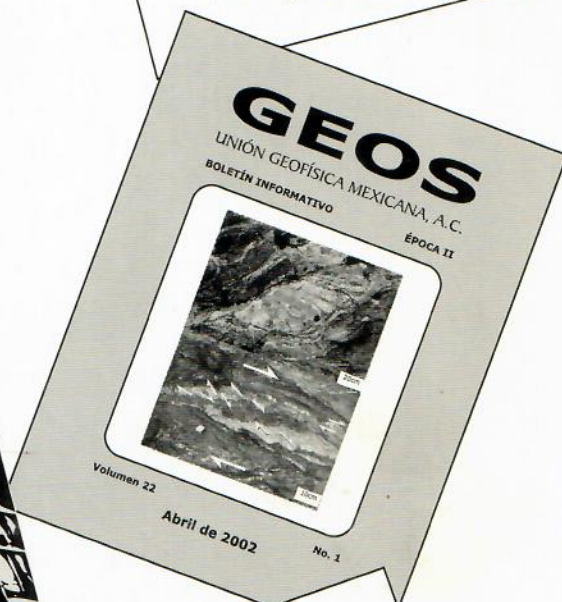
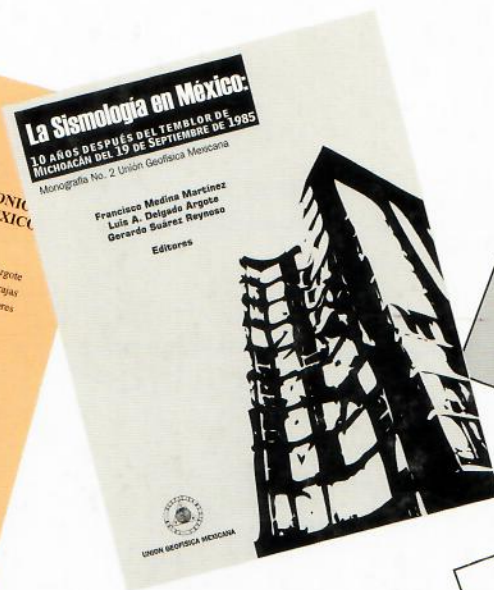
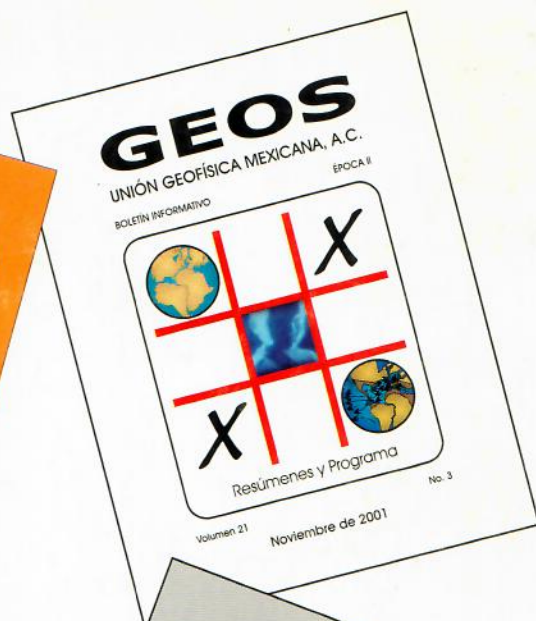
Revista a la venta con:

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(646)175-0500
Ext: 26004
Correo electrónico: ipedrin@cicese.mx

Costo del ejemplar \$60.00

Araceli Chamán
Depto. de Posgrado
Instituto de Geofísica
Tel: (01)5622-4130 y 5622-4137
Correo electrónico: achaman@igeofcu.unam.mx





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