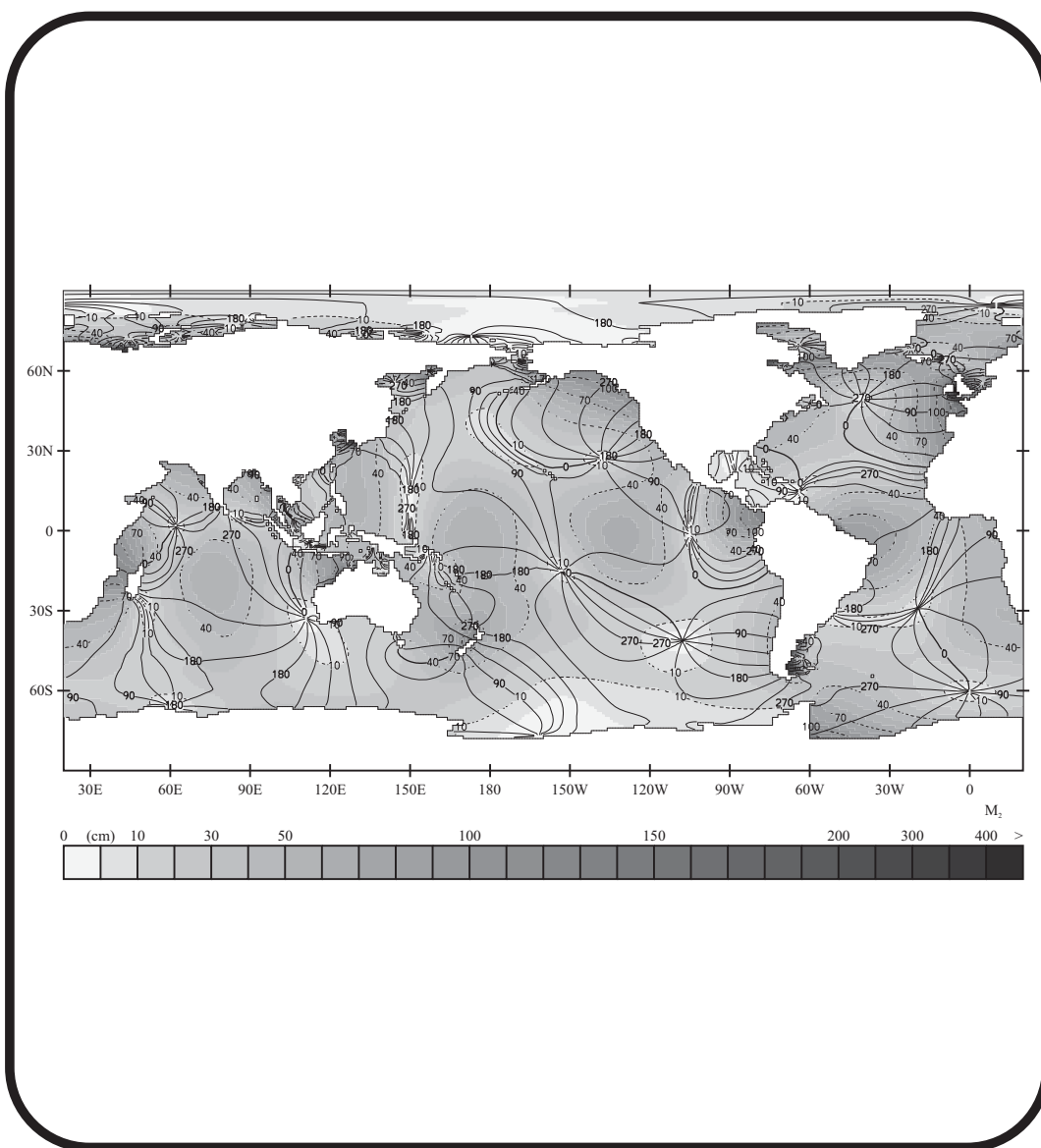


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 20

No. 4

Diciembre de 2000

GEOS

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

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

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

Dr. Fernando García García
Presidente

Dr. Juan García Abdeslem
Vicepresidente

Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi
Secretario General

Dr. Luca Ferrari Pedraglio
Tesorero

Dr. Enrique Gómez Treviño
Secretario de Investigación

Dr. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Gustavo Tolson Jones
Secretario de Educación

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

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

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

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

Toda correspondencia dirigirla a:

Luis A. Delgado Argote
Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, B.C., México
Tel. 01(6)174-5050, Ext. 26060
Fax: 01(6)175-0559
E-mail: ldelgado@cicese.mx

Luis A. Delgado Argote
E-mail: ldelgado@cicese.mx
y

Juan García Abdeslem
E-mail: jgarcia@cicese.mx
Editores

COMITE EDITORIAL

Harald Böhnell, Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Silvia Bravo, Estudios Espaciales, Instituto de Geofísica, UNAM
Noel Carbajal Pérez, Oceanografía Física, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Oscar Campos, Geofísica de Exploración, Instituto de Geofísica, UNAM
Gerardo Carrasco, Vulcanología, Instituto de Geología, UNAM
Ana Luisa Carreño, Paleontología, Instituto de Geología, UNAM
Carlos Flores, Métodos Eléctricos y Electromagnéticos, CICESE
José Luis 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

354

ÍNDICE

EDITORIAL	399
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
BALANCES DE ENERGÍA Y MOMENTO ANGULAR DE UN MODELO GLOBAL DE MAREAS CON ASIMILACIÓN DE DATOS	400
<i>Wilfried Zahel, Juan H. Gaviño R. y Ulrike Seiler</i>	
ESTUDIO MACROSÍSMICO DEL TEMBLOR DE COLIMA (Mw 5.3) DEL 6 DE MARZO DEL 2000	414
<i>Vyacheslav M. Zobin, Gabriel A. Reyes-Dávila, Luz María Pérez-Santa Ana, Carlos A. Ramírez-Vázquez y J. Francisco Ventura-Ramírez</i>	
ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN	
LOS DESLIZAMIENTOS DE LA CARRETERA DE CUOTA TIJUANA-ENSENADA, BAJA CALIFORNIA	418
<i>Manuel Cruz-Castillo y Luis A. Delgado-Argote</i>	
CONSIDERACIONES SOBRE LAS ANGIOSPERMAS (PLANTAS CON FLOR) FÓSILES EN MÉXICO	433
<i>José Luis Ramírez y Sergio R.S. Cevallos-Ferriz</i>	
REPORTE TÉCNICO	
ORGANIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS DE CTD	445
<i>M.A. Cosío y A. Trasviña</i>	
REPORTE	
SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO	457
<i>GRUPO RESNOM</i>	
NOTICIAS	
DECLARACIÓN DE OCTUBRE	460
NOTICIAS DE LA UGM	
DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 2001	463
COMUNICACIONES	
INSTRUCCIONES PARA AUTORES	479
FORMA DE ARBITRAJE	481



EDITORIAL

El principio de este milenio no es muy distinto al inicio de cada año. Este es el momento en que aparecen las demandas salariales por parte del personal de las instituciones educativas y académicas. Sin embargo, este año es diferente porque fueron muchas las expectativas en torno a las promesas de campaña. La asesora de ciencias durante la campaña del actual presidente, diez días después del 2 de julio, declaró que la parte económica del investigador está muy en mente del señor Fox (sic), y que los complementos del sueldo no impactan en prestaciones, ni en retiro, ni en antigüedad, ni en prima vacacional, ni en aguinaldo. Así las cosas, a pesar de que “los apóstoles del evangelio de la ciencia” están en la mente del ejecutivo, la terrenal economía nacional muestra un déficit comercial tan grande que plantea serios inconvenientes a los buenos propósitos de campaña. Las notas económicas de principio de año indican que este déficit ya superó la barrera psicológica de los mil millones de dólares, que el gasto se disparó en más de 30 mil millones de pesos, que el precio promedio del petróleo mexicano ya está por debajo del cálculo de 18 dólares por barril previsto en el presupuesto del 2001 y que las tasas de interés van en aumento. Es deseable que el Secretario de Hacienda, F. Gil Díaz compense el déficit en el presupuesto de este año, pero no se esperaba que tal compensación afectara los ingresos de un importante sector de trabajadores académicos. Ante la imposibilidad de aumentar los salarios, desde hace ya muchos años éstos son compensados con vales e incentivos a la productividad y, para algunos, con la posibilidad de concursar por los estímulos económicos del SNI. Para facilitar la urgente compensación del déficit presupuestal, la SHCP ha decidido que los incentivos se sumen al salario y que al total, se le aplique el ISPT, lo que nos indica que lo que “está en la mente” del Sr. Fox y del Sr. Gil Díaz es muy distinto. Tal y como otros impuestos implantados como temporales, es probable que nos acostumbremos a los nuevos descuentos; sin embargo, nada nos impide suponer que, ante la imposibilidad de compensar el gasto público a través de la aplicación de impuestos al salario+incentivos, ahora la SHCP deberá aplicarlos a salarios+incentivos+vales+SNI. Parece ser que la solución de este complejo problema requerirá más de quince minutos de investigación, por lo que, ahora que también está de moda la vinculación, deberíamos ocupar parte del tiempo que no nos sobra para ayudar a nuestro mecenas, o por lo menos, a la H. Cámara de Diputados.

BALANCES DE ENERGÍA Y MOMENTO ANGULAR DE UN MODELO GLOBAL DE MAREAS CON ASIMILACIÓN DE DATOS

Wilfried Zahel¹, Juan H. Gaviño R.² y Ulrike Seiler¹

¹ Institut fuer Meereskunde, Uni-Hamburg, Troplowitzstr. 7

D-22529 Hamburg, Deutschland, Germany

² CeUnIvO, Universidad de Colima

Apdo. Postal 275, Manzanillo, Colima, 28200, México

RESUMEN

Al asimilar datos en un modelo oceánico de mareas utilizando un procedimiento variacional específico se obtienen mejoras significativas en los campos calculados. Los cambios en los niveles y velocidades de corriente inducidos por los datos afectan considerablemente los balances de energía y momento angular. Por medio de cantidades observables como la superficie oceánica, la carga gravitatoria y los parámetros de rotación terrestre se pueden demostrar mejoras en los resultados del modelo. Para investigar la influencia de los datos en los resultados, se calcularon para el Océano Mundial los balances de energía y momento angular de las componentes de marea semidiurnas (M_2 , S_2 , N_2 , K_2) y diurnas (K_1 , O_1 , P_1 , Q_1) más importantes. Los cálculos se realizaron usando un procedimiento variacional específico de asimilación de datos en su forma más desarrollada. Se asimilaron datos del Topex Poseidon en 1425 posiciones uniformemente distribuidas sobre el océano para obtener los campos mareográficos de elevación y velocidad de la corriente. Se presentan cantidades integrales que caracterizan a estos campos y se efectuaron comparaciones con las elevaciones de datos que no fueron asimilados. Al tener que resolver un problema de minimización las ecuaciones mareográficas no se satisface exactamente lo que origina la presencia de residuos dinámicos. Se discuten los campos de residuos dinámicos respecto a su relación con los campos mareográficos. Se analizan los balances de energía y momento angular de las componentes de mareas calculadas en relación a modelos anteriores caracterizados por muy poca o ninguna influencia de datos. De una manera general se encuentran efectos sistemáticos de la influencia de los datos en estos balances, que aunados a los efectos sobre los parámetros calculados de la rotación terrestre, sugieren que propiedades características de los residuos dinámicos manifestados en los balances de energía y momento angular, reflejan correcciones o adiciones inducidas por los datos a la dinámica del modelo.

INTRODUCCIÓN

Con la disponibilidad de datos pelágicos confiables de precisión (Smithson, 1992) y especialmente con los datos altimétricos de satélite, el estudio de la marea global ha recibido un gran estímulo en la última década (Le Provost *et al.*, 1998). La topografía global de la superficie oceánica derivada de la altimetría del Topex/Poseidon obtenida por varios autores (Shum *et al.*, 1997) tiene significativamente mejor concordancia con campos reales de elevaciones pelágicas que han sido cuidadosa y escrupulosamente seleccionadas. Campos y cantidades de relevancia geofísica, que pueden derivarse de los campos mareográficos de elevación y corrientes, representan una forma más de documentar la confiabilidad de estos campos mejorados por la utilización de datos, como es el caso en particular del campo de carga gravitatoria (Llubes and Mazzega, 1997) y de las fluctuaciones periódicas de la rotación terrestre (Chao and Ray, 1997). Modelos que minimizan por cuadrados mínimos funcionales donde la dinámica de marea representa una restricción débil han sido desarrollados y aplicados por Egbert *et al.* (1994) y Zahel (1991, 1997); mientras en ambos casos los funcionales de minimización son semejantes, los procedimientos de minimización son esencialmente diferentes y se han utilizado

ampliamente en la generación de campos restringidos por datos del Topex/Poseidon.

Como se verá más adelante, el presente modelo produce resultados de gran confiabilidad, y ha sido mejorado en relación a los utilizados en Zahel (1991) y Zahel (1995), sobre todo al considerar más apropiadamente las covarianzas de los errores dinámicos, permitiendo así que se originen campos residuales que reflejan uniformemente y de mejor manera en el espacio, verdaderas deficiencias del modelo. Por supuesto estas deficiencias dependen del modelo específico, aunque esencialmente están determinadas por defectos que son comunes a los modelos barotrópicos globales de mareas que se usan actualmente, defectos que tienen que ver con la falta de consideración de todos los procesos físicos que influyen sobre la marea barotrópica. Por lo anterior, creemos que averiguar el papel que los residuos dinámicos juegan en los diferentes mecanismos del modelo mareográfico, no solo corresponde a una descripción completa de los resultados, sino además puede contribuir a entender el tipo de deficiencias del modelo que son compensadas por los datos asimilados. Los balances de momento, de energía y especialmente de momento angular (como se ve en detalle en Seiler, 1991) con un modelo libre ofrecen la posibilidad de obtener más información de cómo los datos afectan resultados y propiedades del modelo.

EL MODELO DE MAREAS

LAS ECUACIONES DINÁMICAS

Las siguientes ecuaciones forman la base del modelo de mareas, cuya aplicación se discutirá subsecuentemente. Estas ecuaciones se discretizaron de la misma manera como se hizo en Zahel (1980) y en las aplicaciones con asimilación de datos (Zahel, 1991, 1995 y 1997).

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{f} \times \mathbf{v} + r h^{-1} |\mathbf{v}| \mathbf{v} + \mathbf{F} + g \nabla \zeta - \\ \nabla \iint_S \zeta(t, \lambda', \phi') G(\lambda, \phi, \lambda', \phi') R_e^2 \cos \phi' d\lambda' d\phi' \\ = (1 + k_m - h_m) g \nabla \bar{\zeta}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \nabla \cdot (h \mathbf{v}) = 0, \quad (2)$$

donde ζ denota la elevación de la superficie marina respecto al fondo movable, $\mathbf{v} = (u, v)$ es el vector velocidad de la corriente promedio de la columna de agua con componentes oeste-este u y sur-norte v , h es la profundidad oceánica instantánea, g la gravedad en la superficie de una tierra esférica, r el coeficiente cuadrático de fricción con el suelo, $\mathbf{f} = 2\Omega \sin \phi \mathbf{z}$ el vector aceleración de Coriolis, k_m y h_m números de Love y $\bar{\zeta}$ el desplazamiento total de la superficie equipotencial de gravedad por el potencial generador de mareas de grado m . Si δ es la deformación real del suelo oceánico, la elevación geocéntrica ζ_0 de la superficie marina se escribe como $\zeta_0 = \zeta + \delta \cdot \mathbf{F}$ denota al vector que define los términos de segundo orden de viscosidad turbulenta (F_λ, F_ϕ) = $(-A_h \Delta u, -A_h \Delta v)$, (λ, ϕ) longitud y latitud terrestres, S es la superficie de un globo con radio R_e y G la función de Green para efectos de carga oceánica y atracción mutua

$$\begin{aligned} G(\lambda, \phi, \lambda', \phi') = \\ 1/4\pi \sum_n (1 + k'_n - h'_n) \alpha_n \sum_m P_n^m(\sin \phi) P_n^m(\sin \phi') \cdot \\ \cos(m(\lambda' - \lambda)), \end{aligned} \quad (3)$$

donde P_n^m son funciones asociadas de Legendre normadas, k'_n , h'_n números de Love de carga y $\alpha = (3/2n+1) \cdot (\rho_0 / \rho_e)$ la razón normada de densidad.

Cálculos con asimilación de datos de la componente M_2 de marea muestran que la inclusión del efecto completo de carga gravitatoria produce campos mareográficos y cantidades físicas derivables de ellos que difieren despreciablemente de los obtenidos parametrizando el efecto de carga gravitatoria como se propone en Accad y Pekeris (1978). Para reducir el esfuerzo computacional para el cálculo de las mareas con diferentes

parámetros de asimilación, se utilizó esta parametrización consistente en la multiplicación de los términos del gradiente de presión por el factor 0.915.

EL PROCEDIMIENTO DE ASIMILACIÓN DE DATOS

Al igual que en los primeros experimentos de asimilación de datos, se linealizaron las ecuaciones (1) y (2), se utilizó la ecuación (2) para eliminar las elevaciones ζ de la ecuación (1) y considerando una dependencia temporal armónica simple en las variables:

$$(u, v, \zeta, \bar{\zeta}) = (\hat{u}, \hat{v}, \hat{\zeta}, \hat{\bar{\zeta}}) \exp(-i\sigma t)$$

(σ es la frecuencia angular de la constituyente de marea en consideración) se obtiene, con $\tilde{r}$ denotando el coeficiente de fricción lineal con el fondo

$$\begin{aligned} -\sigma^2 \hat{\mathbf{v}} - i\sigma \mathbf{f} \times \hat{\mathbf{v}} - i\sigma \tilde{r} h^{-1} \hat{\mathbf{v}} - i\sigma \hat{\mathbf{F}} - \\ 0.915g \nabla (\nabla \cdot (h \hat{\mathbf{v}})) = -i\sigma (1 + k'_m - h'_m) g \nabla \hat{\zeta}, \end{aligned} \quad (4)$$

al usar condiciones clásicas de frontera se llega finalmente a la discretización de las ecuaciones en diferencias finitas, que toman la forma de un sistema lineal algebraico

$$\mathbf{A} \hat{\mathbf{x}} = \hat{\mathbf{b}}, \quad (5)$$

donde el vector incógnita $\hat{\mathbf{x}}$ se compone de las amplitudes complejas de las componentes horizontales de velocidad de la corriente $\hat{u}, \hat{v}$ que se localizan en los puntos de la malla de acuerdo a una celda de Richardson (Zahel, 1980). El vector $\hat{\mathbf{b}}$ está definido por el potencial astronómico de mareas y la matriz $\mathbf{A}$, que es una expresión de la dinámica considerada, es en general densa debido a los efectos (LSA) de atracción mutua y carga gravitatoria, pero es hueca si se utilizan las parametrizaciones ya mencionadas. Todos estos pasos que conducen a la ecuación (5) también se efectuaron en esta investigación, aún cuando ni la remoción de la dependencia temporal, ni las linealizaciones, ni la eliminación de las elevaciones son necesarias para constituir el modelo de mareas con asimilación de datos del tipo aquí descrito. En consecuencia, esto se puede entender como un caso especial de un modelo más general, el cual ya mostró ser apropiado para tratar también problemas no lineales de asimilación de datos en aguas someras.

Las ecuaciones de datos están dadas por

$$\mathbf{D} \hat{\mathbf{x}} = \hat{\mathbf{d}}. \quad (6)$$

Si se consideran observaciones de m posiciones, solamente m renglones de la matriz $\mathbf{D}$ y del vector $\hat{\mathbf{d}}$ contienen componentes distintas de 0. Cuando se asimilan elevaciones de marea, (2) define la ecuación de datos con ζ reemplazada por los valores observados, mientras que los datos de carga gravitatoria están relacionadas con los vectores de velocidad de la corriente $\hat{\mathbf{v}}$ por

$$i\sigma \hat{g}_L = \rho \iint_S \nabla \cdot (h\hat{\mathbf{v}}) \tilde{G} R_e^2 \cos \phi' d\lambda' d\phi', \quad (7)$$

donde $g_L = \hat{g}_L \exp(-i\sigma t)$ denota la carga gravitatoria y $\tilde{G}$ a la función de Green correspondiente (Scherneck, 1990). El funcional de minimización usado está definido por

$$J(\hat{\mathbf{x}}) = (\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} - \hat{\mathbf{b}})^H \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} - \hat{\mathbf{b}}) + (\mathbf{D}\hat{\mathbf{x}} - \hat{\mathbf{d}})^H \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{D}\hat{\mathbf{x}} - \hat{\mathbf{d}}), \quad (8)$$

siendo $\mathbf{C}$ y $\mathbf{S}$ las matrices de covarianza de errores en la dinámica y en los datos respectivamente. Si se supone que los errores en los datos no están correlacionados, $\mathbf{S}$ toma forma diagonal. Si $\mathbf{R}$ es la matriz triangular inferior que resulta de la descomposición de Cholesky $\mathbf{C} = \mathbf{R}\mathbf{R}^H$, se busca la solución de cuadrados mínimos del sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} &= \mathbf{R}^{-1} \hat{\mathbf{b}}, \\ \mathbf{S}^{-1/2} \mathbf{D}\hat{\mathbf{x}} &= \mathbf{S}^{-1/2} \hat{\mathbf{d}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Al aplicar el método de gradientes conjugados para obtener esta solución, sólo se requieren multiplicaciones matriciales y resolver un sistema lineal de ecuaciones con matrices triangulares superiores e inferiores. En lugar de efectuar la descomposición por Cholesky de $\mathbf{C}$ y resolver un sistema triangular de ecuaciones en cada iteración cgs, como se acaba de describir y se realizó en Zahel (1997), aquí se aplicó un procedimiento computacional equivalente, pero más ventajoso. Este procedimiento está definido por un funcional de cuadrados mínimos que considera los cuadrados de los residuos dinámicos, los de sus primeras, los de sus segundas y si se quiere los de las diferencias de mayor orden y los de los residuos en los datos. Todos estos constituyentes cuadráticos tienen la misma forma que el primer término a la derecha de la ecuación (8), pero con $\mathbf{C}^{-1}$ reemplazada para cada una de estas constituyentes por una matriz diagonal. La relación de este procedimiento con el de una introducción explícita de una matriz apropiada de covarianza de errores $\mathbf{C}$ en (8) se explica en el apéndice. La elección de los elementos diagonales que se tomaron constantes para cada matriz involucrada y que define la correspondiente matriz $\mathbf{C}$ de covarianza de errores, se discutirá en conexión con la presentación de los resultados numéricos.

Una vez obtenido el vector $\hat{\mathbf{x}}$ que minimiza (8) o su expresión equivalente, se dispone del campo discreto de velocidades de corriente. Sustituyendo este campo en la ecuación discreta (2) independiente del tiempo se obtienen los niveles de superficie. De este modo la conservación de masa también se garantiza en el caso de asimilación de datos.

CÁLCULO DE LAS PRINCIPALES COMPONENTES DE MAREAS DIURNAS Y SEMIDIURNAS

PARÁMETROS DE ASIMILACIÓN Y RESULTADOS COMPUTACIONALES

Los resultados del modelo que se describirán a continuación fueron obtenidos incluyendo diferencias residuales de primer y segundo orden en el funcional de cuadrados mínimos a los cuadrados de los residuos dinámicos y a los cuadrados de los residuos en los datos. La consideración de los residuos en los datos en el funcional de minimización modificado (8), es decir, la asimilación de datos en el modelo, hace que el funcional tenga un mínimo. De esta forma, valores diferentes de cero se atribuyen a los términos individuales del funcional de acuerdo a las matrices peso consideradas. Hasta qué punto por ejemplo, las ecuaciones dinámicas son satisfechas y los datos asimilados son tomados en cuenta en las cantidades calculadas correspondientes se puede ver de las magnitudes de los residuos dinámicos y de los residuos en los datos respectivamente. Al sustituir la solución $\hat{\mathbf{x}}$ del problema de minimización, el vector de residuos dinámicos $\hat{\mathbf{q}}$ y el vector de residuos en los datos $\hat{\mathbf{z}}$ se obtienen de

$$i\sigma \hat{\mathbf{q}} = \hat{\mathbf{b}} - \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}, \quad i\sigma \hat{\mathbf{z}} = \hat{\mathbf{d}} - \mathbf{D}\hat{\mathbf{x}}. \quad (10)$$

El vector $\hat{\mathbf{q}}$ representa la discretización del vector continuo $\mathbf{q}$ con componentes zonal q_λ y meridional q_ϕ .

La magnitud del vector residual se determina por los constantes elementos diagonales de las matrices de peso, las cuales a su vez son definidas por suposiciones a priori sobre el modelo y las varianzas de los datos. Así, las desviaciones estándar de los datos se supone alcanzan un 3% de las respectivas amplitudes rms de elevación y las desviaciones estándar de las ecuaciones de momento llegan a un 6% de la magnitud rms del término más grande de estas ecuaciones, que es el término del gradiente de presión. Las magnitudes rms de los vectores residuales ascienden, por ejemplo, para la M2 y k1 a $0.38 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$ y a $0.10 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$ respectivamente. Las magnitudes rms de los vectores de residuos en los datos llegan a 1.1cm y a 0.58cm (figura 1, columnas de la derecha) respectivamente.

Si los datos son menos erróneos de lo que se presupone se obtiene que las respectivas cantidades calculadas concuerdan mejor con los valores de los datos asimilados. En el caso de una mejor concordancia que la que puede justificar la exactitud de los datos, los residuos dinámicos se incrementan demasiado y los sistemas de oscilación mareográficos calculados se vuelven menos realistas. Cuando, por otra parte, los datos son menos exactos de lo que se presupone, otra vez la concordancia con los datos independientes empeora. Con pesos decrecientes en los datos los resultados computacionales tienden a los obtenidos sin la asimilación de datos.

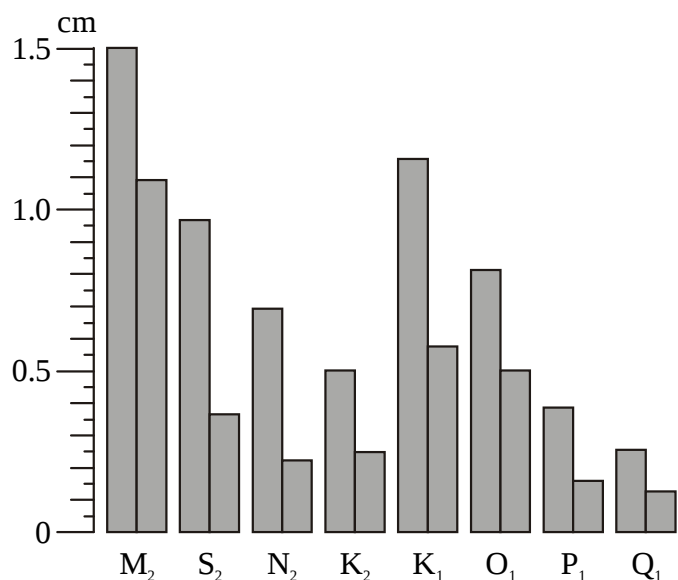


Figura 1. Valores rms de diferencias entre elevaciones calculadas y observadas. Columna derecha (izquierda) en los puntos asimilados (no asimilados) por el modelo.

Usar los parámetros de asimilación como se acaba de mencionar y como se atribuye a las diferencias en la dinámica (ver apéndice) conduce a una mejora considerable de los resultados computacionales debido a la asimilación en este modelo de los datos del Topex Poseidón. Esto se cuantificará en lo que sigue.

Considerar también diferencias de orden superior y variar los coeficientes de los términos de las diferencias residuales dentro de ciertos límites, muestra que respecto a los patrones principales, tanto los campos mareográficos calculados, como los campos residuales son insensibles a cambios en la matriz de covarianza básica.

OSCILACIONES DE MAREAS

Se generaron campos globales de elevación de corrientes y de cargas gravitatorias para la M₂, S₂, N₂, K₂, K₁, O₁, P₁ y Q₁ aplicando el modelo descrito anteriormente con una resolución de 1° y asimilando datos del Topex/Poseidon (Eanes and Bettadpur, 1995) en 1425 posiciones pelágicas uniformemente distribuidas. Los patrones de elevación (ver figuras 2 y 3) sólo difieren ligeramente de los publicados en Zahel (1995), los cuales se restringían a 85 elevaciones pelágicas y a 14 datos de carga gravitatoria y de aquellos publicados por otros autores aplicando modelos con asimilación (variacional) de datos del Topex/Poseidon (Egbert *et al.*, 1994; Le Provost *et al.*, 1998). Los patrones principales de los sistemas de oscilación mareográficos se obtienen aún aplicando el modelo actual sin uso de información observacional (ver también Seiler 1989). Al parecer pequeños cambios en estos patrones, por ejemplo el desplazamiento de sistemas anfídromicos y cambios de posiciones y magnitudes de antinódos debido a la asimilación de datos pueden llevar a mejoras considerables en la concordancia con los datos de gran confiabilidad no asimilados.

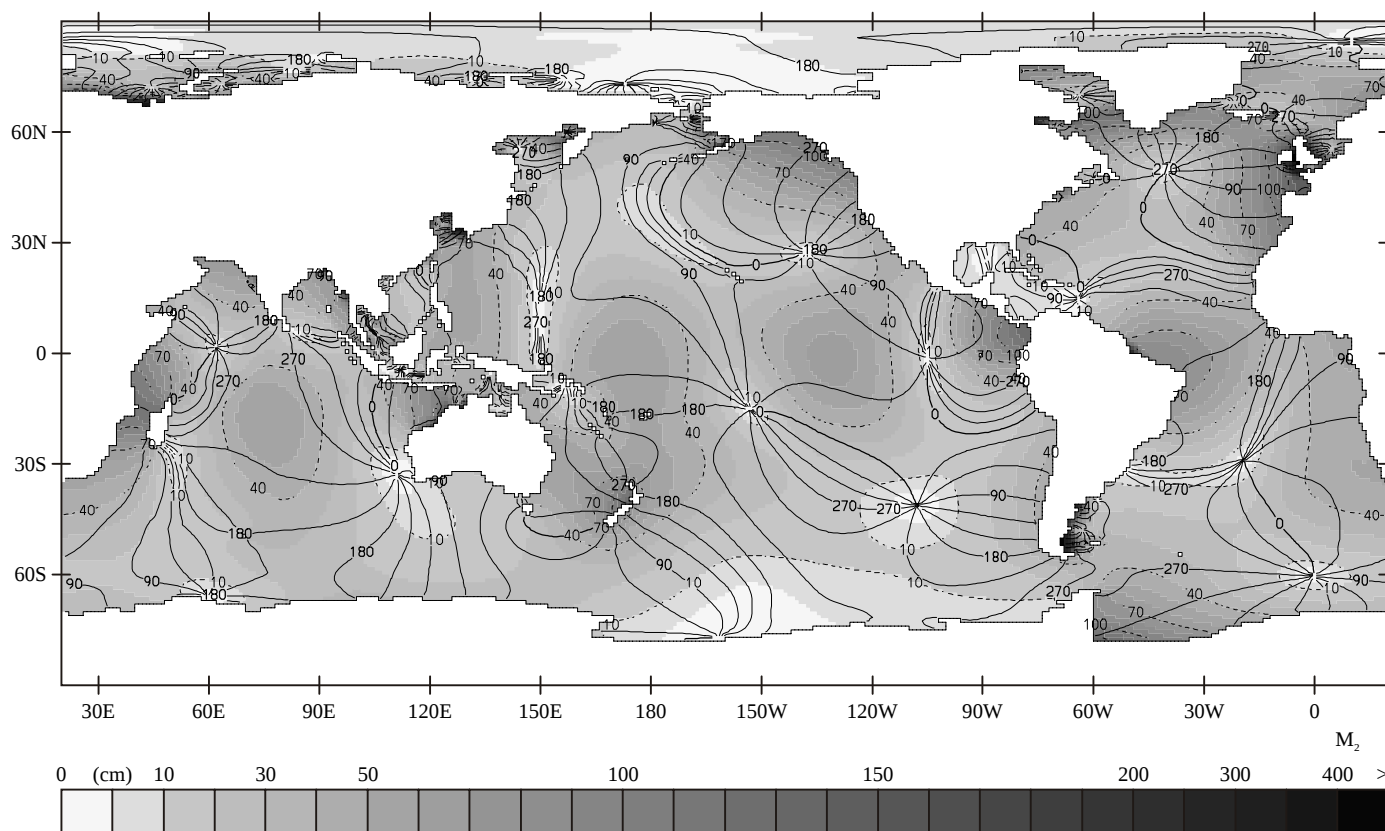


Figura 2. Modelo del Océano Mundial de 1° de resolución. Marea M₂. Amplitudes de elevación en cm. Líneas sólidas fases en grados referidas al paso por el meridiano de Greenwich.

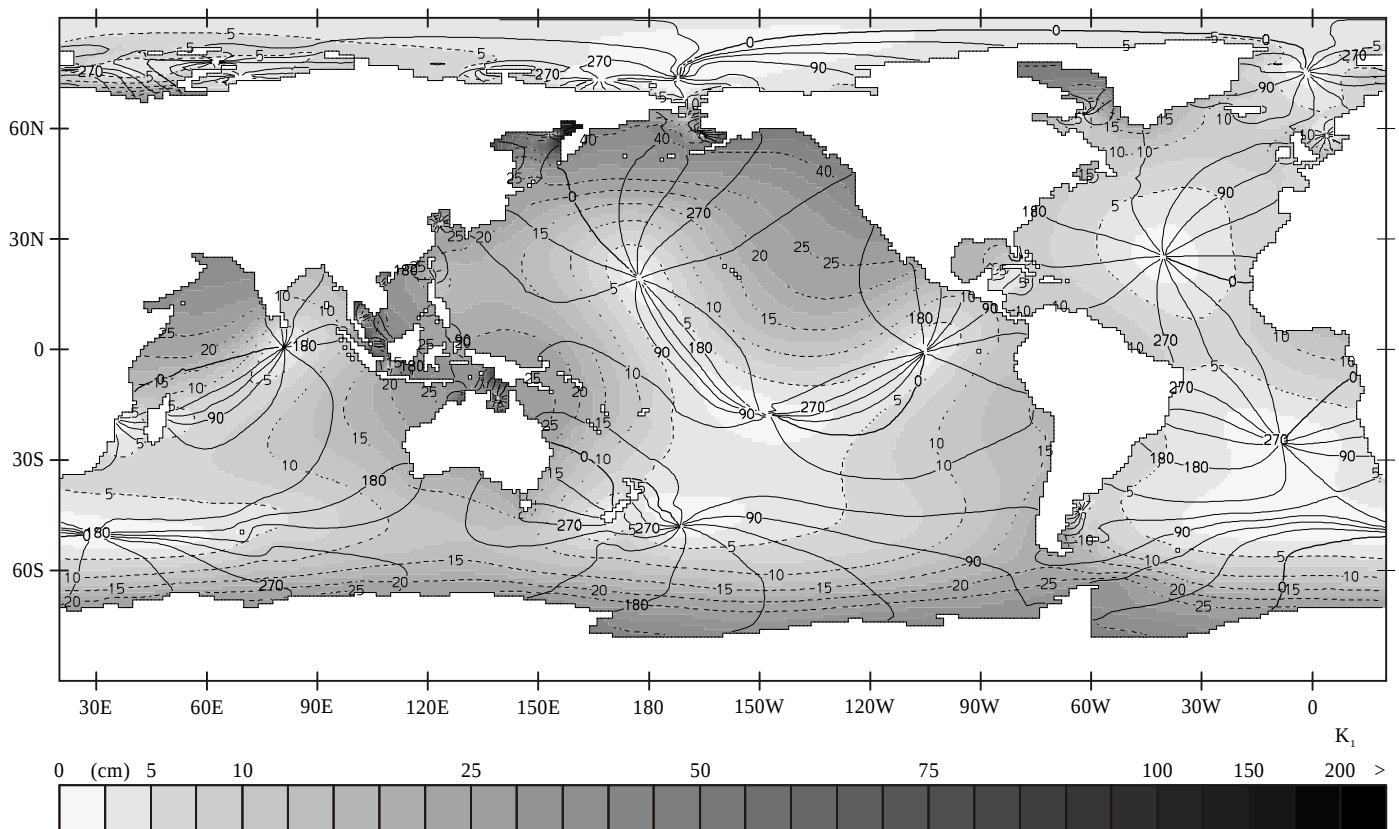


Figura 3. Modelo del Océano Mundial de 1° de resolución. Marea K_1 . Amplitudes de elevación en cm. Líneas sólidas fases en grados referidas al paso por el meridiano de Greenwich.

De hecho, con el incremento de datos asimilados se reducen claramente las diferencias entre las elevaciones calculadas y las medidas con gran exactitud en tierra, sobre todo al interpolar los cálculos a las posiciones de las mediciones. Así, las diferencias rms entre los cálculos y las elevaciones de un conjunto de datos independientes de alta confiabilidad de 95 estaciones distribuidas sobre el océano mundial son para la M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 y Q_1 del orden de 1.49 cm, 0.97 cm, 0.69 cm, 0.50 cm, 1.16 cm, 0.81 cm, 0.39 cm y 0.26 cm respectivamente (figura 1, columnas izquierdas). Estas cantidades aproximadamente corresponden a $\frac{1}{2}$ de las obtenidos cuando se asimilan un número restringido de datos (Zahel 1995) y a $\frac{1}{5}$ de las obtenidas sin asimilación. Las elevaciones obtenidas con el presente modelo concuerdan muy bien con mediciones, como se puede verificar en el trabajo de Shum *et al.* (1997).

Las elipses de transporte se presentan en las figuras 4 y 5 para dar una idea de los campos calculados de corrientes que representan a las variables del modelo que aparecen en el funcional de minimización. Mientras las corrientes globales de marea no se pueden comparar de una manera representativa con los datos de gran confiabilidad no asimilados, los campos de carga gravitatoria obtenidos de los campos de corriente usando (7) se pueden verificar con mediciones gravimétricas. Los campos de carga gravitatoria obtenidos de una versión actualizada de Zahel (1995) asimilando datos del Topex/Poseidon han sido discutidos conjuntamente con los campos de elevación de la marea global obtenidos por otros autores en Llubes y Mazzega

(1997). De esta publicación se puede inferir que los resultados con carga gravitatoria del modelo ahí referido y que precede al actual, se ajustan bien a las observaciones, así como los de los modelos de los otros autores. En la tabla 1 se muestran en forma conjunta cantidades integradas de los campos mareográficos, que entre otras cosas reflejan el comportamiento resonante de las diferentes componentes de marea. Por desgracia, valores comparativos obtenidos por otros modelos están muy escasamente disponibles para la mayoría de estas cantidades. Las razones de energía potencial son parecidas a las dadas en Cartwright y Ray (1991).

RESIDUOS DINÁMICOS

El orden de magnitud con el que las ecuaciones de momento se satisfacen dependiendo de las consideraciones hechas sobre la información observacional en el modelo de mareas ya se mencionó anteriormente. Ahora se discutirá la distribución espacial del vector residual así definido, antes de hacer referencia a su papel en los balances de energía y momento angular. En vista de la mejora considerable en los resultados computacionales debida a la asimilación de datos, se espera que el vector de residuos dinámicos refleje efectos físicos que no fueron considerados en el modelo básico de mareas.

La suavidad de los campos de los vectores residuales discretizados (q_λ , q_ϕ), definidos por $\hat{\mathbf{q}}$ se indica por los campos normalizados de las magnitudes rms de los vectores (Figuras 6

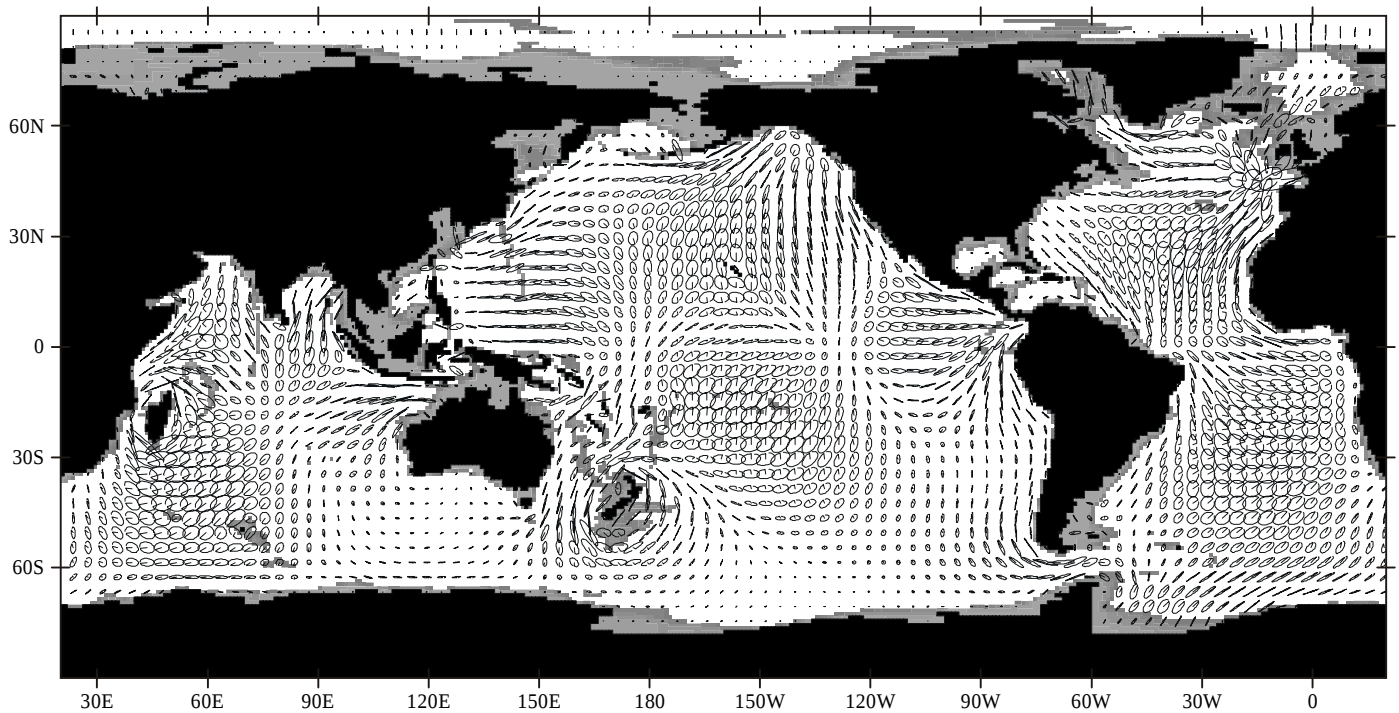


Figura 4. Modelo del Océano Mundial de 1° de resolución. Marea M_2 . Elipses de transporte de volumen. Sombreadas las zonas con profundidades menores a 1000m.

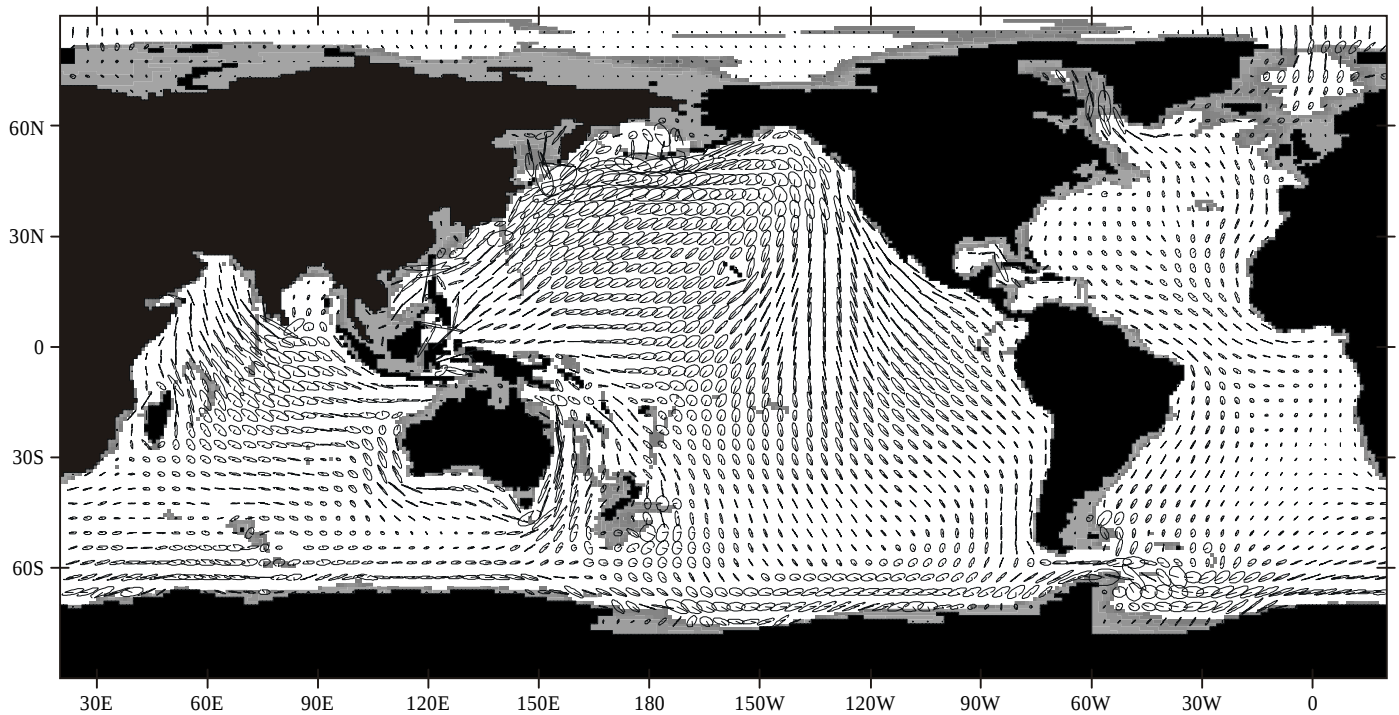


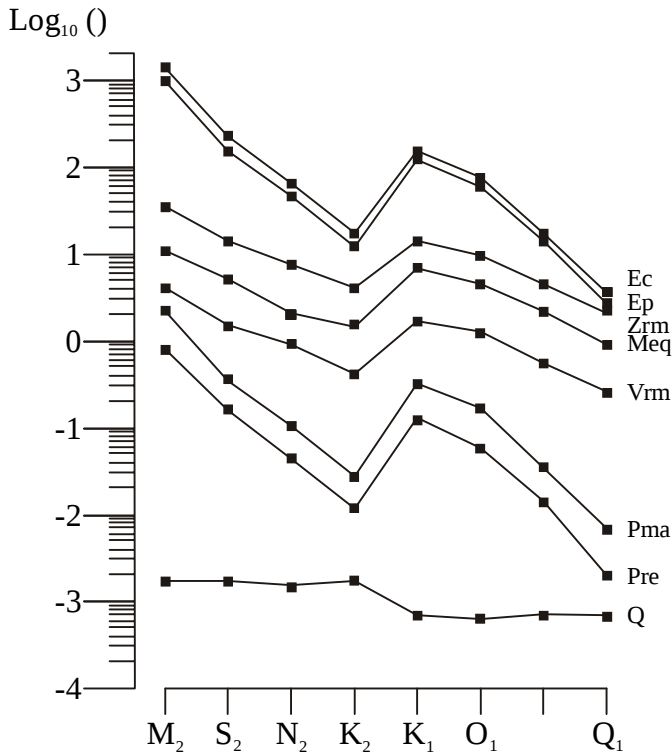
Figura 5. Modelo del Océano Mundial de 1° de resolución. Marea K_1 . Elipses de transporte de volumen. Sombreadas las zonas con profundidades menores a 1000m.

y 7). Es una consecuencia de la matriz específica de covarianza de los errores dinámicos introducida en el funcional de minimización. Como ya se discutió, el introducir esta matriz es equivalente (ver apéndice) a minimizar los residuos dinámicos y adicionalmente sus primeras y segundas diferencias usando matrices de peso diagonales.

Valores medios globales de las magnitudes máximas de los vectores de velocidad de corriente se dan en la tabla 1 para todas las constituyentes de mareas calculadas. Vectores de máxima residual aparecen claramente en los sistemas de oscilación diurnos y semidiurnos, ahí donde aspectos topográficos dinámicamente relevantes no han sido suficientemente bien resueltos, por ejemplo en el área de las Islas Kerguelen. En áreas

Tabla 1. Cantidades integradas de los campos mareográficos calculados.

M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	Q_1
Energía potencial [PJ=10 ¹⁵ J]							
117.3	18.1	5.3	1.4	14.4	7.0	1.5	0.3
Energía Cinética [PJ=10 ¹⁵ J]							
170.6	26.1	7.4	2.0	18.2	9.1	1.9	0.4
Potencia de marea [TW=10 ¹² W]							
2.375	0.381	0.113	0.028	0.353	0.179	0.036	0.007
Potencia residual [TW=10 ¹² W]							
0.876	0.172	0.046	0.012	0.139	0.063	0.014	0.002
Elevación rms, amplitud [cm]							
40.91	16.21	8.62	4.42	15.24	11.01	4.98	2.29
Marea de equilibrio [cm]							
12.30	5.72	2.35	1.56	7.66	5.10	2.37	0.98
Velocidad de la corriente rms, semieje mayor [cm/s]							
4.51	1.65	0.98	0.44	1.87	1.37	0.61	0.28
Factor Q							
16.7	18.0	15.3	17.7	6.5	6.1	6.6	6.5

**Representación gráfica de la Tabla 1, pero Ec*10, Ep*10, Q/10⁴.**

caracterizadas por resonancias fuertes reconocibles en la distribución de niveles de marea (Fig. 2 y 3) y de elipses de transporte (Figs. 4 y 5), las magnitudes de los residuos dinámicos pueden alcanzar valores significativamente superiores a los del valor medio.

Esto aplica a la cuasi resonante onda Kelvin diurna en el océano Antártico con magnitudes que se amplifican hacia el pasaje Drake, a la oscilación diurna en el extremo Norte del Pacífico, a las mareas semidiurnas resonantes en el Atlántico Norte y especialmente a la oscilación M_2 en el área alrededor de Nueva Zelanda. Todos estos fenómenos de resonancia son de-

terminados por el comportamiento de oscilación libre de los océanos, v.g., el descrito por el modelo básico sin forzamiento. Así, la onda diurna tipo Kelvin es un aspecto dominante de una solución de oscilación libre de las ecuaciones homogéneas con $\sigma_i = 0.26 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, $\sigma_r = 0.550 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ en el factor temporal $\exp(-(\sigma_i + i \cdot \sigma_r)t)$, es decir, con periodo de 31.7 h. El máximo residuo de la M_2 en el Atlántico refleja entre otras cosas patrones dominantes de oscilación libre del modo con $\sigma_i = 0.40 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, $\sigma_r = 0.138 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$, es decir, de periodo 12.6 h. Como las fuerzas generadoras de mareas se conocen exactamente, las deficiencias del modelo de mareas aparecen como oscilaciones propias no completamente realistas. Así se espera que máximos de residuos aparezcan especialmente donde las excitaciones resonantes de los patrones de oscilación libre no estén bien resueltas por el modelo. Debido a cambios en las condiciones resonantes para las diferentes constituyentes de marea, los patrones de residuos máximos y mínimos son dependientes del periodo de marea.

Obviamente se requieren datos para compensar la dinámica que el modelo no puede reproducir de comportamientos de respuesta particularmente sensitivos en el océano. Se ha encontrado que todos los máximos significativos de los residuos dinámicos son independientes de los valores de los diferentes parámetros de asimilación usados y que han producido mejoras razonables de los campos de marea por la influencia de datos.

BALANCE DE ENERGÍA

Un modelo de 1°, no puede resolver explícitamente los mecanismos reales de disipación, y esto también se cumple para modelos mareográficos barotrópicos de considerablemente mayor resolución (Kantha 1998). Esta es por supuesto una de las razones por la que se tienen que asimilar datos para obtener resultados más realistas. En consecuencia, es interesante reconocer tanto el papel que juegan los residuos dinámicos en el balance de energía del modelo respectivo como qué contribuciones al efecto global provienen de las diferentes partes del océano mundial. Debido a la todavía deficiente resolución de las zonas someras en el modelo actual, las contribuciones de los términos de fricción que se originan principalmente en estas áreas, no se discutirán en relación a su distribución espacial. La ecuación de energía integrada espacialmente y promediada temporalmente viene dada por (ver ecuación (4)):

$$\begin{aligned} & \left\langle \rho \tilde{r} (u^2 + v^2) \right\rangle + \left\langle \rho h (F_\lambda u + F_\phi v) \right\rangle - \\ & \left\langle \rho h (q_\lambda u + q_\phi v) \right\rangle = \left\langle \rho (1 + k_m - h_m) g \bar{\zeta} \partial_t \bar{\zeta} \right\rangle. \end{aligned} \quad (11)$$

Las razones totales de disipación calculadas (valor a la izquierda de la igualdad en (9)) y dadas en la tabla 1, son muy parecidas a las obtenidas por los modelos avanzados de otros autores y a las obtenidas usando trayectorias de satélite (Schrama y Ray, 1994; Kantha, 1998). Como muestra la tabla 1, la potencia residual (el tercer término a la izquierda de la ecuación (11))

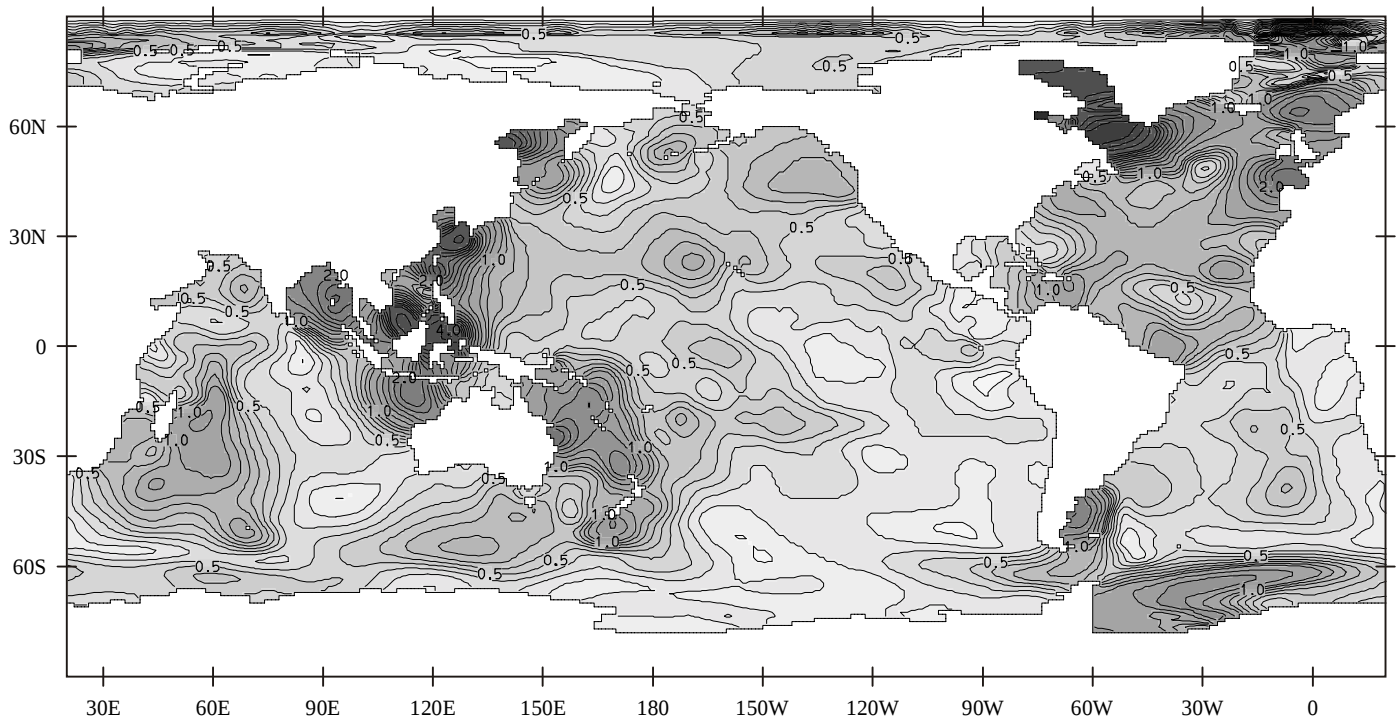


Figura 6. Modelo del Océano Mundial de 1° de resolución. Marea M_2 . Isolíneas de magnitud rms de los vectores residuales normados respecto al respectivo valor rms espacial. Espaciamiento cada 0.1 unidades incrementándose hacia zonas oscuras.

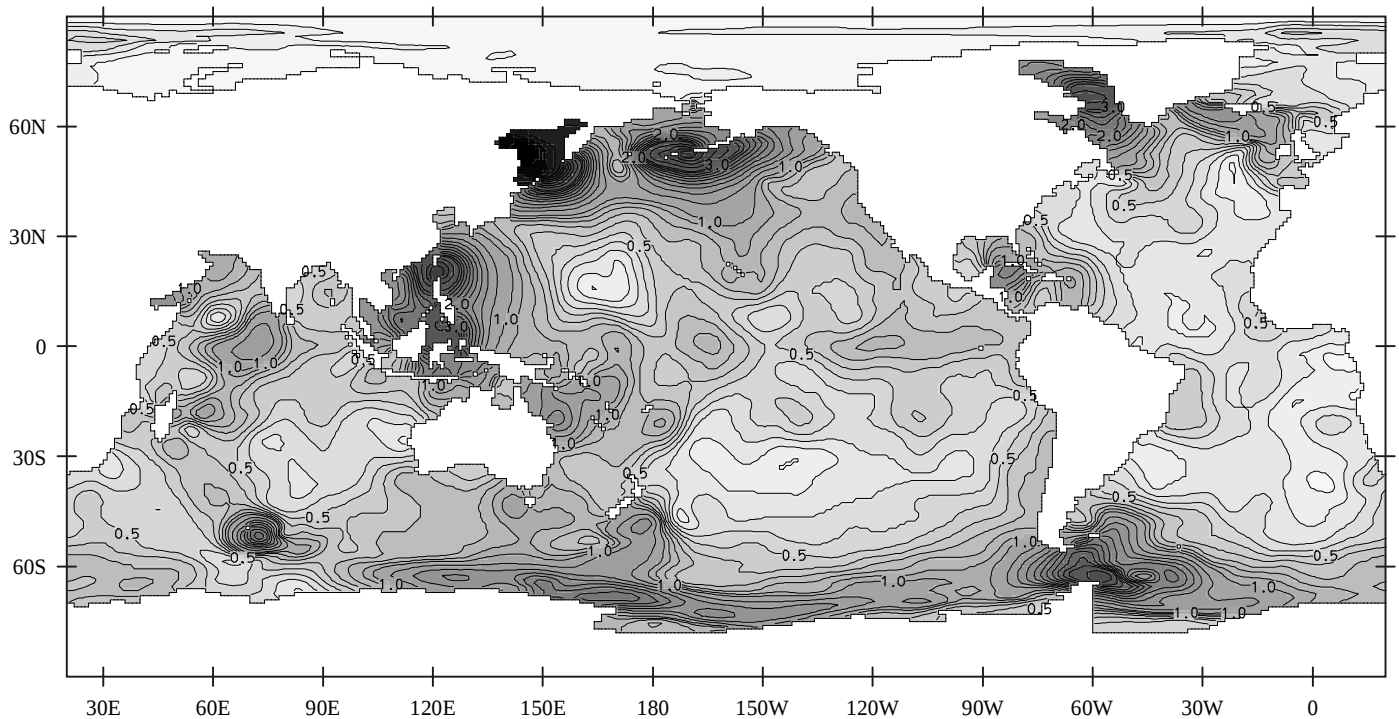


Figura 7. Modelo del Océano Mundial de 1° de resolución. Marea K_1 . Isolíneas de magnitud rms de los vectores residuales normados respecto al respectivo valor rms espacial. Espaciamiento cada 0.1 unidades incrementándose hacia zonas oscuras.

es positiva para todas las constituyentes que se calcularon, como ya se había obtenido al utilizar el modelo con un número muy restringido de datos (Zahel, 1995). Esto significa que los residuos son disipativos cuando se integran espacialmente y suplementan los efectos de los términos de fricción, o más precisamente, reemplazan parte del segundo término de la ecuación

(11) que representa una parametrización de los efectos físicos no resueltos. La razón de potencia de marea, si acaso, solo cambia ligeramente cuando se compara el modelo actual con versiones anteriores, pero la razón de potencia residual se incrementa, por ejemplo en el caso de la M_2 de $6.8 \cdot 10^{11}$ W a $8.8 \cdot 10^{11}$ W y para la O_1 de $0.18 \cdot 10^{11}$ W a $0.63 \cdot 10^{11}$ W. Como se ha verificado, estos cambios no son debidos a diferencias en las

estructuras del modelo, sino originadas por una mayor influencia de los datos. El hecho de que las razones de potencia residual hayan aumentado, particularmente para las menos resonantes constituyentes diurnas, se puede explicar por la distribución de los datos que ahora cubren más satisfactoriamente también áreas pequeñas de respuesta resonante. Esto se cumple para el Antártico, donde la resonancia diurna tipo Kelvin es influenciada directamente por datos del Topex Poseidon. Se puede ver de la figura 8 que, a diferencia de las mareas semidiurnas, el Antártico en efecto contribuye considerablemente a las razones totales de disipación diurna.

Generalmente se reconoce que el trabajo hecho por los residuos dinámicos toma valores positivos y negativos en todas las partes del océano. Las variaciones espaciales de esta cantidad tienen escalas de las cuencas marinas. Integradas sobre cada área oceánica del Atlántico, Pacífico e Índico el trabajo hecho por los residuos es positivo para todas las constituyentes de marea consideradas (figura 8). Las contribuciones del océano Ártico son negativas para las componentes semidiurnas, pero como en el caso de las mareas diurnas son insignificantes. Esta contribución positiva proviene de entre el 92% y 96% de aguas profundas. Estas contribuciones inducidas por datos a la disipación de marea en el océano abierto se pueden interpretar como una representación de efectos realísticos no resueltos por el modelo barotrópico de mareas utilizado, como pudiera ser por ejemplo la dispersión por batimetría de la marea superficial en ondas internas.

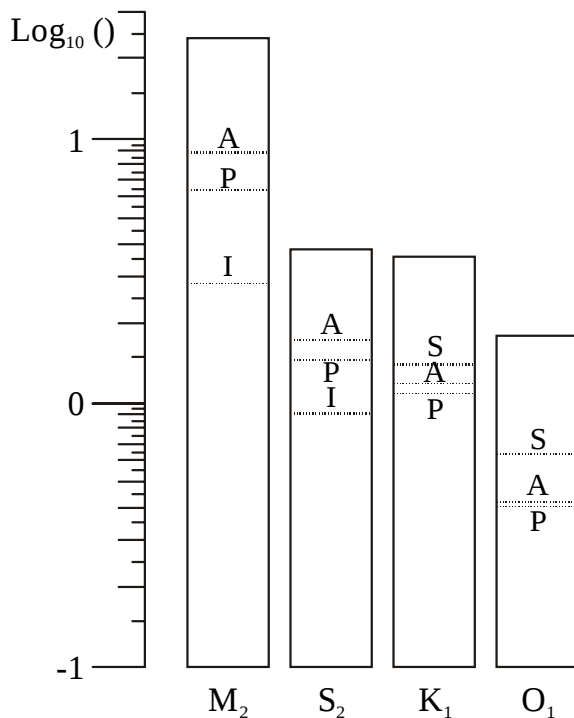


Figura 8. Modelo del Océano Mundial de 1° de resolución. Disipación total de energía mareográfica (Trabajo realizado por las fuerzas de marea) para la M₂, S₂, K₁ y O₁. Contribuciones de los diferentes océanos al trabajo hecho por los residuos dinámicos marcados por A: Atlántico, I: Índico, P: Pacífico y S: Antártico. Las contribuciones del Ártico son despreciables.

BALANCES DE MOMENTO ANGULAR Y CAMBIOS DE LA ROTACIÓN TERRESTRE

Continuando con la búsqueda del papel que juegan los residuos dinámicos en la compensación de las deficiencias del modelo, en lo que sigue se discutirá el balance del momento angular, siguiendo lo dado en Seiler (1991) para un modelo libre, pero considerando la aparición de los residuos dinámicos inducidos por datos. El balance de momento angular es particularmente de interés pues las torcas que se incluyen en él determinan parámetros de rotación terrestre.

El cálculo acostumbrado de estos parámetros (Gross, 1993; Chao y Ray, 1997) se realiza por medio del método de momento angular en vez del método de la torca que hace uso de las torcas que aparecen en el balance de momento angular. Con el propósito de comparar los parámetros de rotación terrestre que resultan de los diferentes modelos, también se hará referencia a las razones obtenidas aplicando el método de momento angular. Este método utiliza las distribuciones de elevación y velocidad de la corriente calculadas, las cuales solo implícitamente reflejan el efecto de los residuos dinámicos. Con respecto a los parámetros de rotación terrestre, el efecto de la asimilación de datos se debe estimar comparando resultados de aplicaciones del modelo utilizando diferentes conjuntos de información de datos.

ECUACIÓN DE BALANCE DE MOMENTO ANGULAR OCEÁNICO

La ecuación de balance de momento angular oceánico se deriva de la ecuación de momento y contiene las torcas que se ejercen en la interfase entre el océano y la tierra sólida, así como el cambio de momento angular relativo y la torca de la fuerza de Coriolis (Seiler, 1991). En el caso del modelo con el procedimiento de asimilación de datos esta ecuación cambia a

$$\begin{aligned} \mathbf{L}_{rel} + \mathbf{L}_{cor} &= d \mathbf{M}_{rel} / dt + d \mathbf{M}_{\theta} / dt + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{M}_{rel} \\ &= -\mathbf{L}_p - \mathbf{L}_f - \mathbf{L}_t - \mathbf{L}_{da}. \end{aligned} \quad (12)$$

Adicionalmente a la ya referida a un modelo libre se incluye la torca residual de la dinámica de marea $\mathbf{L}_{da}$. Este término se origina debido a la influencia de los datos. Denotando por $\mathbf{a}$ el vector de posición el término $\mathbf{L}_{da}$ resulta de aplicar el operador $\mathbf{a} \times \mathbf{a} = -\mathbf{q}$ e integrar sobre el volumen del océano. En la tabla 2 se presentan razones de $\mathbf{L}_p$, $\mathbf{L}_f$, $\mathbf{L}_t$, $\mathbf{L}_{da}$ para la M₂ y O₁ junto con las de cambio de momento relativo y de fuerza de Coriolis para el modelo con asimilación de 1425 posiciones.

Las fuerzas de fricción permanecen también de menor importancia en la ecuación de balance de momento angular cuando se asimila un mayor número de datos. De esta forma las razones de $\mathbf{L}_f$ se mantienen aproximadamente dos órdenes de magnitud menor que las del término dominante, la torca de presión $\mathbf{L}_p$. Sin embargo el dominio de la torca de presión es diferente para las constituyentes individuales de marea y para las

Tabla 2. Balance instantáneo de momento angular de un modelo global de mareas con la asimilación de datos de 1425 posiciones del Topex/Poseidon. Amplitudes A en 10^{21} kgm² / s², fases en grados. LR : Cambio de momento relativo, LC : Torca de la fuerza de Coriolis, LP : Torca de presión, LF : Torca friccional, LT : Torca da las fuerzas de marea, LDA : Torca de los residuos dinámicos.

$$LR+LC=-LP-LF-LT-LDA$$

M_2	X		Y		Z	
	A	P	A	P	A	P
LR	1.461	171.6	2.441	75.1	2.438	233.4
LC	1.745	323.3	1.093	240.4	0.930	351.8
LP	0.544	103.8	1.430	261.6	1.596	73.4
LF	0.005	332.6	0.009	172.9	0.005	225.7
LT	0.194	53.1	0.193	322.6	0.327	72.6
LDA	0.138	62.4	0.108	106.8	0.227	92.0
O_1	X		Y		Z	
	A	P	A	P	A	P
LR	0.152	209.8	0.276	119.8	0.436	33.8
LC	0.153	305.6	0.619	132.4	0.128	54.1
LP	0.184	62.5	0.755	293.8	0.491	217.6
LF	0.005	247.3	0.003	248.0	0.001	128.0
LT	0.088	103.7	0.217	354.5	0.081	232.7
LDA	0.053	248.6	0.032	39.1	0.014	94.9

componentes en las direcciones $-x$, $-y$, $-z$. El segundo término más importante es la torca de marea que excede en magnitud hasta en un 20% a la torca de presión solo en el caso de la componente $-x$. Este hecho corresponde a resultados anteriores (Seiler, 1991) obtenido aplicando modelos libres. Ahora, con datos afectando el balance aparece adicionalmente la torca residual L_{da} , mientras las otras componentes a través de cambios de la superficie oceánica y en las corrientes incluyen también la influencia de los datos. Esto no parece ser una relación fija de esta razón a aquellas de las otras torcas. Sin embargo para todas las componentes de la M_2 y la componente $-x$ de la O_1 , la amplitud de la torca residual varía entre el 60% y el 70% de la torca por marea, mientras que para las otras componentes de la O_1 , la amplitud varía entre el 10% y el 20%. Esto significa que para la componente $-x$, para la cual el predominio de la torca de presión no es tan grande como para las otras componentes, la contribución del residuo al balance de la suma de cambios de momento angular relativo y la torca de la fuerza de Coriolis es importante y alcanza entre el 25% y el 30% del término de presión. En esencia también se cumplen las observaciones anteriores concernientes al papel de L_{da} para las otras constituyentes diurnas y semidiurnas respectivamente, donde además para la S_2 , N_2 y K_2 la contribución de L_{da} para la mayoría de las componentes es igual de importante que la de L_r .

La suma de los cambios de momento angular relativo y la torca de la fuerza de Coriolis se comporta para la M_2 y O_1 en el caso de las componentes $-y$ y $-z$ como se conocía de la aplicación de los modelos libres. La situación se vuelve diferente en el caso de la componente $-x$ donde por ejemplo la amplitud resultante cuando se asimilan datos ya no es pequeña comparada con las amplitudes de $(L_{rel})_x$ y $(L_{cor})_x$. Para las otras constituyentes de mareas estudiadas los cambios más significantes debidos a la asimilación, aparecen también en la componente $-x$.

Resumiendo, se puede decir que debido a la escala espacial suficientemente grande de las torcas residuales, éstas contribuyen en forma no despreciable a los balances de momento angular, los cuales se determinan por contribuciones de gran escala. Es obvio que la ecuación de momento angular es palpablemente más afectada por la asimilación de datos para la componente $-x$ que para las otras componentes.

CAMBIOS EN EL TIEMPO UNIVERSAL Y VARIACIONES DE ORIENTACIÓN DEL EJE

La estimación de la desviación periódica de $UT1$, definida por la rotación terrestre, de una regular se logra en base de la componente axial (la componente $-z$) de las ecuaciones de Liouville con una función de excitación ψ_3 dada por el momento angular oceánico (Gross, 1993)

$$\psi_3 = -\frac{1}{\Omega C_m} (M_z^r + 0.756 \cdot M_z^\theta). \quad (13)$$

En esta ecuación el factor 0.756 explica la plasticidad de la tierra sólida y C_m denota el momento de inercia principal más grande del manto. Las variaciones de $UT1$ se dan entonces por

$$\psi_3(t) = -\frac{d\Delta UT1}{dt}, \quad \Delta UT1 = A_T \cos(\sigma t - \phi_T), \quad (14)$$

Los valores para $\Delta UT1$ obtenidos por el modelo actual y por versiones anteriores (85 en vez de 1425 posiciones) se dan en la tabla 3 con las contribuciones parciales del momento angular relativo (corrientes) y rotacional (elevaciones).

La comparación con los resultados dados en Gross (1993), basados en un modelo libre de Seiler (1989), muestra que aún asimilando un restringido pero confiable conjunto de datos se logra un paso importante para obtener valores más realistas de $\Delta UT1$ (Chao *et al.*, 1996). Las razones obtenidas aquí y en el modelo anterior no difieren esencialmente de los obtenidos por otros modelos que asimilan datos del Topex/Poseidon (Chao y Ray, 1997; Kantha, 1998). Debido a incertidumbres en las razones observadas (Chao *et al.*, 1996) no se puede decir qué modelo produce resultados más realistas. Sin embargo, haciendo referencia al mismo tipo de modelo que se ha venido usando con la misma resolución espacial, pero con muy distinta dependencia de datos (Gross, 1993; Zahel, 1995; modelo actual), permite observar la influencia de los datos sobre valores $\Delta UT1$.

En el caso de las principales constituyentes semidiurnas y de la O_1 , la influencia de los datos generalmente ocasiona una reducción realista de las amplitudes $\Delta UT1$, al disminuir las razones de las amplitudes de momento angular por corrientes y elevaciones, pero las diferencias de las fases correspondientes permanecen casi constantes. Las amplitudes de momento angular de la K_1 y P_1 solo sufren cambios moderados con la asimilación de datos, pero cambios en la diferencia de fase ocasiona razones inversas de amplitudes de $\Delta UT1$ al contrario de las de momento angular.

Tabla 3. Amplitudes y fases de $\Delta UT1$ mareográfico relativas a los argumentos de equilibrio en el meridiano de Greenwich. Razones totales y parciales basadas en los resultados del modelo. Zahel (1995): asimilación de datos pelágicos en 85 posiciones. Modelo actual: asimilación de datos del Topex/Poseidon en 1425 posiciones. Observaciones de las Razones totales por Sovers *et al.* (1993), Herring and Dong (1994), Gipson (1996).

	M_2	S_2	K_1	O_1
Zahel, 1995				
Total	19.2, 248°	7.8, 266°	20.9, 42°	23.2, 35°
Corriente	23.0, 233°	10.3, 251°	20.5, 49°	19.1, 32°
Niveles	6.9, 3°	3.5, 34°	2.5, 325°	4.2, 50°
Modelo actual				
Total	21.2, 250°	8.1, 277°	19.4, 35°	22.0, 37°
Corriente	23.5, 233°	9.7, 260°	19.2, 45°	18.2, 34°
Niveles	6.8, 351°	3.0, 30°	3.2, 314°	4.0, 54°
Observaciones, Total				
Sovers <i>et al.</i>	18.2, 235°	5.2, 266°	15.5, 13°	21.4, 39°
Herring & Dong	17.9, 233°	8.6, 269°	18.9, 20°	23.6, 47°
Gipson	18.6, 236°	8.0, 264°	18.6, 29°	22.2, 37°

	N_2	K_2	P_1	Q_1
Modelo actual				
Total	4.6, 239°	2.2, 278°	6.6, 34°	5.9, 30°
Corriente	4.7, 229°	2.6, 262°	6.4, 42°	4.3, 27°
Niveles	0.8, 332°	0.8, 33°	0.9, 317°	1.6, 38°
Observaciones, Total				
Sovers <i>et al.</i>	3.0, 221°	2.8, 251°	7.2, 27°	6.6, 37°
Herring & Dong	3.2, 240°	3.8, 282°	7.1, 34°	5.3, 36°
Gipson	3.7, 239°	2.9, 283°	5.8, 25°	5.6, 31°

Cuando se comparan las razones por corriente y por niveles en los cálculos de $\Delta UT1$ obtenidos para la M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , con modelos sin asimilación de datos, con los con asimilación de un conjunto restringido de datos de presión y de datos uniformemente distribuidos del Topex/Poseidon, se encuentra una tendencia clara en el sentido que las amplitudes y las fases decrecen o se incrementan monótonamente al aumentar la dependencia con los datos. Sólo las razones de amplitud por la corriente en la K_1 son una excepción significativa. Este comportamiento (incluyendo la excepción) es obviamente debido al correspondiente comportamiento de las razones por altura y por corriente de momento angular (Tablas 4 y 5).

Las razones de momento angular y de $\Delta UT1$ obtenidas por los modelos con asimilación de datos, sin embargo, no difieren mucho entre si y el comportamiento de convergencia descrito anteriormente se muestra en las razones totales solo para las fases y no para las amplitudes.

VARIACIONES DE ORIENTACION DEL EJE

Con la disponibilidad de las razones del momento angular por corrientes y elevaciones, también las componentes no axiales de la rotación terrestre se pueden evaluar y estudiar con respecto a los efectos de la asimilación de datos

El intercambio de momento angular que influye en las componentes no axiales o de movimiento polar de la rotación terrestre se evalúa aplicando la relación

Tabla 4. Amplitudes [10^{25} kgm²/s] y fases [°] del momento angular de las mareas semidiurnas. Zahel (1995): asimilación de datos pelágicos en 85 posiciones. Modelo actual: asimilación de datos del Topex/Poseidon en 1425 posiciones.

	x	y	z
M_2 Zahel, 1995			
corriente	0.749, 267.0°	1.566, 177.0°	1.694, 322.5°
niveles	0.426, 8.1°	0.285, 303.8°	0.671, 93.0°
M_2 Modelo actual			
corriente	1.039, 261.4°	1.737, 165.0°	1.735, 323.3°
niveles	0.517, 14.6°	0.339, 295.1°	0.662, 81.4°
S_2 Zahel, 1995			
corriente	0.479, 300.3°	0.919, 205.2°	0.788, 340.7°
niveles	0.082, 41.1°	0.259, 6.2°	0.356, 123.5°
S_2 Modelo actual			
corriente	0.439, 305.6°	0.890, 201.5°	0.737, 350.1°
niveles	0.128, 46.1°	0.284, 5.9°	0.302, 119.6°
N_2 Modelo actual			
corriente	0.164, 247.9°	0.259, 164.0°	0.343, 319.4°
niveles	0.130, 348.9°	0.034, 227.5°	0.072, 262.4°
K_2 Modelo actual			
corriente	0.124, 310.0°	0.252, 204.9°	0.202, 351.7°
niveles	0.030, 45.4°	0.083, 10.0°	0.081, 123.3°

Tabla 5. Amplitudes [10^{25} kgm²/s] y fases [°] del momento angular de las mareas diurnas. Zahel (1995): asimilación de datos pelágicos en 85 posiciones. Modelo actual: asimilación de datos del Topex/Poseidon en 1425 posiciones.

	x	y	z
K_1 Zahel, 1995			
Corriente	0.534, 295.2°	1.025, 199.3°	0.786, 139.0°
Niveles	0.650, 312.7°	1.405, 229.7°	0.129, 54.7°
K_1 Modelo actual			
Corriente	0.514, 286.4°	0.785, 197.6°	0.735, 135.0°
Niveles	0.477, 308.2°	1.387, 222.2°	0.162, 44.0°
O_1 Zahel, 1995			
Corriente	0.203, 293.6°	0.509, 200.0°	0.678, 121.6°
Niveles	0.615, 327.1°	1.103, 224.6°	0.199, 140.0°
O_1 Modelo actual			
Corriente	0.225, 298.8°	0.409, 209.7°	0.644, 123.6°
Niveles	0.474, 327.7°	1.153, 219.4°	0.190, 144.0°
P_1 Modelo actual			
Corriente	0.175, 280.3°	0.258, 191.0°	0.245, 132.0°
Niveles	0.161, 309.0°	0.458, 222.6°	0.044, 46.7°
Q_1 Modelo actual			
Corriente	0.049, 306.1°	0.068, 214.1°	0.147, 116.7°
Niveles	0.109, 338.5°	0.256, 216.7°	0.073, 128.4°

$$p(\sigma) =$$

$$\left(2.544 \cdot 10^{-4} \frac{\Omega}{\sigma_f - \sigma} + 2.686 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega}{\sigma_c - \sigma} \right) \frac{M_x^\theta + i M_y^\theta}{A \Omega \tau} + \left(6.170 \cdot 10^{-4} \frac{\Omega}{\sigma_f - \sigma} + 1.124 \frac{\Omega}{\sigma_c - \sigma} \right) \frac{M_x^r + i M_y^r}{A \Omega}, \quad (15)$$

que se da y discute en detalle en Gross (1993). En esta ecuación $p(\sigma) = p(\sigma)_x + i p(\sigma)_y$, y denota la posición del CEP (Celestial Ephemeris Pole) en un sistema de referencia de mano derecha fijo en una tierra rotando. $\sigma_f = 1.0023203$ cpsd es la fre-

cuencia de la nutación libre del núcleo, σ_c es la frecuencia de precesión de Chandler, $\tau = \Omega^2 R_c^5 / (3GA)$, A denota el menor momento principal de inercia. La posición polar referida a CEP se da por medio del movimiento progrado y retrogrado $\tilde{p}(t) = A_p \exp(i\phi_p) \exp(i\sigma t) + A_r \exp(i\phi_r) \exp(-i\sigma t)$, con $\tilde{p}(t) = p(\sigma) \exp(i\sigma t)$ y $r = A_p + A_r$, $s = A_p - A_r$ los ejes semimayor y semimenor de la elipse descrita por la posición polar.

Generalmente se cumple nuevamente que al incrementar el número de datos asimilados, las razones calculadas de movimiento polar se aproximan significativamente más a las razones observadas. Sin embargo, como el movimiento polar (ver (15)) depende tanto de la componente x – como de la y – de momento angular, cambios sistemáticos inducidos por datos, con frecuencia se cancelan parcialmente. Solamente en algunos casos se presentan efectos sistemáticos de los datos en las razones de movimiento polar progrado y retrogrado. Por esta razón no se hará una presentación detallada de estos resultados. El movimiento polar que resulta del modelo actual con asimilación de datos se ilustra en las elipses semidiurnas de la figura 9.

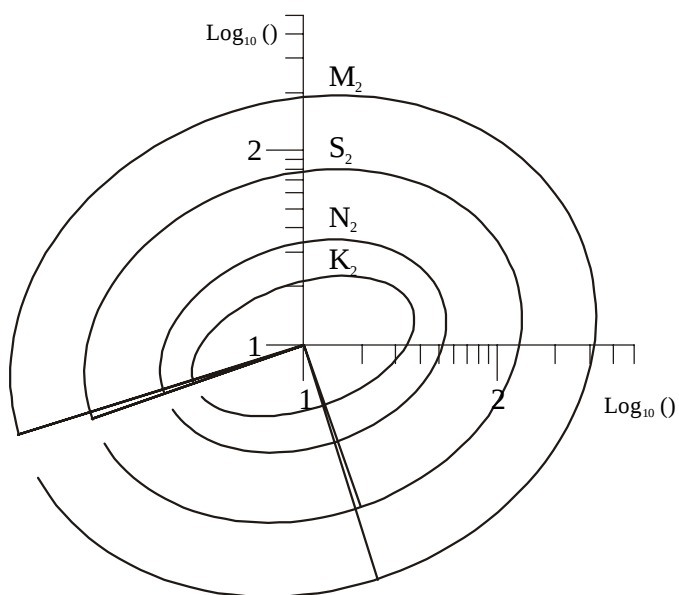


Figura 9. Elipses de movimiento polar ocasionadas por las mareas M_2 -, S_2 -, N_2 - y K_1 -. El eje x está orientado hacia el Meridiano de Greenwich, el eje y 90° al este de Greenwich. La rotación es retrograda (negativa) para cada una de las elipses mostradas. 1000μ corresponden aproximadamente a 3 cm en la superficie terrestre.

CONCLUSIONES

El modelo mareográfico con el procedimiento variacional de asimilación de datos presentado produce campos y cantidades integrales de significado geofísico que concuerdan muy bien con los valores observados disponibles. Este modelo se caracteriza por su amplia aplicabilidad, como por ejemplo, al haberse considerado el efecto conjunto total de carga gravitatoria y atracción mutua y al haberse asimilado datos relacionados de

una manera compleja con las variables del modelo. Además, el procedimiento variacional de asimilación de datos usado ha mostrado una excelente eficiencia computacional y permite aplicar el modelo con una considerable alta resolución, como se ha usado hasta ahora. Por otra parte, al incrementar el tamaño del conjunto de datos de asimilación se reduce el tiempo de cómputo, debido al mejoramiento de las propiedades de convergencia del proceso iterativo.

En consecuencia, el estudio realizado sobre el papel que están jugando los residuos dinámicos inducidos por los datos asimilados en la dinámica del modelo se muestra como una buena base que puede usarse hacia la identificación de efectos físicos relevantes que o no son o al menos no son apropiadamente considerados en el modelo de mareas. La débil dependencia en las suposiciones sobre los errores dinámicos en un amplio rango de los valores de los parámetros también constituye un buen punto de partida para investigar el significado de los residuos dinámicos.

La magnitud de los residuos dinámicos comparados con los términos más importantes de la ecuación de momento demuestra que, a pesar de su importancia, los residuos sólo representan una corrección menor de la dinámica mareográfica del modelo. Los máximos de los residuos dinámicos se originan típicamente en zonas de cuasi resonancia. Corrigiendo el comportamiento resonante con datos cuando este comportamiento no es exactamente reproducido por el modelo básico conduce a una mejora particularmente eficiente de los regímenes de marea calculados. Como se ha visto, de esta manera hasta un número bastante restringido de datos puede resultar muy efectivo. Mejoras al incrementar el número de datos asimilados se pueden atribuir principalmente a una mejor cobertura por los datos de regiones específicas de comportamiento cuasiresonante, como indican, por ejemplo los cálculos de las mareas diurnas en el Antártico.

En lo concerniente al carácter físico de los residuos pertenecientes al modelo aplicado, se encuentra que son disipativos, no solamente en la media global sino también para cada uno de los océanos por separado. La contribución de los residuos a las razones totales realistas de disipación de energía son de una magnitud considerable para todas las constituyentes de marea y provienen casi exclusivamente de las áreas oceánicas profundas. En consecuencia, esta contribución pudiera ser interpretada como una representación implícita de mecanismos de disipación de aguas profundas que o no son o al menos no son correctamente incluidos en el modelo. Cuando se evalúa el balance de momento angular se hace evidente que los residuos tienen una estructura diferente a la de los términos clásicos de fricción. Así, al comparar las componentes del balance de momento angular se encuentra que la torca de los residuos dinámicos no puede despreciarse como el de las torcas friccionales.

Como se ha mencionado, el modelo, con su procedimiento de asimilación de datos se considera un instrumento poderoso para producir campos de mareas de cada vez más confiables. Además se puede profundizar más en el entendimiento de las

mejoras inducidas por los datos en los resultados del modelo sobre la base de propiedades ya identificadas de los residuos dinámicos y su relación al comportamiento de oscilación libre del modelo básico. Los cálculos de los parámetros de rotación terrestre que se determinan únicamente por las variables del modelo también muestran claramente mejoras debidas a la asimilación de datos. Las relaciones entre momento angular y parámetros de rotación terrestre involucran cantidades que describen propiedades de la tierra sólida. En consecuencia, cuando también se asimilan parámetros observables de rotación terrestre, se pueden corroborar hipótesis y obtener información sobre la validez y veracidad de estos datos, así como de sus correspondientes interrelaciones, observando cambios en los residuos dinámicos.

REFERENCIAS

- Accad, Y. and Pekeris, C.L., 1978, Solution of the tidal equations for the M_2 and S_2 tides in the world ocean from a knowledge of the tidal potential alone, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A 290, 235-266.
- Cartwright, D.E., and Ray, R.D., 1991, Energetics of global ocean tides from Geosat altimetry, *Journal of Geophysical Research*, 96, No. C9, 16,897-16,912.
- Chao, B.F., Ray, R.D., Gipson, J.M., Egbert, G.D. and Ma, C., 1996, Diurnal/semidiurnal polar motion excited by oceanic tidal angular momentum, *Journal of Geophysical Research*, 101, No. B9, 20,151-20,163.
- Chao, B.F., and Ray, R.D., 1997, Oceanic tidal angular momentum and Earth's rotation variations, *Progress in Oceanography*, 40, 399-421.
- Eanes, R., and Bettadpur, S., 1995, The CSR3.0 Global ocean tide model, *Center for Space Research, Technical Memorandum CSR-TM-95-06*.
- Egbert, G.D., Bennett, A.F. and Foreman, M.G.G., 1994, TOPEX/POSEIDON tides estimated using a global inverse model, *Journal of Geophysical Research*, 99, No. C12, 24,821-24,852.
- Herring, T.A., and Dong, D., 1994, Measurement of diurnal and semidiurnal rotational variations and tidal parameters of Earth, *Journal of Geophysical Research*, 99, 18,051-18,071.
- Gipson, J.M., 1996, VLBI determination of neglected terms in high-frequency Earth orientation parameter variation, *Journal of Geophysical Research*, 101, 28,051-28,064.
- Gross, R.S., 1993, The effect of ocean tides on the earth's rotation as predicted by the results of an ocean tide model, *Geophysical Research Letters*, 20, No. 4, 293-296.
- Kantha, L.H., 1998, Tides—A Modern Perspective, *Marine Geodesy*, 21, 275-297.
- Le Provost, C., Lyard, F., Molines J.M., Genco, M.L. and Rabilloud, F., 1998, A hydrodynamic ocean tide model improved by assimilating a satellite altimeter-derived data set, *Journal of Geophysical Research*, 103, No. C3, 5513-5529.
- Llubes, M., and Mazzega, P., 1997, Testing recent global ocean tide models with loading gravimetric data, *Progress in Oceanography*, 40, 369-383.
- Scherneck, H.-G., 1990, Loading Green's function for a continental shield with a Q-structure for the mantle and density constraints from the geoid. *Bull. Inform. Marées Terr.*, 108, 7775-7792.
- Schrama, E.J.O., and Ray, R.D., 1994, A preliminary tidal analysis of TOPEX/POSEIDON altimetry, *Journal of Geophysical Research*, 99, No. C12, 24,799-24,808.
- Seiler, U., 1989, An investigation to the tides of the world ocean and their instantaneous angular momentum budgets, *Mitt. Inst. Meereskd.*, 29, 1-104.
- Seiler, U., 1991, Periodic changes of the angular momentum budget due to the tides of the world ocean, *Journal of Geophysical Research*, 96, No. B6, 10,287-10,300.
- Shum, C.K., Woodworth, P.L., Andersen, O.B., Egbert, G.D., Francis, O., King, C., Klosko, S.M., Le Provost, C., Li, X., Molines, J.M., Parke, M.E., Ray, R.D., Schlax, M.G., Stammer, D., Tierney, C.C., Vincent, P. and Wunsch, C.I., 1997, Accuracy assessment of recent ocean tide models, *Journal of Geophysical Research*, 102, No. C11, 25,173-25,194.
- Smithson, M.J., 1992, Pelagic tidal constants 3, *Publ. Sci. Int. Assoc. Phys. Sci. Oceans*, 35, 1-191.
- Sovers, O.J., Jacobs, C.S. and Gross, R.S., 1993, Measuring rapid ocean tidal Earth orientation variations with VLBI, *Journal of Geophysical Research*, 98, 19,959-19,971.
- Zahel, W., 1980, Mathematical modelling of global interaction between ocean tides and earth tides, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 21, 202-217.
- Zahel, W., 1991, Modeling ocean tides with and without assimilating data, *Journal of Geophysical Research*, 96, No. B12, 20,379-20,391.
- Zahel, W., 1995, Assimilating ocean tide determined data into global tidal models, *J. Mar. Systems*, 6, 3-13.
- Zahel, W., 1997, Ocean tides, in: *Tidal Phenomena*, Wilhelm, H., Zuern, W., and Wenzel, G. (eds.), Springer, 113-143.

APÉNDICE

Como una inversa tridiagonal de ancho de banda 1 corresponde en una dimensión espacial a una matriz de covarianza de errores $C_1(a)$ determinada por una dependencia exponencial simple de errores $\overline{\varepsilon_i^T \varepsilon_j^T} = \tilde{\sigma}^2 \exp(-\alpha|i-j|\Delta x)$, la inversa de esta matriz de covarianza continúa periódicamente en la primera y en la última línea cuando se considera un intervalo periódico. Las componentes diferentes de 0 $a = \tilde{\sigma}^{-2}(1 + \exp(-2\alpha)) / (1 - \exp(-2\alpha))$ en la diagonal principal y $b = -\tilde{\sigma}^{-2} \exp(-\alpha) / 1 - \exp(-2\alpha)$ en la primer superdiagonal nos llevan a que la parte del funcional que determina el modelo $\mathbf{r}^H \mathbf{C}^{-1} \mathbf{r}$ es $\sum_i \mu_0 r_i^* r_i + \sum_i \mu_1 (r_{i+1}^* - r_i^*)(r_{i+1} - r_i)$ con $\mu_0 = a + 2b$, $\mu_1 = b$

pero $\mu_0 = a+b$ en una frontera cerrada. Matrices de covarianza más generales se pueden obtener más fácilmente multiplicando matrices básicas $C_1(\alpha^{(k)})$ entre sí. A tal producto de matrices con n factores le corresponde una matriz inversa de ancho de banda n y un funcional de minimización que incluye cuadrados de diferencias residuales de hasta orden n . Los coeficientes de estas contribuciones dependen de los pertenecientes a las matrices básicas $(\mu_0^{(k)}, \mu_1^{(k)})$ y se pueden obtener evaluando las series de potencias $\prod_k (\mu_0^{(k)} + \mu_1^{(k)} d_x)$ en términos de las diferencias $-x$ y agrupando las contribuciones de diferencias de igual orden.

La generalización al espacio bidimensional es inmediata, donde la matriz $C_2(\alpha)$ resulta de la multiplicación de dos matrices exponenciales del tipo anterior, una refiriéndose a la dirección $-x$ y la otra a la dirección $-y$ y produciendo factores $\mu_0^2, \mu_0 \mu_1, \mu_1 \mu_0, \mu_1^2$ para los cuadrados de los residuos y de sus diferencias $-x, -y, -xy$. Igualmente, dependencias más generales expresadas por funciones exponenciales se pueden obtener multiplicando las matrices $C_2(\alpha)$ entre sí, donde las diferencias y los coeficientes que aparecen se pueden tomar de la evaluación de las series de potencia bidimensionales en términos de las diferencias d_x, d_y .

Se tomaron en cuenta diferencias de primer y segundo orden de los residuos dinámicos en el funcional de minimización, seleccionando coeficientes de peso tales que la covarianza asignada entre errores dinámicos muestre una dependencia espacial cercana a la de una curva normal y una longitud de decorrelación de aproximadamente 10° . Esta escala de decorrelación corresponde a la dimensión de las cuencas oceánicas más pequeñas que justamente resuelve el modelo. Aplicando procedimientos con escalas de longitud de decorrelación de 5° y 15° se produjeron alteraciones despreciables en las soluciones y en las cantidades que de ellas se derivan.

ESTUDIO MACROSÍSMICO DEL TEMBLOR DE COLIMA (M_w 5.3) DEL 6 DE MARZO DEL 2000

Vyacheslav M. Zobin¹, Gabriel A. Reyes-Dávila², Luz María Pérez-Santa Ana¹, Carlos A. Ramírez-Vázquez² y J. Francisco Ventura-Ramírez³

¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima

² Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias Básicas, Universidad de Colima
Colima, Col., 28045, México

³ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima
Coquimatlán, Col., 28000, México

RESUMEN

El mecanismo focal del sismo del 6 de Marzo, 2000, de magnitud M_w 5.3 ocurrido a las 22:32 (Hora Local, ó 7 de Marzo, 04:32 UT) en Colima, México, en la parte oeste del Sistema de fallas del Sur de Colima (SFSC), acompañado de numerosas réplicas, corresponde a una falla de tipo normal. Este sismo es el primer evento cortical (profundidad del foco 6 km) de esta magnitud registrado por la red sismológica RESCO dentro del SFSC desde el inicio de las investigaciones regionales de sismicidad en 1989.

Para realizar el estudio macrosísmico del temblor, se entrevistaron a cerca de 200 personas que lo sintieron en casas situadas en 54 ciudades y pueblos de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán. El campo macrosísmico del temblor está representado por tres zonas, de intensidades 5, 4 y 3. La zona de intensidad 5, abierta hacia el océano, tiene un área cercana a 50x50 km, con epicentro en el centro. Dicha área incluye la ciudad de Manzanillo en su porción costera. La zona de intensidad 4 incluye Colima y Tecomán, dos de las ciudades más grandes del estado. El área de la zona de intensidad 5 de nuestro evento ajusta bien con el valor de magnitud M_b 5.0 del evento, según la relación empírica de Suter *et al.* (1996).

INTRODUCCIÓN

El estado de Colima está ubicado en una región estructuralmente compleja (Fig. 1), donde el bloque de Jalisco se separó de la parte continental de México desde el Plioceno y formó grabenes a lo largo de sus fronteras; el graben de Colima, localizado en el norte, es uno de ellos (Rosas-Elguera *et al.*, 1996; Garduño-Monroy *et al.*, 1998). Existe un sistema de fallas al sur del Volcán de Colima, entre el bloque de Jalisco en la parte noroeste, y los bloques de Tuxpan y Tumbiscatio en el este y sureste, respectivamente (Rosas-Elguera *et al.*, 1996; Garduño-Monroy *et al.*, 1998). Este sistema de fallas está limitado por la Falla Tamazula (TF) del lado del Bloque de Jalisco y por la Falla 1 (F1) del Bloque de Tumbiscatio (Fig. 1). La discusión sobre la naturaleza de ese sistema está abierta (Garduño-Monroy *et al.*, 1998; Bandy *et al.*, 1995), por lo que en este trabajo nombramos al sistema, simplemente como el Sistema de Fallas del Sur de Colima (SFSC).

La Figura 2 muestra la distribución de los epicentros de los sismos corticales (la profundidad de 0 a 35 km) con magnitud M_c ≥ 4.0 registrados por la red sismológica regional RESCO entre 1989 y el 2000. Se puede ver que los epicentros forman una estructura lineal en la parte oeste del SFSC, paralela a la Falla Tamazula, lo que sugiere una relación con las fallas locales.

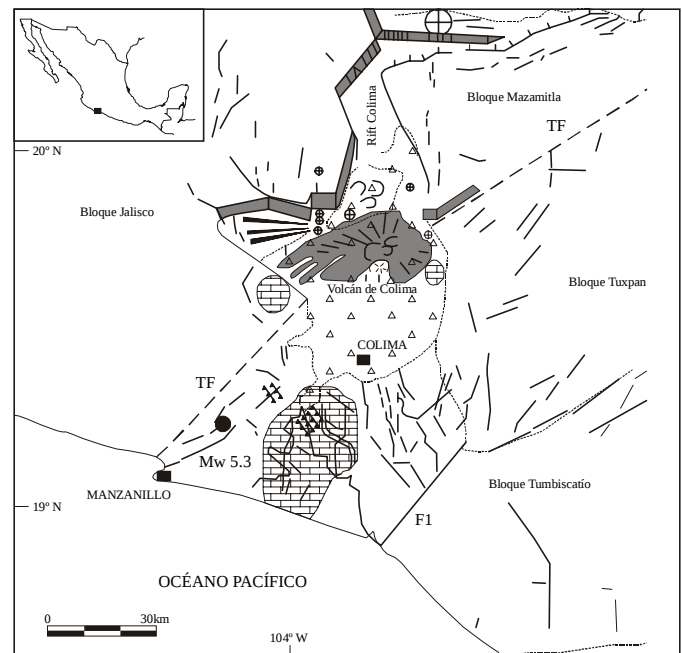


Figura 1. Mapa estructural de la zona del complejo volcánico de Colima (modificado de Garduño-Monroy *et al.*, 1998). Las líneas muestran fallas tectónicas; la zona de avalanchas del Volcán de Colima se muestra con triángulos; los afloramientos de caliza se muestran con pantalla de ladrillos; el epicentro del temblor del 6 de marzo del 2000 se muestra con el círculo negro. TF es la Falla Tamazula, F1 es la Falla 1. Los círculos con cruz representan volcanes monogénicos.

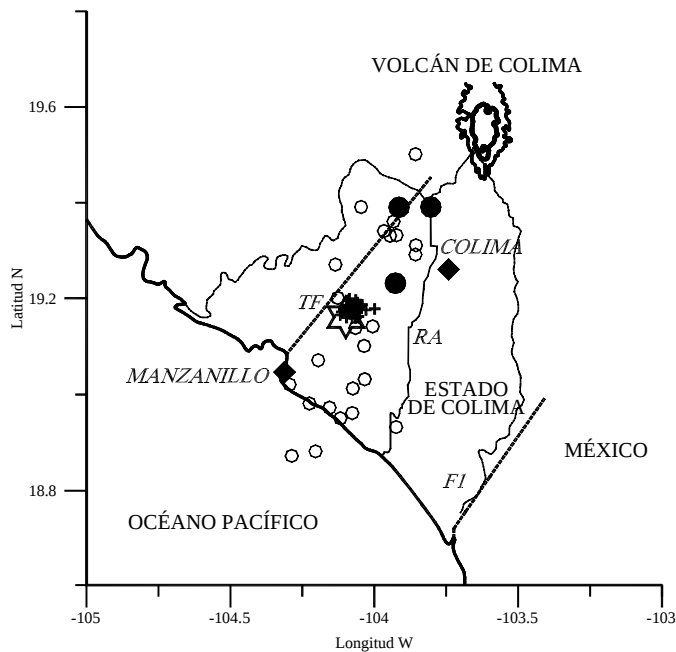


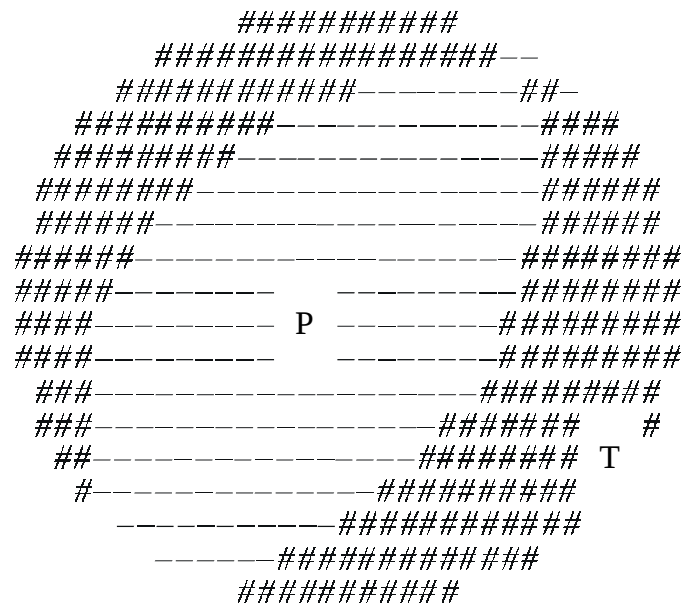
Figura 2. Epicentros de sismos corticales con magnitud mayor que 4.0 (profundidad 0-35 km) registrados en el estado de Colima por la red RESCO entre 1988 y 2000. Los epicentros (círculos abiertos) fueron localizados por la red RESCO. El epicentro del temblor del 6 de marzo del 2000 (Mw 5.3) se muestra con la estrella y sus réplicas con cruces. La Falla Tamazula (TF) y la falla 1 (F1) se indican con líneas puntuadas, y las ciudades se muestran con los rombos negros. RA es el Río Armería.

El sismo del 6 de Marzo del 2000 de magnitud Mw 5.3 (Mb 5.0, Ms 4.7) ocurrió en la noche, a las 22:32 (Hora Local) ó 7 de Marzo (04:32 UT) en el estado de Colima, México (Figs. 1 y 2) en la parte oeste del SFSC, dentro de la zona epicentral mostrada en la Figura 2. Sus coordenadas son 19.160° N de latitud y 104.095° W de longitud. Este sismo fue el primer evento cortical (profundidad del foco 6 km) de esta magnitud registrado dentro del SFSC desde el inicio de las investigaciones regionales de sismicidad en 1989 (Castellanos y Jiménez, 1995) y su mecanismo focal corresponde a una falla normal (Fig. 3). Durante los primeros 10 días después del evento mayor, fueron localizadas 56 réplicas de magnitud entre 2.8 y 3.5, a profundidades entre 2 y 20 km. Las réplicas se localizan al norte del epicentro de evento principal y ocupan un área de 5 x 7 km (Fig. 2).

El objetivo de este artículo es presentar un estudio macrosísmico del temblor.

ESTUDIO MACROSÍSMICO

El estudio macrosísmico del temblor fue iniciado a una semana del evento y concluyó tres semanas después. Hicimos cerca de 200 entrevistas a personas que lo sintieron en casas situadas en 54 ciudades y pueblos de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán (167 entrevistas personales y 17 por teléfono). El cuestionario se basó en la escala de intensidad Mercalli Modificada (MM). Para tener datos uniformizados, entrevista-



7 de Marzo, 2000, Jalisco, México, Mw=5.3
Tomado del catálogo de Centroides de Harvard
(N. Maternovskaya y G. Ekstrom)
Datos usados: GSN
Ondas de cuerpo de periodo largo: 23s, 36c, T=45
Ondas de manto: 11s, 13c, T=135
Localización del centroide:
Tiempo de origen 4:32:25.0 0.4
Latitud 19.43 N 0.05; Longitud 103.97 W 0.06
Profundidad fija 15.0; duración media 1.1
Valor escalar del tensor de momento; 10^{24} dina-cm
MRR = -1.25 0.07; MTT=0.53 0.07
MFF = 0.72 0.07; MRT=0.06 0.15
MRF = -0.37 0.15; MTF=0.36 0.09
Ejes principales:
1. (T) VAL = 1.02; PLG = 7; AZM = 125
2. (N) 0.30; 9; 34
3. (P) -1.32; 78; 250
Mejor solución de par doble:
 $M_0 = 1.2 \times 10^{24}$
NP1: rumbo=225; echado=39; deslizamiento=-75
NP2: 26; 52; -102

Figura 3. La solución del tensor de centroide-momento (Maternovskaya y Ekstrom, 2000). P=eje de compresión, T=eje de extensión.

mos a personas que habitan en casas de un nivel, construidas sin diseño sismorresistente especial (Mampostería tipo B ó C, según la clasificación de Zobin y Ventura-Ramírez, 1999). Para cada sitio fue tomada una intensidad promedio sin corrección por tipo de mampostería o condiciones de suelo. Los valores promedio de intensidad se presentan en la Tabla 1.

La Fig. 4 muestra las isosistas del temblor. El sitio más cercano se localiza a una distancia de 9 km del epicentro. El campo macrosísmico del temblor puede ser representado por tres zonas, de intensidades 5, 4 y 3. La zona de intensidad 5, abierta hacia el océano, tiene cerca de 50x50 km con epicentro en su centro. Esta incluye a la ciudad de Manzanillo en su porción costera. La zona de intensidad 4 incluye a Colima y Tecomán, dos de las ciudades más grandes del estado de Colima.

Tabla 1. Las intensidades del temblor del 6 de marzo del 2000.

Estado de Colima	Intensidad	Distancia, km
Armería	4	28
Colima	4	40
Coquimatlán	4	30
Cuauhtémoc	4	52
Ixtlahuacán	4	42
Jala	4	26
La Esperanza	4	24
Madrid	4	25
Tamala (Aguiles Serdán)	4	40
Tecomán	4	36
Tepames	4	50
Villa de Álvarez	4	39
Agua Zarca	4.5	18
Cerro de Ortega	4.5	60
La Sidra	4.5	15
Manzanillo	4.5	26
Pueblo Juárez	4.5	17
Rincón de López	4.5	21
Tinajas	4.5	55
Camotlán de Miraflores	5	17
Coalatilla (Augusto Gómez Villanueva)	5	18
El Algodonal	5	17
El Colomo (Mpio. de Coquimatlán)	5	9
La Atravesada	5	9
Minatitlán	5	25
Venustiano Carranza	5	17

Estado de Jalisco		
Juchitlán	2	102
La Central (Mpio. de Mazamitla)	2	131
Zacoalco de Torres	2	131
Acatlán de Juárez	2.5	150
Autlán de Navarro	2.5	73
La Garita	3	122
Mazamitla	3	140
Tamazula de Gordiano	3	105
Chamela (José María Morelos)	3.5	128
Barra de Navidad	4	63
Cihuatlán	4	51
Cuautilán de García Barragán	4	43
La Huerta	4	68
Sayula	4	96
Tequesquiltán	4	52
Tuxpan	4	87
Copala	4.5	62
Paso de Alceseca	4.5	44
Perempitz	4.5	45
San Francisco Mazatán	4.5	44
San Gabriel (Venustiano Carranza)	4.5	73
San José del Carmen	4.5	48
Zapotitlán de Vadillo	4.5	52

Estado de Michoacán		
Apatzingán	2	183
Coalcomán de Vázquez Pallares	3	107
Aguila	4	88
Maquilín	4	87
Villa Victoria	4	89

En el trabajo de Suter *et al.* (1996) se muestra que para los sismos corticales de las partes este y central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana hay una relación entre el área A de una intensidad I y la magnitud Mb del evento. La aplicación de su ecuación de regresión entre estos parámetros indica que el área de la zona de intensidad máxima de nuestro evento ajusta bien con el valor de magnitud Mb 5.0 del evento (Fig. 5).

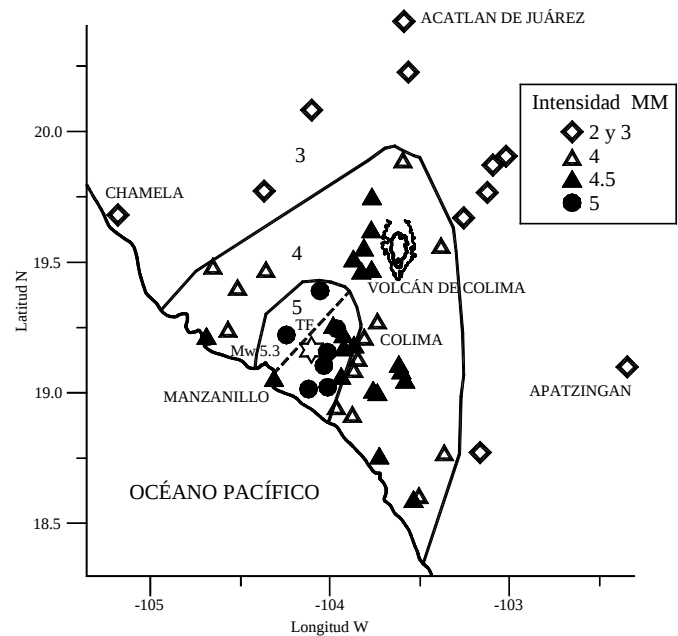
TEMBLOR DE COLIMA DEL 6 (7) DE MARZO DE 2000

Figura 4. El campo macrosísmico del temblor del 6 de marzo de 2000. Los índices 3, 4, 5 indican la intensidad. La Faja Tamazula (TF) se muestra como una línea. Las fronteras entre las zonas de intensidad se muestran con líneas continuas.

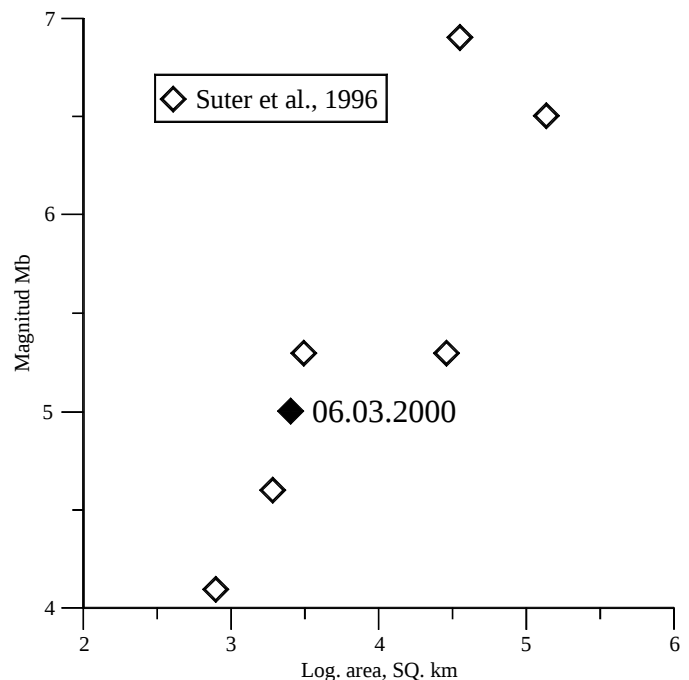


Figura 5. La relación entre el área de una intensidad y la magnitud Mb.

DISCUSIÓN

El temblor del 6 de marzo del 2000 es un evento importante en la vida sísmica del estado de Colima por ser el primer sismo cortical de magnitud 5.3 registrado por la red RESCO en

los últimos 12 años. Al mismo tiempo, puede ser considerado un evento común para la sismicidad cortical de México. Suter *et al.* (1996) publicaron los mapas para ocho temblores corticales ocurridos dentro de las estructuras de la Faja Volcánica Trans-Mexicana desde 1887 a 1989; los eventos tuvieron una magnitud Mb entre 4.1 y 5.3, o sea, cercanas a la magnitud del evento que aquí estudiamos. Dichos temblores producen efectos macrosísmicos con intensidad hasta 7-8 (MM) que es mucho mayor a la intensidad máxima del temblor del 2000. Esto puede estar condicionado por la diferencia en la profundidad de eventos (la mayoría de ellos tienen profundidades mayores a 10 km), o por diferencias en las condiciones físicas de los suelos.

Los movimientos tectónicos a lo largo de las fronteras del bloque de Jalisco tienen gran potencial sismológico. El estudio de los efectos macrosísmicos del terremoto de 1568 (Suárez *et al.*, 1994) que ocurrió en la esquina norte-este del Bloque de Jalisco mostró que dicho sismo produjo daños fuertes en las ciudades de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán. Según los efectos destructivos, se puede estimar que la magnitud del evento de 1568 fue mayor que 7.0.

El temblor del 6 de marzo del 2000 tuvo una magnitud Mw=5.3. Un evento de este tamaño puede ser producido por movimientos a lo largo de una falla de longitud de cerca de 10 km. Entonces, el temblor de 2000 no fue el máximo para la zona epicentral del sistema de fallas Tamazula que tiene la longitud alrededor de 60 km (Ver la Figura 1). Por eso, hay posibilidad de ocurrencia en futuro del terremoto de magnitud 7 en la zona oeste del estado de Colima que puede corresponder de dicha longitud de la falla.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a José Frez por sus comentarios y a Carlos Navarro por sus consultas sobre la geología de la región. Juan Carlos Cerda Chacón, María Jazmín Chávez Álvarez, Laura Yoloxóchitl Hernández Jiménez, Lorena Alejandra García Olea, Armando Téllez Alatorre y Luis Ríos Ruelas participaron en la obtención de datos macrosísmicos.

REFERENCIAS

- Bandy, W.L., Mortera-Gutiérrez, C.A., Urrutia-Fucugauchi, J., 1995. The subducted Rivera-Cocos plate boundary – where is it, what is it and what is its relationship to the Colima rift? *Geophysical Research Letters.*, 22, 3075-3078.
- Castellanos, G. y Jiménez, Z., 1995. *Sismología en Colima*. SEP, México, 107 pp.
- Garduño-Monroy, V.H., Saucedo-Girón, R., Jiménez, Z., 1998. La falla Tamazula, límite suroriental del bloque de Jalisco y sus relaciones con el complejo volcánico de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15: 132-144.
- Maternovskaya, N. and Ekstrom, G., 2000. The Harvard centroid-moment tensor (CMT) solution for earthquake of March 7, 2000. Harvard CMT Data Base, Internet Page.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Garduño-Monroy, V.H., 1996. Continental boundaries of the Jalisco block and their influence in the Pliocene-Quaternary kinematics of western México. *Geology*, 24, 921-924.
- Suárez, G., García-Acosta, V. and Gaulon, R., 1994. Active crustal deformation in the Jalisco block, México: evidence for a great historical earthquake in the 16th century. *Tectonophysics*, 234, 117-127.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M. and Quintero-Legoretta, O., 1996. Macroseismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the Trans-Mexican volcanic belt, México. *Bulletin Seismological Society America*, 86, 1952-1963.
- Zobin, V.M. y Ventura-Ramírez, J.F., 1999. Vulnerabilidad sísmica de edificios residenciales y pronóstico de daños en caso de sismos fuertes en la ciudad de Colima. *GEOS*, 19-3, 152-158.

LOS DESLIZAMIENTOS DE LA CARRETERA DE CUOTA TIJUANA-ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Manuel Cruz-Castillo¹ y Luis A. Delgado-Argote²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: mcruzc@www.imp.mx

² Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: ldelgado@cicese.mx

RESUMEN

En el marco de una región tectónicamente activa, donde los sismos representan disparadores potenciales de movimientos del terreno, los deslizamientos de laderas a lo largo de la carretera de cuota Tijuana-Ensenada obedecen a la presencia combinada de fallas o fracturas desarrolladas en rocas sedimentarias pobremente consolidadas en terrenos cuya pendiente es comúnmente superior a 10°. En San Miguel, una de las zonas más afectadas, los planos de despegue coinciden con los contactos entre lutitas y areniscas de la Fm. Rosario. Se hace una descripción de la litología dominante y de la geometría de los principales deslizamientos en la zona de los Acantilados Salsipuedes. Se identifica que, además de las características geológicas, las obras civiles y otros factores antrópicos, son los principales agentes promotores de los deslizamientos.

INTRODUCCIÓN

La región del norte de la península de Baja California y sur de California se caracteriza por la presencia de fallas regionales activas orientadas NW-SE (Legg *et al.*, 1991) que, en gran medida, son responsables de la inestabilidad de zonas con importante desarrollo urbano. Entre Tijuana y aproximadamente 75 km al sur de Ensenada, la costa occidental de la península muestra el desarrollo de acantilados que evidencian un importante levantamiento tectónico (Rockwell *et al.*, 1989). Por medio de perfiles sísmicos de reflexión, en el borde continental de la península se ha documentado que las fallas cercanas a la costa afectan a sedimentos cuaternarios (Legg, 1991; Legg *et al.*, 1991).

La deformación general del noroeste de Baja California está gobernada por el Sistema San Andrés-Golfo de California. En su interior se han identificado fallas que pueden generar sismos hasta de magnitud 7 (Frez y González, 1991). Aunque la actividad sísmica en el área de estudio es de baja magnitud, es importante, debido a la inestabilidad propia del terreno, como consecuencia de las pronunciadas pendientes en algunas zonas y de la poca competencia de algunas unidades litológicas que floran ampliamente en la región.

En la zona de Ensenada-Salsipuedes, donde se localiza la carretera de cuota Tijuana-Ensenada, es importante la sismicidad asociada con la Falla San Miguel, localizada hacia el oriente (Legg *et al.*, 1991). La actividad predominante para la región de Salsipuedes es de enjambres (Wong *et al.*, 1987). En esta región, el fallamiento dominante reciente está orientado hacia el NW y es de desplazamiento lateral y normal (Cruz-Castillo y Delgado-Argote, 1999). El fallamiento normal se observa en toda la zona de estudio, afectando la columna estratigráfica com-

pleta. También se observa fallamiento orientado E-NE, al que consideramos más antiguo que los dos anteriores pues solo afecta a la Fm. Rosario.

La deformación reciente en la zona de estudio está relacionada con un régimen de cizalla derecha orientada paralelamente al activo sistema de falla El Descanso-Estero que se localiza en el mar, a aproximadamente 5 km de la costa. En la zona de estudio, la región donde se observa más claramente esta relación estructural es en el Arroyo El Tigre, cuya expresión topográfica en escalón corresponde a la cizalla regional (Fig. 1).

Los espectaculares cantiles desarrollados en sedimentos marinos que se observan en la región de Salsipuedes, en la costa, se deben en parte a la presencia de una capa de derrames de basalto que los sobreyace. Muchos de estos cantiles son cabeceras de grandes deslizamientos antiguos, ahora estables, y de otros activos muy destructivos. La mayoría de los deslizamientos se concentra en la costa, entre Punta Salsipuedes y Punta San Miguel, y algunos fueron reactivados a partir de la construcción de la carretera de cuota Tijuana-Ensenada, como los que se presentan en los kilómetros 61, 91 y 98.

Desde los primeros estudios geotécnicos, previos a la construcción de la carretera, en la década de los sesenta, se sabía que los deslizamientos antiguos podían reactivarse. No obstante, las autoridades responsables en aquella época decidieron aceptar los riesgos previstos para hacer de la autopista un atractivo turístico. Desde su construcción, la carretera es reparada continuamente.

Los deslizamientos ocurren en una unidad de arenisca poco consolidada bien expuesta y cubierta por derrames de basalto resistentes a la erosión, que han ayudado a que las cabeceras se preserven.

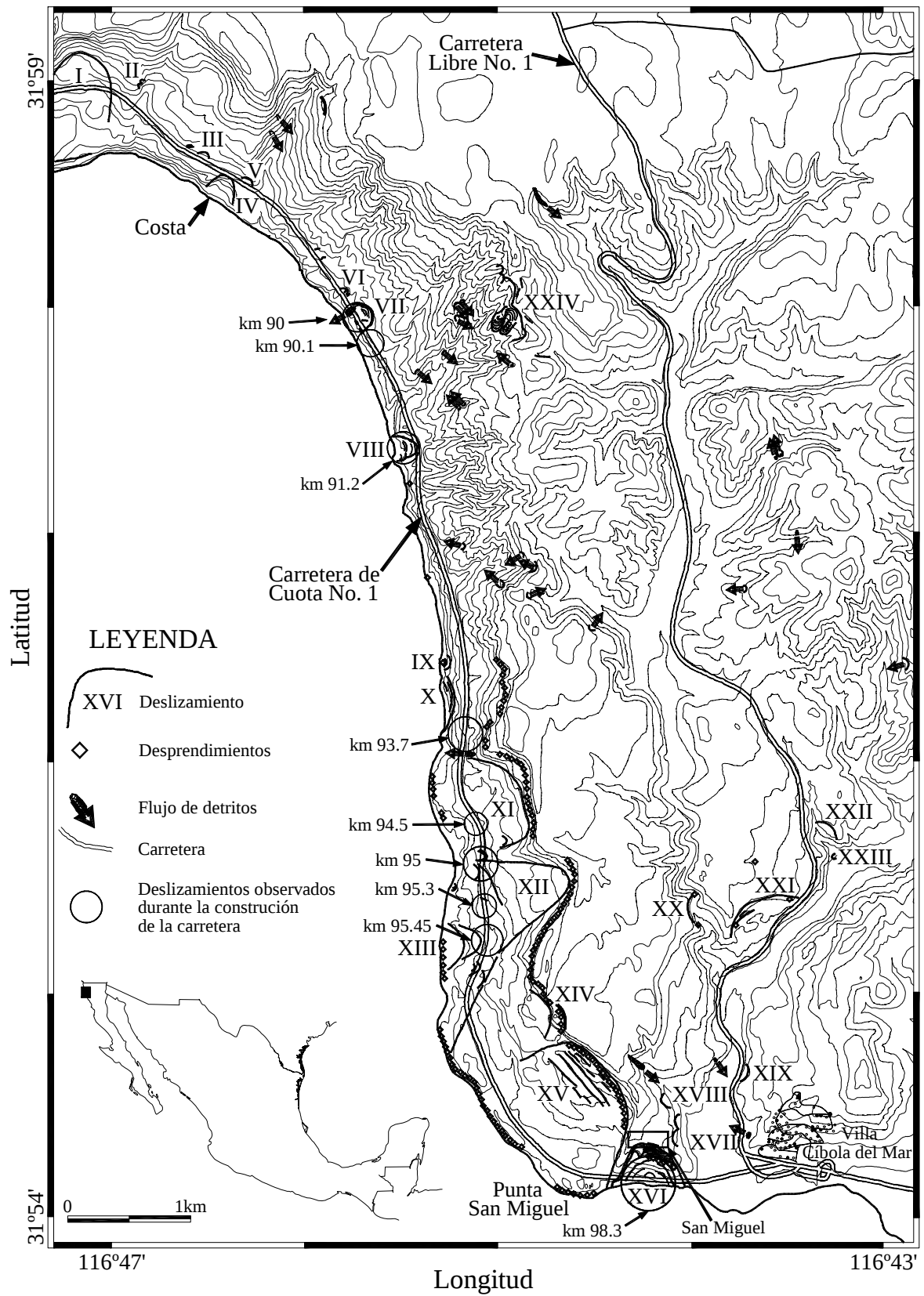


Figura 1. Localización del área de estudio. Punta San Miguel se sitúa a 12 km al NW de la Ciudad de Ensenada y está limitada al poniente por el Océano Pacífico. Se muestran la posición de los deslizamientos reportados en el primer trabajo realizado en la zona (Rico *et al.*, 1969). Los deslizamientos reconocidos en el área de estudio se enumeran del I al XXIV los deslizamientos reconocidos en el área de estudio, de los cuales, son muy activos el VIII, XVI y XX.

En la villa de San Miguel, la cabecera del deslizamiento que afecta a la carretera de cuota ha destruido algunas casas ya que retrograda continuamente.

El objetivo de este trabajo es describir los deslizamientos más importantes observados en la zona y presentar sus características geológicas más sobresalientes, con base en un estudio geológico detallado efectuado entre 1996 y 1998.

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los deslizamientos de tierra más importantes en el NW de Baja California ocurren desde el km 61 hasta el km 99 en la carretera de cuota Tijuana-Ensenada, No. 1, y en el área urbana de la ciudad de Tijuana. En la zona de estudio se observan deslizamientos desde el Mirador, en el km 84, hasta Punta San Miguel (Fig. 1).

Punta San Miguel se encuentra en el km 98 de la carretera Tijuana-Ensenada, a 12 km al NW de la ciudad de Ensenada, B.C., donde también se localiza la caseta de cobro y se presenta el deslizamiento más importante de la zona, el cual afecta a la villa San Miguel. El complejo habitacional San Miguel se sitúa exactamente en la corona del deslizamiento y algunas casas han sido destruidas totalmente.

La morfología de la zona evidencia el levantamiento tectónico del W de la península de Baja California. En el flanco poniente de la Mesa San Miguel (Fig. 2), las laderas tienen pendientes de 4° a 9° que se vuelven verticales cuando se encuentran con la mesa formada por derrames basálticos. El límite entre las mesetas y las pendientes de la costa está marcado por acantilados grandes con pendientes hasta de 85° que corresponden a antiguas cabeceras de deslizamientos. La Mesa San Miguel cubre un área de 4 km² aproximadamente y tiene una altura de 200 metros sobre el nivel del mar.

La costa entre la Mesa El Tigre y la Mesa San Miguel presenta un paisaje de fuertes pendientes y tiene la densidad de arroyos más grande de la zona; a esta área se le nombrará en este trabajo Acantilados Salsipuedes (AS, Fig. 2).

ANTECEDENTES

CAUSAS DE LOS DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos de tierra normalmente obedecen a la ley de la gravedad y son inducidos por las pendientes pronunciadas, por una litología poco consolidada y por la estructura de los cuerpos rocosos. El valor de las pendientes es uno de los factores principales de la inestabilidad. Además, la estabilidad natural de las pendientes puede alterarse al añadirle alguna carga o al remover material de la base. También los cambios en las

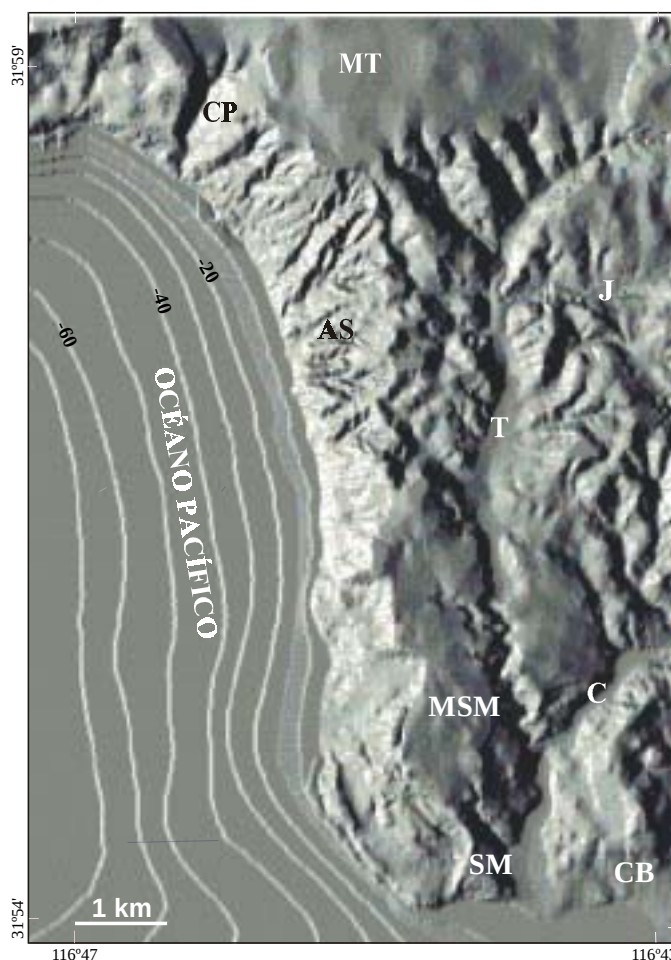


Figura 2. Modelo topográfico de iluminación artificial exagerado tres veces. El sol se encuentra en el poniente a 30° sobre el horizonte. Abreviaturas: Meseta El Tigre (MT) en el norte, Mesa San Miguel (MSM) en el sur, grandes acantilados de la costa (Acantilados Salsipuedes, AS). Se distinguen tres grandes arroyos: Arroyo el Carmen (C) al sureste de la zona, Arroyo El Tigre (T) que cruza por el centro y se curva hacia el noreste en su parte norte y el Arroyo El Junco (J) en la parte noreste, en el noroeste sobresale la Cañada Pescaderos (CP). Cíbola del Mar (CB) San Miguel (SM).

condiciones físicas de la roca pueden inducir la actividad de deslizamientos; estas modificaciones pueden deberse a incrementos en la presión de poro asociados al aumento en el contenido de agua en el material (Keefer, 1984; Varnes, 1978). Los cambios en la vegetación y las variaciones en la filtración del agua y remoción de la matriz o del cementante de las rocas también pueden incrementar la inestabilidad del terreno al disminuir su cohesión. Las lluvias torrenciales también son promotores de deslizamientos. Finalmente, uno de los factores más importantes que determinan la estabilidad de un lugar es la naturaleza estructural del sitio, definida por la presencia de fallas, fracturas y planos de estratificación (Pachauri y Pant, 1992).

La estabilidad precaria de un terreno sumada a los movimientos sísmicos termina por generar deslizamientos (Keefer, 1984).

TRABAJOS PREVIOS

Existen algunos trabajos previos que explican el fenómeno de los deslizamientos en San Miguel. Una importante contribución y motivación para la investigación en esta área han sido los libros guía para excursiones en la Baja California que ha editado la South Coast Geological Society, en los cuales se han publicado algunos trabajos descriptivos (Ashby, 1989; Miller y Abbott, 1989; Abbott *et al.*, 1993; Hart, 1993).

El primer trabajo de detalle lo efectuaron Rico *et al.* (1969), quienes publicaron los estudios hechos para la Secretaría de Obras Públicas, donde se muestran los deslizamientos activos de aquella época. Estos autores reportaron que en la década de los sesenta ocurrieron deslizamientos en los km 98.3, 95.45, 95.3, 95.0, 94.5, 93.7, 91.2, 90.1 y en el 90.0 de la carretera de cuota Tijuana-Ensenada (Fig. 1), y concluyeron que la construcción de la autopista reactivó algunos deslizamientos.

Minch (1972) se apoyó en diapositivas infrarrojas tomadas con ángulo bajo y en fotografías aéreas con las que hizo un mapa de reconocimiento entre el Descanso y Punta San Miguel. Llegó a la conclusión de que existen diferentes tipos de fallamiento y notó que los más importantes son los de dirección NNW, que afectan a los derrames de basalto localizados en las partes altas del área de estudio. También observó que el fallamiento regional controla la distribución de los deslizamientos, pues los acantilados son paralelos a uno o más sistemas de fracturas e indicó que la zona no es apta para el desarrollo urbano de grandes dimensiones y recomendó poner atención al oleaje, ya que los deslizamientos se concentran en la costa.

Por su parte, Hart (1993) propuso que el deslizamiento que ocurrió en 1976 cerca de la caseta de San Miguel probablemente se produjo a lo largo de una ruptura basal preexistente.

Morales-Pérez (1995), en su tesis profesional, detalló la litología del sitio y caracterizó los deslizamientos, principalmente el cercano a la caseta de cuota, en el que encontró que los factores controladores se asocian a discontinuidades preexistentes, como fallas, fracturas, a la estratificación de areniscas que buza en la dirección de la pendiente y a pendientes de 20% o más.

Recientemente, Cruz-Castillo y Delgado-Argote (1999) mostraron en un estudio de geología estructural detallado que en la zona de deslizamientos predomina una deformación correspondiente con los esfuerzos regionales NNW.

CRONOLOGÍA DE LOS DESLIZAMIENTOS EN SAN MIGUEL

Durante los últimos 36 años se ha observado que el deslizamiento cercano a la caseta de cobro ha retrogradado y presentado diversas formas y tamaños. Este fue uno de los prime-

ros deslizamientos en reactivarse cuando se empezó a construir la carretera. El primer movimiento ocurrió justo después de que se hicieron las nivelaciones en 1964, y se asoció con la construcción de la carretera.

Antes de mayo de 1967, en el km 91.2, se manifestó un lento movimiento de la masa del terraplén de la carretera. En el mes de mayo de 1967, mes y medio después de terminada la temporada de lluvias, el terreno se colapsó súbitamente en el km 94.5 impidiendo la circulación vehicular.

La carretera se inauguró el 25 de abril de 1967, después de aproximadamente 6 años de construcción (Rico *et al.*, 1969). En junio de 1968 el movimiento vertical observado en el pie del deslizamiento de la caseta de San Miguel fue de 17 cm/mes. Hart (1993) propuso que el agua utilizada para perforar durante la construcción de la carretera favoreció o motivó el deslizamiento. Los movimientos en este sitio aparentemente cesaron en 1970 después de que se rebajaron 5 m de material del cuerpo del deslizamiento. En 1976 ocurrieron dos movimientos importantes: el primero fue el 16 de agosto, que agrietó una porción de la carretera y una parte del cerro anexo se derrumbó sobre ella; el segundo movimiento, que ocurrió el día 23 del mismo mes, fue un deslizamiento súbito que afectó un área de 300 m de largo por 300 m de ancho y alcanzó a un deslizamiento viejo hacia el oeste (Hart, 1993). La cabecera de este deslizamiento destruyó y cortó una casa a la mitad (Fig. 3). Como consecuencia del segundo movimiento hubo un empuje hacia arriba de una porción de la zona de bermas al pie del deslizamiento que hizo emerger el piso marino a la superficie y formó una pequeña laguna de aproximadamente 50m x 100m. En 1995 el deslizamiento empezó a acelerar su desplazamiento en forma notable, varias casas cercanas a la cabecera fueron totalmente destruidas. La velocidad promedio del desplazamiento en todo el año de 1995 fue de 70 cm/mes.

En 1997 empezaron los trabajos de descapote para rebajar 2 m de material del cuerpo del deslizamiento y menguar su razón de desplazamiento. Como el tramo carretero que cruzaba por encima del deslizamiento ya estaba muy desplazado de su trazo original se optó por reconstruirlo totalmente. Durante 1999 se han observado movimientos importantes en esta zona.

MARCO GEOLÓGICO

La litología de la zona está representada por rocas sedimentarias de la Formación Rosario del Cretácico Tardío que descansa sobre rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Fm. Alisitos del Cretácico Temprano. Sobre la Fm. Rosario se depositó la Fm. Rosarito Beach del Mioceno, caracterizada por derrames de lava y sedimentos de ambiente costero. Enseguida se describen las unidades litológicas más importantes.



Figura 3. Casa afectada por la cabecera del deslizamiento de 1976. Esta foto se tomó en febrero de 1996 y la casa y la pared tienen el mismo aspecto que tuvieron inmediatamente después del deslizamiento.

LITOLOGÍA

FORMACIÓN ALISITOS

El basamento en la zona está representado por rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Alisitos del Aptiano-Albiano. Esta formación se compone de una secuencia metamorfizada en la facies de esquistos verdes de rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentos cuya edad, de acuerdo con la fauna reportada en otras localidades por Minch (1967) y Almazán-Vázquez (1988), corresponde al Cretácico temprano (Aptiano-Albiano). Estas rocas afloran en la margen del Pacífico del norte de Baja California en una franja desde el límite con Estados Unidos hasta la mitad de la península. En la zona de estudio, así como hacia el oriente de ésta y en la zona de Ensenada, la Fm. Alisitos está ampliamente expuesta. En la zona de estudio la unidad está representada por algunos afloramientos de depósitos de lapilli acrecional, en la zona de la costa constituye el basamento local mientras que hacia el sur predominan los depósitos volcanoclásticos.

FORMACIÓN ROSARIO

La Fm. Rosario descansa discordantemente sobre la Fm. Alisitos. Consiste de sedimentos marinos del Campaniano Tardío-Maastrichtiano Temprano (Abbott *et al.*, 1993) y muestra cambios de facies de continental a marino profundo. Contiene fósiles marinos, está pobremente consolidada y poco deformada por los esfuerzos tectónicos. Yeo (1984) la dividió en tres miembros, de los cuales, el medio y el superior afloran en la zona de estudio.

Miembro medio

Este miembro aflora principalmente en el Arroyo El Carmen y a lo largo de casi toda la línea de costa. En punta San Miguel se pudo diferenciar una facies no consolidada que se extiende aproximadamente 4 km² (Fig. 4). Es una arenisca de grano medio a fino, color pardo claro. Los granos están bien seleccionados y varían de subangulosos a subredondeados. Las areniscas, en estratos de 10 a 70 cm de espesor, están interestratificadas con lutitas y lodolitas cuyos espesores varían de 2 a 10 cm. También son frecuentes algunos estratos de conglomerados. Las areniscas contienen concreciones cuyos diámetros varían entre 4 y 60 cm, predominando las cercanas a 20 cm. En algunas partes es común la estratificación hamacada de bajo ángulo que sugiere depósitos de tormenta en un ambiente de talud. El resto del Miembro Medio está formado por lodolita color gris-verdoso y pardo claro que se encuentra en estratos de 2 a 40 cm de espesor. En la cima existen concreciones de 5 a 30 cm de diámetro, algunas de las cuales contienen fósiles de amonitas del género *Baculites inornatus*, *Baculites compressus*, *Baculites cf. occidentalis* (Shimer y Shrock, 1955; Miguel Téllez, comunicación personal, 1996) y de gasterópodos. En la parte central tiene estratos de 40 a 70 cm de espesor de arena fina cementada por carbonatos que facilitaron la conservación de los fósiles. La estratificación hamacada de bajo ángulo, la presencia de paleocanales, y los cambios bruscos en la sedimentación indica que se trata de una secuencia bouma incompleta, la cual se observa muy bien en el km 92 (Yeo, 1984a).

Miembro Superior

Esta unidad aflora en el centro y norte del área cartografiada, ocupando casi el 50% de la zona. Consiste en un conglomerado polimítico de color pardo-blanco, que intemperiza a pardo rojizo y se caracteriza por su gradación inversa. Sus clastos tienen entre 2 y 20 cm de diámetro y predominan los de 10 cm. Los fragmentos están bien redondeados, mal seleccionados y bien consolidados en una matriz arenosa rica en cuarzo que se diferencia de la del miembro medio por su menor contenido de biotita. Sus estratos son de diferente espesor, de 0.4 a 5 m, predominando los gruesos; en su parte inferior se intercala con areniscas y en menor proporción con lodolitas. Hacia el oriente del área, abundan las areniscas que contienen concreciones y fragmentos retrabajados del Miembro Medio de hasta 1 m de diámetro. Los contactos entre el Miembro Medio y Superior son transicionales, pero se manifiestan morfológicamente por

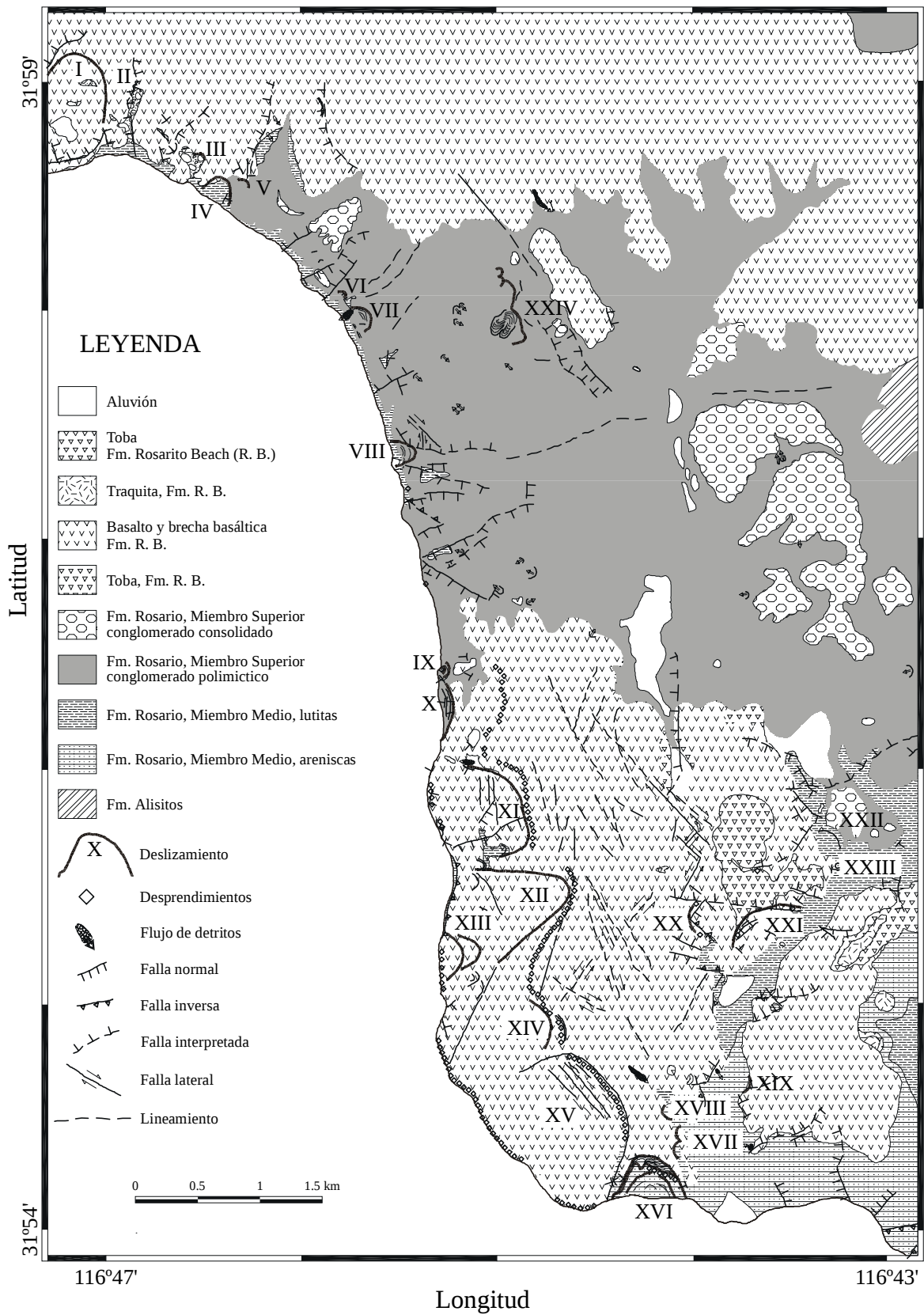


Figura 4. Mapa geológico del área de estudio. Los deslizamientos están numerados del I al XXIV, de los cuales, son activos el VIII, XVI y XX. La unidad litológica dominante en la superficie del área es la correspondiente a los derrames de basalto. Las fallas con línea continua fueron medidas en campo, y las punteadas fueron interpretadas en fotografías aéreas y/o son la continuación de las observadas.

un ligero cambio de menor a mayor pendiente del terreno, debido a la mayor competencia del Miembro Superior.

FORMACIÓN ROSARITO BEACH

La Fm. Rosarito Beach sobreyace discordantemente a la Fm. Rosario. Esta formación se encuentra en la costa Pacífico de Baja California entre la Sierra Peninsular y el Borde Continental. Está representada por flujos de basalto, brechas arenosas con matriz de lodo, tobas de lapilli, tobas cristalinas, areniscas tobáceas, sedimentos diatomáceos, areniscas, calizas y conglomerados, indicando ambientes fluviales, lacustres y de plataforma marina somera (Minch *et al.*, 1984; Ashby 1989). La Formación se compone de 10 miembros (Ashby, 1989; Minch 1967; Minch *et al.* 1984). El miembro más antiguo, La Misión, aflora desde el pueblo La Misión hasta el área de estudio. Los derrames de basalto ocupan las partes topográficamente altas (Fig. 4).

Miembro La Misión

El Miembro La Misión consiste generalmente de basalto. La parte inferior está formada por basalto con textura vesicular porfirítica de grano muy grueso, cuyos cristales de plagioclasa se pueden apreciar zonados a simple vista; la laminación es común en algunos flujos y su espesor varía entre 75 y 100 m (Minch *et al.*, 1984). Es común el basalto de olivino que es más cristalino en la parte superior de los afloramientos y las brechas basálticas con arena y limo atrapado entre los derrames. La parte superior del Miembro La Misión está formada por flujos de basalto porfirítico con fracturas columnares cuyo espesor varía de 75 a 100 m. Los flujos de basalto forman grandes mesetas de decenas de km² en la franja costera entre Ensenada y Tijuana. En la parte SE del área existen unos pocos afloramientos de traquita color rosa coronando algunas lomas.

Algunos derrames de basalto contienen diques de arena emplazados en fracturas de 5 a 20 cm de anchura; de donde se infiere que se emplazaron por efecto de actividad hidrotermal y de presión confinante del cuerpo de basalto al depositarse sobre arenas saturadas con agua.

En el contacto entre las rocas sedimentarias y volcánicas existe una serie de tobas líticas, tobas pumicíticas y tobas arenosas de color rosa-blanco con espesor de 10 a 200 cm distribuidas en estratos irregulares que siguen la antigua topografía y que han sido “cocidas” por los derrames de basalto. Según fechamientos K-Ar en plagioclasas de la unidad de basalto, este miembro tiene una edad de 16.1 ± 2.1 Ma (Gastil *et al.*, 1975).

DESLIZAMIENTOS

Se reconocen deslizamientos rotacionales y desprendimientos de bloques, desde el poblado de La Misión, en el km 61, hasta el Arroyo El Carmen, en el km 99. Los más grandes tienen cabeceras hasta de 1 km de largo. Algunos de ellos son estables y se pudieron identificar por su forma y por presentar fallamiento normal en su interior. Se observó que los límites de

los deslizamientos intersectan a la carretera pero no la desplazan. Las pendientes en estos lugares varían entre 2° y 9° y son aparentemente estables.

Las cabeceras de los deslizamientos costeros XI, XII, XIV y XV (Fig. 1) están estrechamente relacionadas con el sistema de fallamiento del Arroyo El Tigre (Cruz-Castillo y Delgado-Argote, 1999), ya que muestran un claro paralelismo con la dirección de fallamiento NNW. Estos deslizamientos han alcanzado su estabilidad gravitacional y la vegetación y la erosión enmascaran los rasgos geométricos de los costados de los deslizamientos, así como las fallas normales y grietas extensionales que caracterizan el interior de la masa deslizada. La falta de rasgos notables atestigua la ausencia de movimiento reciente. Dos de los deslizamientos, el XI y el XIII de las Figs. 1 y 4, presentan sus frentes de deslizamiento inmediatamente arriba del nivel del mar, caracterizados por una estructura lobular.

Otros deslizamientos (II, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII y XXIII) existentes en los cauces de los arroyos (Fig. 1), no presentan lóbulo en su pie debido principalmente a que ha sido erosionados; sin embargo, las fallas normales dentro del cuerpo de estos deslizamientos están bien preservadas, lo que facilitó su identificación. En general, existe poca información que permita conocer la edad de los deslizamientos. Minch (1972) observó que las terrazas marinas cercanas a La Salina, al norte del área de estudio, desarrollaron sobre deslizamientos anteriores al Pleistoceno. El fallamiento normal identificado en depósitos del Cuaternario en el Borde Continental, así como la actividad sísmica casi paralela a las fallas (Legg, 1991) permiten inferir que el desarrollo de deslizamientos a lo largo de la costa debe ser continuo desde esa época.

Los deslizamientos del km 91 (VIII) y el de San Miguel (XVI) (Figs. 1 y 4) son activos y han provocado serios daños a la carretera de cuota. Todos los deslizamientos activos de la zona de estudio tienen pendientes aproximadas a los 13° y su geometría profunda aun no se ha estudiado. La descripción de los deslizamientos más importantes se presenta en las siguientes secciones.

DESLIZAMIENTO DEL KM 98 (SAN MIGUEL)

El deslizamiento de la caseta de San Miguel (km 98) es el que más daños ha causado. Su cabecera está avanzando hacia el NE a razón de aproximadamente 6 m/año y constantemente presenta grietas nuevas. En la Fig. 5 se muestra una de estas grietas formada en febrero de 1997. Las grietas en las cabeceras eventualmente evolucionan a fallas. La Fig. 5 muestra el avance de las grietas formadas en los últimos años, lo que significa un avance de la cabecera de carácter retrogresivo. Las componentes vertical y horizontal del movimiento del deslizamiento tienen velocidades de desplazamiento variables. Algunos autores (Rico *et al.*, 1969; Morales, 1995) han asociado el incremento de la velocidad de este deslizamiento con la época de

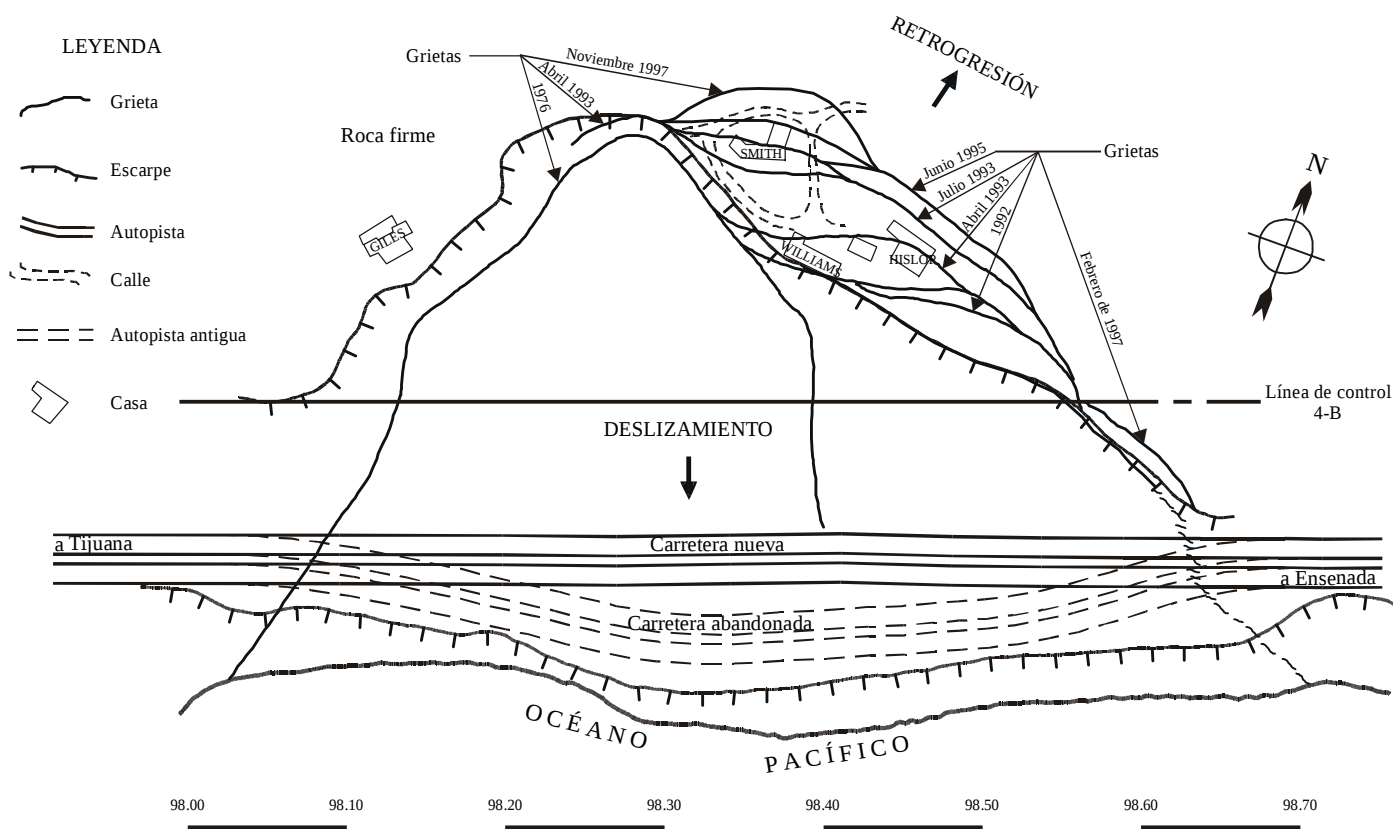


Figura 5. Deslizamiento del km 98, cercano a la caseta de cobro San Miguel (XVI, Fig. 1), Se muestra la formación de grietas al transcurrir de los años, lo que le da un carácter retrogresivo a la cabecera. Se aprecian algunas casas afectadas que en 1997 se destruyeron totalmente debido a la retrogresión del deslizamiento (modificado de CPFySC).

lluvias invernales. En la Fig. 6 se muestra el promedio de varias lecturas del desplazamiento del cuerpo del deslizamiento para el periodo de 1990-1993 registrados por CPFySC. Otra serie de datos se tomaron del 8 de marzo al 11 de septiembre de 1996, pero no fueron suficientes para compararlos con la época de lluvias, pues el intervalo de observación fue pequeño y en éste no se observaron cambios. Ha ocurrido que durante algunos periodos de registro, el deslizamiento es tan activo que destruye los puntos de control y además, en la época de lluvias estos puntos pueden cubrirse por sedimentos. Un problema adicional para registrar el movimiento del deslizamiento se debe a los constantes trabajos de reparación, relleno de grietas, durante los cuales también se destruyen las estaciones de control. La gráfica de la Fig. 6 muestra que la relación lluvia-incremento de desplazamiento en el deslizamiento del km 98 no es clara, ya que en las temporadas de estiaje, abril-noviembre, coexisten incrementos y decrementos. En la misma gráfica se observa que el movimiento mínimo registrado es de 6 cm/mes y el máximo es de 54.7 cm/mes. Los pozos a cielo abierto, de hasta 35 m de profundidad, que se excavaron durante la década de los setenta a causa de la construcción de la carretera en el km 91, revelaron la existencia del nivel freático por arriba de la superficie de deslizamiento (Rico *et al.*, 1969) por lo que el pie del deslizamiento, por lo menos durante esa época, siempre estuvo lubricado.

El buzamiento de la estratificación y de los planos de deslizamiento varían desde los 3° hasta los 10° en dirección de la pendiente, la cual promedia 16° (medida desde la cabecera del deslizamiento San Miguel hasta la carretera).

En el Miembro Medio de la Fm. Rosario se observó que el acunamiento de las areniscas favorece los deslizamientos, pues se inclina hacia el SW y coincide con el sentido de movimiento de los deslizamientos (Fig. 7). Yeo (1984) y Ledesma-Vázquez (1984) interpretaron que en la costa del área de estudio se depositaron sedimentos de un abanico submarino y aluvial, dejando estructuras sindeposicionales de un talud progradacional. Rico *et al.* (1969) describieron que la superficie de deslizamientos se desarrolla en el contacto de los depósitos de talud con el resto de las rocas sedimentarias.

Con la ayuda de mapas y fotografías realizadas al inicio de la construcción de la carretera, Rico *et al.* (1969) reportaron que la pendiente original del deslizamiento del km 98 era de aproximadamente 23°. La pendiente en el deslizamiento de la caseta San Miguel ha disminuido 7° en 35 años, pero continúa siendo inestable. La mayoría de los deslizamientos estables presentan pendientes menores a 10°.

Actualmente, el cuerpo del deslizamiento de la caseta de San Miguel se compone de diferentes "deslizamientos secundarios", cuya expresión superficial se muestra en la Fig. 8, donde sobresale su cabecera sinuosa.

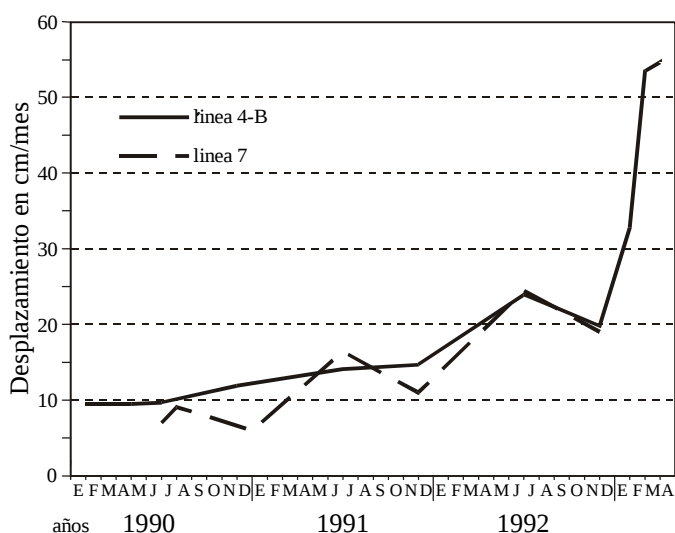


Figura 6. Razón de movimiento en el deslizamiento de la caseta de cobro del km 98 (XVI, Fig. 1). La tendencia general entre 1990 y 1992 es un incremento en la velocidad de desplazamiento. Cada línea es el promedio de varios puntos de control en el deslizamiento. Estos datos no permiten hacer un análisis de la influencia de las lluvias en la razón de movimiento del deslizamiento ya que para la línea 4-B los incrementos son continuos, salvo en los meses julio-noviembre (J-N) de 1992, correspondientes a la época de estiaje. La línea 7, no ubicada, presenta decrementos en la razón de movimiento en las épocas de estiaje correspondientes a agosto-diciembre (A-D) de 1990, a julio-noviembre (J-N) de 1991 y a julio-noviembre (J-N) de 1992. Cuando en la época de estiaje hay decrementos en la línea 7, en la línea 4-B hay incrementos. Estos datos fueron proporcionados por CPFySC y desafortunadamente sólo se pudo ubicar la línea 4-B en el deslizamiento.

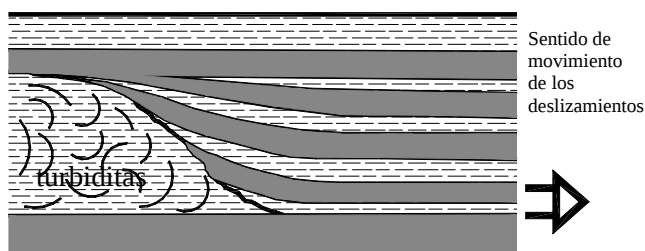


Figura 7. Estructuras de abanico en la Fm. Rosario que favorecen a los deslizamientos debido a su origen progradacional pues la dirección de avance coincide con la dirección de movimiento de los deslizamientos. Las discontinuidades entre lutitas y areniscas junto con la inclinación hacia el mar pueden actuar como planos de despegue en la ocurrencia de deslizamientos.

La inspección y levantamiento geológico más reciente en el deslizamiento del km 98 se efectuó en noviembre de 1997. Para efectuar esta inspección se excavaron nueve sondeos en la parte interna del deslizamiento rotacional San Miguel, donde el cuerpo principal del deslizamiento se desplaza hacia el sur en dirección de la costa. Los sondeos tuvieron una profundidad promedio de 7 m, según se describe enseguida:

Sondeo 1

Se localiza en el extremo norte del deslizamiento (S1, Fig. 8). Tiene aproximadamente 6 m de profundidad y 6 m de longitud. Cortó una capa de areniscas finas a gruesas con horizontes de lutitas negras carbonosas, en cuyo contacto se observa un plano de deslizamiento complejo. En este plano, las lutitas están notablemente más húmedas que en las partes superior e inferior del mismo. La deformación a lo largo del plano es plástica y existen varias superficies de deslizamiento, de las cuales, la principal se orienta $49^\circ/36^\circ\text{SE}/132^\circ$ (azimut/ echado/ inclinación de la estría de deslizamiento en el plano, utilizando la regla de la mano derecha). Este plano se deslizó 15 cm en 24 horas después de la excavación.

Sondeo 2

La profundidad total del sondeo (S2, Fig. 8) fue de 8 m. Aquí se observó una alternancia de lutitas negras y areniscas con actitud $188^\circ/7^\circ\text{W}$; existen tres planos de deslizamiento: a) a 8 metros de profundidad con un plano de movimiento $98^\circ/2^\circ\text{SE}/090^\circ$, b) a 7 metros de profundidad con un plano orientado $85^\circ/60^\circ\text{S}/085^\circ$, c) a 3 m de profundidad con plano de deslizamiento $102^\circ/14^\circ\text{S}/115^\circ$. Todos estos planos presentaron desplazamientos paralelos a la superficie de contacto del orden de 5 cm en 24 horas.

Sondeo 3

Este sondeo de 8 m de profundidad es el más occidental y cercano a la carretera. Prácticamente todo el sondeo muestra material de relleno en la parte superior y brecha de talud en la parte inferior, donde no se desarrollan planos de estratificación o de deslizamiento. Este material es similar al que aflora en la costa a aproximadamente 150 m al sur del sitio. La brecha contiene fragmentos muy angulosos de lutitas muy mal seleccionados que indican que hubo un transporte muy local de material. A partir de fotografías aéreas se identificó que este es lugar de un antiguo deslizamiento reactivado.

Sondeo 4

Este sondeo (S4 en Fig. 8) tiene 7 m de profundidad. Cerca del fondo se observa el contacto entre lutitas negras que sobreyacen a areniscas con fragmentos de guijarros subangulosos mal clasificados. El horizonte de lutitas tiene abundantes lentes de arenisca gruesa. El contacto, localizado a 6 m de profundidad, es un plano de deslizamiento cuya actitud es $100^\circ/6^\circ\text{S}/090^\circ$ y paralelo a la estratificación general. En 24 horas, la pared pendiente arriba (norte) se desplazó 15 cm, mientras que la pared opuesta se mantuvo estable.

Sondeo 5

Este sondeo (S5 en Fig. 8) tiene una profundidad aproximada de 7 m. La litología está formada por areniscas gruesas con abundantes lentes y horizontes delgados de lutitas negras. Estas últimas son más abundantes en la parte superior. Se observó un plano de deslizamiento a los 6 m de profundidad, el

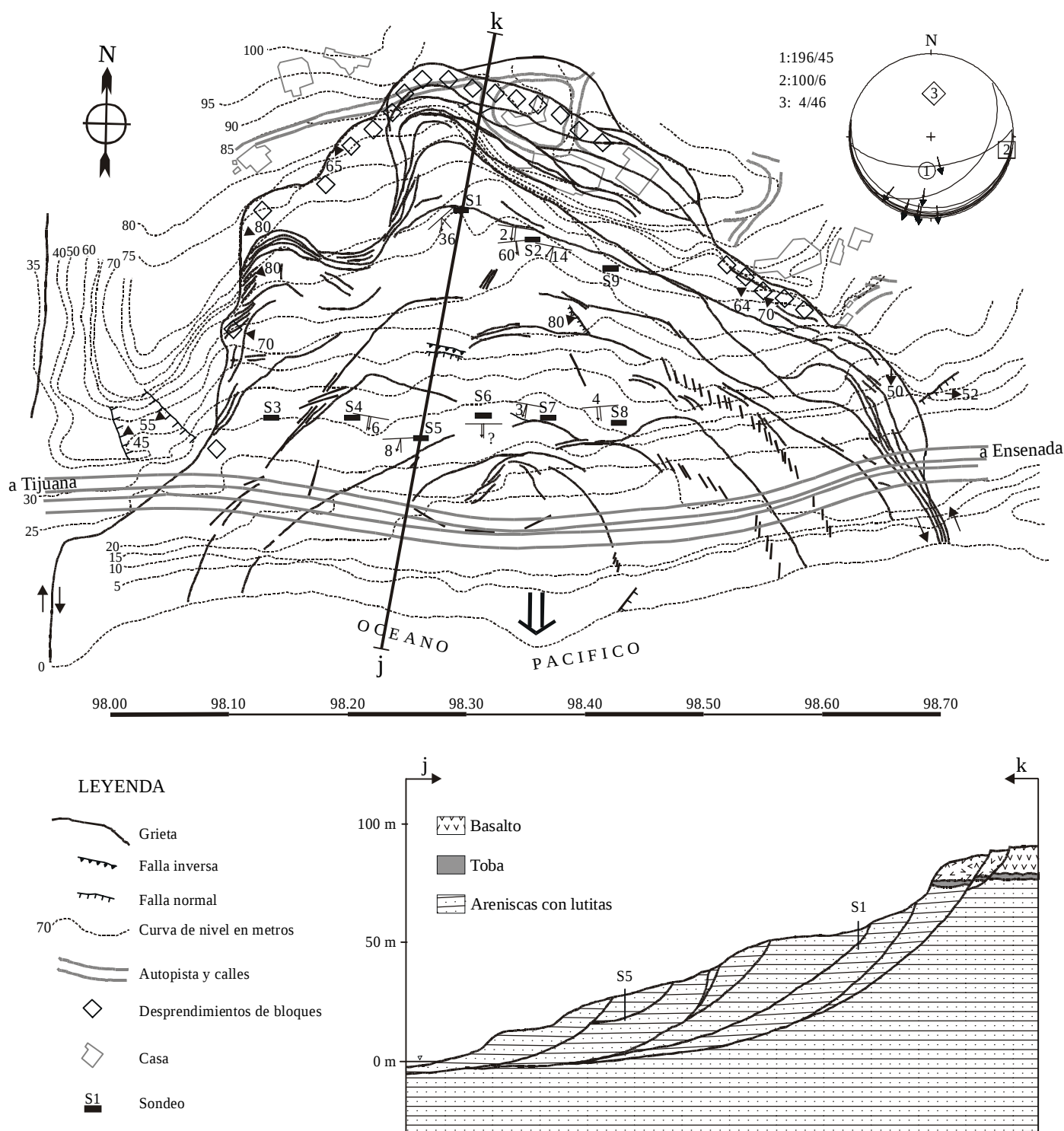


Figura 8. Expresión superficial del agrietamiento en el deslizamiento del km 98 (XVI, Fig. 4) para noviembre de 1997. El deslizamiento se compone en su interior de varios deslizamientos, donde no se definen bien las cabeceras secundarias ya que el terreno continuamente está siendo removido para cubrir las grietas.

cual se desplazó entre 30 y 15 cm 24 horas después de haberse efectuado la excavación. La orientación del plano de contacto y desplazamiento es $88^\circ/8^\circ\text{S}/110^\circ$. En este lugar la lutita se caracteriza por estar saturada de agua, lo que le da una consistencia plástica, similar a la observada en otros sondeos donde se observa movimiento.

Sondeo 6

Este sondeo (S6, Fig. 8) no se pudo describir debido a que se colapsó 16 horas después de su excavación. Un plano de deslizamiento en la parte superior se deslizó 50 cm aproximadamente. La estratigrafía es muy similar a la descrita en el sondeo 5.

Sondeo 7

Esta excavación tiene 6 m de profundidad y su ubicación se presenta en la Fig. 8 (S7). En su base aflora un cuerpo de areniscas gruesas bien consolidadas, sobre las que descansa un horizonte de aproximadamente 2 m de lutitas negras que incluye lentes de arenas. La actitud de la estratificación en el plano de contacto y deslizamiento que se localiza a 6 m de profundidad es $100^{\circ}/3^{\circ}\text{S}/100^{\circ}$; donde se observó un desplazamiento de 20 cm en 24 horas (Fig. 9). Las lutitas saturadas mostraron notables grietas de desecación al estar expuestas a la intemperie después del sondeo.

Sondeo 8

Este sondeo tiene 8 m de profundidad y se ubica en el extremo oriente del deslizamiento (S8, Fig. 8). En el fondo aflora una arenisca conglomerática bien consolidada sobreyacida por un horizonte de lutitas de 20 cm. El plano de deslizamiento a 7 m de profundidad presentó un movimiento de 20 cm, desarrollado en 24 horas a lo largo de un plano de estratificación y contacto, cuya actitud es $\text{S}85\text{W}/4^{\circ}\text{S}/90$. A diferencia de los otros planos, en éste la lutita y la arenisca estaban secas.

Sondeo 9

En el extremo noreste del deslizamiento del km 98 se localiza este sondeo de 8 m de profundidad (S9, Fig. 8). En él, afloran areniscas poco consolidadas con estratificación horizontal y planos de fallamiento lateral con componente vertical según el plano $\text{S}25\text{W}/76\text{W}/020$. No se observa movimiento importante. Los derrames de basalto se encuentran a aproximada-

mente 4 m sobre esta cota (55 msnm) y se interpreta que en este sitio no hay desplazamiento porque no existe el horizonte de lutitas. Las fallas parecen estar asociadas con el movimiento regional y no con la masa desplazada a lo largo del contacto lutitas-areniscas.

DESLIZAMIENTO VIII DEL KM 91

El deslizamiento del km 91 (Figs. 1 y 4) provocó que ese tramo de la carretera fuera reparado constantemente durante treinta años pues su trazo se localizaba sobre la cabecera y, hasta abril de 1997, producía un columpio incorregible. Aunque se desconoce la razón de movimiento, ésta se estima del orden de 1 cm/mes. El lóbulo en el frente de este deslizamiento muestra que su avance es mayor que la tasa de erosión de las olas. En la primera mitad del año 1997 se construyó un nuevo tramo carretero, que se alejó 20 m al Este de la cabecera del deslizamiento, esta medida ha remediado en parte las constantes reparaciones a la carretera.

DESLIZAMIENTO XX DEL ARROYO EL TIGRE

El deslizamiento del Arroyo El Tigre (Figs. 1 y 4) es activo y se desconoce su velocidad de desplazamiento. Se encuentra cerca de una cantera de basalto donde las explosiones efectuadas durante la explotación pudieron provocar su actividad; afecta a derrames de basalto y su alta pendiente, junto con la remoción de su pie, pueden ser la causa principal de su inestabilidad.



Figura 9. Deslizamiento de un plano en el sondeo 7, el movimiento observado fue de 20 cm y se registro a las 24 horas después de excavado el pozo. El bloque de arriba corresponde a un paquete de areniscas mientras que el paquete de abajo es de lutitas y areniscas.

DESLIZAMIENTO XXIV DEL KM 90

El deslizamiento localizado al oriente del km 90 (Figs. 1 y 4) presenta grietas y fracturas cercanas y paralelas a la cabecera, en la corona del deslizamiento, lo que lo hace potencialmente activo. El deslizamiento se desarrolla en conglomerados y se encuentra en la cima de uno de los lomeríos de los Acantilados Salsipuedes. Los habitantes de la región mencionan que este deslizamiento ocurrió súbitamente en la década de los cuarenta.

CÍBOLA DEL MAR

En la villa Cíbola del Mar no se identificaron cabeceras de deslizamientos. Se visitaron aproximadamente 60 casas de las cuales 22 presentaron fracturas en sus paredes, pisos y bardas (Fig. 10). Debido a la urbanización avanzada no fue posible correlacionar los sitios dañados con estructuras de falla. Las construcciones más dañadas se encuentran en la parte baja de la villa y son con las más antiguas. Es importante resaltar que algunas casas fracturadas están en pendientes de aproximadamente 8° y otras en terreno horizontal. Se observó que en algunos lugares de la villa Cíbola del Mar el suelo está empujando a las paredes, de manera que el fenómeno causante del fracturamiento de algunas casas en parte es la reptación del suelo, que se mueve muy lentamente y afecta más a las construcciones débiles (bardas y cercas) que a las construcciones con cimentación fuerte o profunda. En la Fig. 10 se marca con una

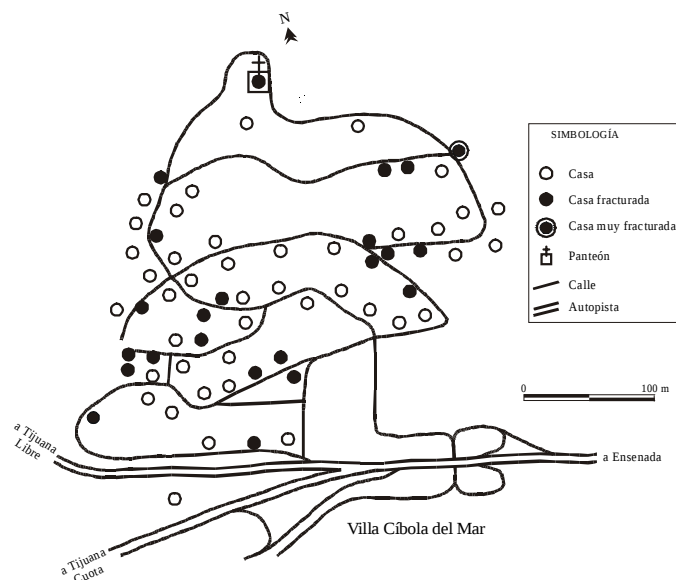


Figura 10. Casas fracturadas en la villa Cíbola del Mar a causa de la reptación del suelo. La mayoría de las casas mal cimentadas presentan fracturas en sus paredes y las casas antiguas viejas son las más afectadas. La casa del extremo NE, encerrada en un círculo, es la más fracturada de todo el complejo habitacional y su agrietamiento se atribuye al deslizamiento del terraplén sobre el que está construida. En la villa no se identificó ninguna cabecera de deslizamiento.

circunferencia y un círculo una casa relativamente nueva que está seriamente fracturada. La casa descansa sobre un terraplén que se localiza aproximadamente a 20 m de una falla normal con salto mayor de 5 m. Las numerosas fracturas en sus paredes se atribuyen al deslizamiento del terraplén sobre el que está construida.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La historia y descripciones de los deslizamientos son dos elementos que nos acercan a una posible predicción de deslizamientos de laderas.

Actualmente, los cuerpos de los deslizamientos grandes están estabilizados y en sus coronas no se observa retrogresión, a pesar de que presentan pendientes de hasta 85° y de tener alturas de hasta 80 m. Cada frente de los deslizamientos VIII, XI, XIV y XV forma una estructura lobular que alcanza la línea de costa, donde la erosión no es acentuada, por lo que la acción del oleaje sobre los frentes de los deslizamientos se considera de poca importancia.

Los deslizamientos más activos se encuentran en los km 91 y 98 y en el Arroyo El Tigre. De ellos, el más destructivo es el del km 98. En el Arroyo El Tigre el riesgo es menor porque se encuentra lejos de las zonas urbanizadas o con infraestructura de servicios.

Se ha observado que los deslizamientos estables se encuentran en zonas con pendientes menores de 10° por lo que, todas aquellas zonas donde han ocurrido movimientos de terreno y cuya pendiente sea mayor a la mencionada, tienen probabilidades altas a ser activadas.

Los sondeos en el deslizamiento del km 98 (Fig. 8) permitieron identificar planos de deslizamiento en los horizontes de lutitas y en los contactos lutita-arenisca. Los movimientos son paralelos a la estratificación o planos de contacto, y en todos los sondeos se observó que el plano inferior coincide con la parte baja de los horizontes de lutita, excepto en el sondeo 1, donde se observan planos de deslizamiento en uno de los horizontes arcillosos. Aunque aparentemente la saturación del agua en las lutitas favorece el movimiento, en el sondeo 8, tanto las lutitas como las areniscas están secas, por lo que se infiere que los costados del deslizamiento principal son movidos por arrastre de la parte central. Además, el peso de unidades litológicas de alta densidad, como los derrames de basalto en la parte superior, inducen el deslizamiento. El hecho de encontrar tres superficies de deslizamiento en el sondeo 2, indica que pueden existir varias superficies de deslizamiento actuando en conjunto, como se muestra en la Fig. 8.

En caso de un evento disparador, como un sismo, es probable que otros planos de falla se reactiven y con seguridad, los planos de contacto lutita-arenisca seguirán actuando como planos de deslizamiento bajo condiciones de pendientes favorables.

Con respecto al efecto producido por el agua como agente promotor de deslizamientos, los dos años de observación utilizados para obtener la gráfica que correlaciona la lluvia con la velocidad de deslizamiento (Fig. 6) no fueron suficientes para hacer un análisis definitivo de la influencia de las precipitaciones pluviales. Se observa en la gráfica un incremento constante en la velocidad del desplazamiento y que, en los meses de lluvias, correspondientes al invierno, no se alteraron los ritmos de desplazamiento, salvo en una de las líneas de control.

En caso de lluvias torrenciales, es altamente probable que ocurran flujos de detritos que arrastren hacia la zona de la carretera parte del material que se ha removido. Aunque la lluvia es un factor importante en la saturación de los sedimentos y como factor lubricante en los planos de contacto, se considera que no puede alterar la condición de emergencia en un sitio que ya reúne estas características, aun en condiciones de sequía.

En 1976, el movimiento súbito del deslizamiento del km 98, cerca de la caseta de cobro de San Miguel, mostró un día antes un incremento en la razón de movimiento de hasta 15 cm/día; por razones históricas y por comparación con otros reportados en la literatura (Keller, 1992; Kiersch, 1965), se puede esperar un comportamiento similar para futuros deslizamientos súbitos.

En la villa Cíbola del Mar no se identificaron cabeceras de deslizamientos activos ni de deslizamientos estables. Se observó una falla que termina en una casa que se encuentra intensamente fracturada. Sin embargo, en vista de que la casa está construida sobre un terraplén, se estima que el fracturamiento se debe en parte a su mala cimentación. Otras casas fracturadas no se alínean con alguna estructura y, en algunas construcciones, las fracturas se asocian con la reptación del suelo.

Las conclusiones más importantes se resumen enseguida:

1. En la costa Salsipuedes-San Miguel se identifican deslizamientos rotacionales de diferentes dimensiones. Algunos de ellos son estables y se caracterizan por presentar pendientes menores a los 9°.
2. En toda el área, a lo largo de la costa, se observa que el miembro medio de la Fm. Rosario es el que mayor potencial de deslizamiento tiene en vista de que es el menos consolidado y contiene lutitas interestratificadas. Estas últimas definen superficies de deslizamiento eficientes bajo condiciones de pendientes mayores a los 9° con inclinación hacia la costa.
3. El deslizamiento del km 98 es retrogresivo y la zona de la cabecera se localiza en la villa San Miguel. Aunque la superficie de deslizamiento en esta zona se desconoce, sondeos recientes hasta de 8 m de profundidad en el interior del deslizamiento indican que el contacto entre las lutitas y las areniscas es el plano que favorece el movimiento. Los planos observados en los sondeos son muy superficiales y se infiere que otros planos similares pueden localizarse a

una mayor profundidad, equivalente por lo menos al espesor del miembro medio de la Fm. Rosario, o hasta encontrar la Fm. Alisitos.

4. En la villa Cíbola del Mar se identificaron casas afectadas por reptación del suelo. Las fallas cartografiadas en esta zona no tienen relación aparente con los sitios afectados.
5. En vista de que el periodo de estudio cubrió épocas de lluvias y sequía, se pudo comprobar que las lluvias no aceleran de manera directa la razón de desplazamiento de los deslizamientos.
6. Las terrazas marinas, los concheros y los lóbulos no erosionados de los frentes de los deslizamientos indican que durante el Plioceno y Holoceno han ocurrido deslizamientos en el área.

RECOMENDACIONES

1. Las zonas donde se han identificado deslizamientos no deben ser utilizadas para la construcción de vías de comunicación o ductos.
2. En el deslizamiento del km 98 se recomienda el registro continuo de desplazamientos para, con el tiempo, tener una base de datos más amplia (mínima de 10 años, con muestreos por lo menos cada dos meses) para poder hacer predicciones acerca del comportamiento del deslizamiento. Entre otros, es recomendable también un estudio de sismica de reflexión de alta resolución para conocer la geometría de las superficies de los deslizamientos. Es probable que el ruido ambiental debido al tráfico vehicular sea un factor que influya en la razón de desplazamiento del deslizamiento del km 98. Este es un factor que no pudo ser evaluado en la presente trabajo, por lo que se recomienda un estudio de vibración ambiental en futuras investigaciones, ya que el tráfico pesado en la autopista Tijuana-Ensenada es considerable.
3. Finalmente, en vista de que en el deslizamiento del km 98 ocurren desplazamientos únicamente en los contactos lutita-arenisca, es necesario determinar con detalle la distribución de los horizontes de lutita discontinuos. Para esto, se sugiere la perforación de barrenos con recuperación de núcleo con la finalidad de buscar en ellos planos potenciales de despegue. La identificación de los sitios de ruptura o deslizamiento es indispensable para el diseño de obras de mitigación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a la compañía constructora ROCA, S.A. de C.V. su valiosa ayuda en la realización de los sondeos en el deslizamiento del km 98. El primer autor agradece al CONACYT y a la División de Ciencias de la Tierra del CICESE

el otorgamiento de beca y apoyo financiero, respectivamente, durante el desarrollo de esta investigación. Este manuscrito fue sustancialmente mejorado gracias a los arbitrajes de Manuel Aragón y un revisor anónimo y a la edición de las gráficas y figuras por parte de Víctor M. Frías Camacho.

REFERENCIAS

- Abbott, P.L., Suárez-Vidal, F., Sangines, E. and Rendina, M., 1993. South Coast Geological Society Baja California field-trip road log. En: Abbott, P.L., Sanguines, E.M. and Rendina, M.A. (editores), *Geologic investigations in Baja California, Mexico. Annual field-trip guide book No. 21*, South Coast Geological Society, Inc., Santa Ana, C. A., USA, p.194-216.
- Almazán-Vázquez, E., 1988. Marco paleosedimentario y geodinámico de la Formación Alisitos en la Península de Baja California. *Universidad Nacional Autónoma México, Revista del Instituto de Geología*, V. 7-1, 1988, p.41-51.
- Ashby, J.R., 1989. A resume of the Miocene stratigraphic history of the Rosarito Beach Basin, northwestern Baja California, Mexico. En: P.L. Abbott (editor), *Geologic studies in Baja California*. Book 63, October, USA, p.37-45.
- Barrón-Escamilla, M., 1992. Guía histórica de Baja California. Editorial El Sol de Baja California, S. de R.L. de CV Ensenada, B.C., 245 pp.
- Cruz-Castillo, M. y Delgado-Argote L.A. 1999. Descripción Geológica y Estructural de la Zona de deslizamientos Salsipuedes-Cíbola del Mar, Ensenada, Baja California. *GEOS*, Vol. 19, No. 3, p.159-174.
- Frez, J. y J.J. González, 1991. Crustal structure and seismotectonics of northern Baja California. En: B. Simoneit y J.P. Dauphin, editores, *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*, American Association of Petroleum Geologists Memoir 47, Tulsa, Oklahoma, E.U.A., p. 261-283.
- Gastil, R.G., Phillips, R. and Allison, E., 1975. Reconnaissance geology of the state of Baja California, *Geological Society of America Memoir* 140, 170 pp.
- Hart, M.W., 1993. *Geologic investigations in Baja California, Mexico. Annual field trip guide book N° 21* South Coast Geological Society, Inc. USA, p.43-48.
- Keefer, D.K., 1984. Landslides caused by earthquakes. *Geological Society of America Bulletin*, v. 95, p.406-421.
- Keller, E., 1992. Landslides and related phenomena, *in*. *Environmental Geology*, sixth edition, Maxwell Macmillan International, p.112-144.
- Kiersch, G.A., 1965. The Vaiont reservoir disaster. *Mineral information service*, Vol. 18, No. 7, p. 129-138. Reimpreso en Tank Ronald W., 1973. *Focus on environmental geology*, New York, 474 pp.
- Ledesma-Vázquez, J., 1984. Mechanisms of sedimentation for a facies of the Upper Cretaceous Rosario Formation, Baja California, Mexico. En: V.A. Frizzell, Jr. (editor). *Geology of Baja California Peninsula: Pacific Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*. Vol. 39, p.193-195.
- Legg, M.R., 1991. Sea beam evidence of recent tectonics activity in the California Continental Borderland. En: P. Dauphin y B. Simoneit (editores), *The gulf and peninsular province of the Californias*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, p. 179-196.
- Legg, M.R., Wong, V. and Suárez, F., 1991. Geologic structure and tectonics of the inner Continental Borderland of northern Baja California. En: P. Dauphin y B. Simoneit (editores), *The gulf and peninsular province of the Californias*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, p. 145-177.
- Miller, V.V. and Abbott, P.L., 1989. Sedimentology of the Upper Cretaceous Rosario Formation near Colonet and Camalú, En: P.L. Abbott (editor), *Baja California Geologic Studies in Baja California*. Book 63, p.63-74.
- Minch, A.J., 1967. Stratigraphy and structure of the Tijuana-Rosarito Beach area, northwestern Baja California, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 78, p.1155-1178.
- Minch, A.J., 1972. Landsliding and the effects of resort development between Tijuana and Ensenada, Baja California, Mexico. Department of Geography, University of California, Riverside, California 92502. *Coastal Studies in Baja California. Technical Report N° 0-72-1*. Office of Naval Research ONR Contract N00014-69-A-0200-5003. Project N° NR 387-045.
- Minch, A.J., Ashby, J., Deméré, T. and Kuper, T., 1984. Correlation and depositional environments of the Middle Miocene Rosarito Beach Formation of northwestern Baja California, Mexico. En: Minch, J.A. and Ashby, J. R. (editores), *Miocene and Cretaceous depositional environments, northwestern Baja California, Mexico: Pacific Section American Association of Petroleum Geologists*, Vol. 54, p.33-46.
- Morales-Pérez, M.B., 1995. Caracterización de los factores geológicos que controlan los deslizamientos de ladera en el área de San Miguel-Salsipuedes, Ensenada, B.C., México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias de la Tierra, Linares, Nuevo León, México, 58 pp.
- Pachauri, A.K. and Pant, M., 1992. Landslide hazard mapping based on geological attributes. *Engineering Geology*, 32, p.81-100.
- Rico, A., Springall, J. y Springall, G., 1969. Deslizamientos en la autopista Tijuana-Ensenada. Contribución de la Secretaría de Obras Públicas al VII Congreso Internacional de Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Bilingüe, México, 213 pp.
- Rockwell, K.T., Muhs, D., Kennedy, G., Hatch, M., Wilson, S. and Klinger, R., 1989. Uranium-series ages, faunal correlations and tectonic deformation of marine terraces within the Agua Blanca fault zone at Punta Banda, northern Baja California, México. En: P. Abbott (editor), *Geologic Studies in Baja California, The Pacific Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Los Angeles, California U.S.A., p. 1-16.
- Shimer, H.W. and Shrock, R.R., 1955. *Index fossils of north America*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 837 pp.

- Suárez-Vidal, F., Armijo, R., Morgan, G., Bodin, P. and Gastil, G., 1991. Framework of recent and active faulting in northern Baja California. En: P. Dauphin y B. Simoneit (editores), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists, *Memoir* 47, p. 285-300.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes. En: R.L. Schuster and R. J. Krizek (editores), *Landslides Analysis and Control* Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 179. National Academy of Sciences, Washington, D.C. p.12-33.
- Wong, V, Legg, M. y Suárez, F., 1987. Sismicidad y tectónica de la margen continental del sur de California (USA) y Baja California Norte (México). *Geofísica Internacional*, V. 26-3, p. 459-478.
- Yeo, R.K., 1984. Sedimentology of upper Cretaceous strata, northern Baja California, Mexico. En: P.L. Abbott (editor), *Upper Cretaceous Depositional Systems, Southern California-Northern Baja California* (field trip) April 18-21, 1984: Los Angeles CA, Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 36, p.109-120.
- Yeo, R.K., 1984a. Stratigraphic sections of the northern Baja California field area. En: P.L. Abbott (editor), *Upper Cretaceous Depositional Systems, Southern California-Northern Baja California* (field trip) April 18-21, 1984: Los Angeles CA, Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 36, p.121-140.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS ANGIOSPERMAS (PLANTAS CON FLOR) FÓSILES EN MÉXICO

José Luis Ramírez¹ y Sergio R.S. Cevallos-Ferriz²

¹ Facultad de Ciencias, UNAM

² Instituto de Geología, UNAM

Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, Deleg. Coyoacán, México, D.F., 04510, México

RESUMEN

En los últimos años, la información sobre plantas fósiles recolectadas en México ha aumentado y permite contribuir a la generación de hipótesis cada vez mejor sustentadas, sobre la historia de la vegetación en este país. Aquí se documenta que desde el Cretácico superior, tiempo en que aparecen como registro fósil las angiospermas, estaban presentes en lo que hoy es el territorio nacional, plantas que se originaron tanto en el hemisferio norte como en el sur. Esta composición se mantiene durante el Terciario; además, en este tiempo se suman a la conformación de la paleovegetación de México, plantas con probable origen Asiático y/o Africano. La evidencia paleobotánica del Terciario sugiere que estas plantas llegan a México a través de los puentes que conectaron las latitudes altas de Norte América con Europa y Asia, y que se desplazaron posteriormente hacia el sur. Además, los nuevos registros presentados en este artículo sugieren que en México se dieron importantes procesos de diversificación y radiación de algunos linajes. También se presentan evidencias de un grupo de plantas que pudieron dispersarse de México a Centro y Suramérica.

INTRODUCCIÓN

La compleja evolución geológica de México ha determinado una fisiografía muy particular, que ha contribuido a que en el territorio se reconozcan paisajes variados. En el centro del país se albergan extensas zonas áridas, cuyo origen se debe, entre otros factores, al fenómeno de sombra orográfica producido por las sierras Madre Oriental y Occidental. Otro hecho importante en el que interviene esta complejidad geológica es el cambio de vegetación debido a diferencias altitudinales. La vegetación cambia al subir de las zonas costeras, donde es común encontrar vegetación tropical o subtropical (por ejemplo: costas de Veracruz), hacia las partes elevadas de las montañas donde dominan elementos boreales como los pinos (por ejemplo: Perote, Ver.). Otro cambio fácilmente detectable se relaciona a las variaciones de temperatura, reconocibles en el dominio, hacia el sur, de vegetación de clima cálido-húmedo (por ejemplo: Tabasco, Oaxaca, Chiapas), mientras que en las partes altas, en el norte, las plantas mejor representadas son aquellas capaces de vivir bajo condiciones de menor temperatura y precipitación (por ejemplo: Sonora, Chihuahua, Durango). Aunque en general estos patrones se reconocen con facilidad, es común encontrar plantas que no se apegan a ellos, por lo que requieren de una explicación particular. Tal es el caso de la vegetación que se establece a lo largo de cuerpos de agua, en zonas que en un contexto regional se catalogan como áridas, cuya composición contrasta fuertemente con las propias de estas áreas. Los fenómenos físicos que intervienen de forma importante en la selección de las plantas que se desarrollan en cada una de estas áreas, están ligados a la geomorfología, por lo que su conocimiento a través del tiempo y del espacio es básico para comprender la historia de la vegetación de México.

Las modificaciones en las características geográficas de una región, tienen mayor o menor impacto sobre las condiciones del ambiente, y por ende en la biología de los organismos. En la evolución de muchos organismos estas características se pueden reconocer y correlacionar con los cambios de la corteza terrestre. Así, en el caso de las plantas que viven en las zonas emergidas, la organización del relieve continental determina los principales modeladores de la selección a que son sometidas (sustrato, condiciones ambientales, etc.). Por tanto, el estudio de las características morfoanatómicas, fenológicas, etc., de las plantas, expresión de su adaptación, permite caracterizar a las comunidades actuales y del pasado.

Es poco lo que se puede decir de los estudios que se han hecho en México que consideran a los fósiles para entender la integración de las comunidades y la evolución de los linajes florísticos. A pesar de que se ha estudiado el registro fósil de México desde principios de este siglo, los trabajos paleobotánicos se consideran escasos y de contribución limitada para la geología y biología (Martins, 1871; Grisebach, 1883; Noe, 1931). Existen varias publicaciones dispersas y trabajos no publicados (tesis, informes, etc.), valiosos e importantes, para adentrarse en el estudio de las plantas fósiles, pero estos han sido menospreciados por mucho tiempo (Nathorst, 1899a, b; Berry, 1923; Biaggi, 1978). El resultado de esta limitada atención se ve reflejado en el limitado número de hipótesis que existen para explicar los aspectos históricos de la integración de los componentes florísticos en el país. El objetivo de este trabajo es presentar la información que proporcionan los microfósiles (granos de polen) y los macrofósiles (hojas, maderas, frutos, tallos, etc.) de 15 localidades fosilíferas (Tabla 1) y aportar nuestra interpretación sobre los cambios florísticos en el territorio

Tabla 1. Fósiles de plantas con flor de 15 localidades del Cretácico y Terciario de México.

Familia/Género	Cretácico			Eoceno				Ol	Ol-Mi		Mioceno				P
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Alismataceae					●										
<i>Sagittaria</i>					●										
Araceae															
cf. <i>Manicaria</i>		✱													
<i>Infrutescencia</i>			✱												
<i>Jugella</i>		●													
<i>Spathiphyllum</i>	●														●
Cyperaceae					●										●
Dioscoreaceae															
<i>Rajania</i>															●
Gramineae					●	●		●	●	●		●			●
Liliaceae	●				●	●			●			●			
Smilacaceae															
<i>Smilax</i>															●
Musaceae															
<i>Tricostatocarpum</i>			✱												
Palmae	●				●	●		●	●				●	♣	
cf. <i>Astrocaryum</i>															●
cf. <i>Attalea</i>															●
cf. <i>Brahea</i>															●
cf. <i>Chamaedora</i>															●
cf. <i>Maximiliana</i>															●
cf. <i>Manicaria</i>		✱													
<i>Palmoxylon</i>	∥	∥	∥			∥				∥					
<i>Phoenicites</i>		♣													
<i>Sabalites</i>		♣	♣												
Pandanaceae			✱		●										
Strelitziaceae															
<i>Striatornata</i>			✱												
Restionaceae															
<i>Aglaoredia</i>					●										
Acanthaceae															
<i>Bravisia</i>															●
<i>Justicia</i>															●
Agavaceae					●										
Amaranthaceae															
<i>Iresine</i>															●
Amaranthaceae/Chenopodiaceae					●	●				●					●
Anacardiaceae					●										
<i>Anacardites</i>														♣	
<i>Comocladia</i>															●
<i>Haplorhus</i>					♣										
<i>Pistacia</i>					♣										
<i>Pseudosmodium</i>					♣										
<i>Rhus</i>					♣										
<i>Tapirira</i>									✱	∥					
Annonaceae															
<i>Annona</i>														♣	
Apocynaceae															
<i>Allamanda</i>														♣	
<i>Apocynophyllum</i>														♣	
<i>Rabdadenia</i>					●										
Aquifoliaceae															
<i>Ilex</i>				●					●			●	●		●
Betulaceae	●		●	●	●	●		●		●	●	●			
<i>Alnus</i>	●			●						●	●	●			●
Berberidaceae															
<i>Berberis</i>					♣										
<i>Mahonia</i>					♣										

Bignoniaceae																	
<i>Bignonioides</i>																☼	
<i>Crescentia</i>																♣	
Bombacaceae																	
<i>Bombacacidites</i>				●						●							
<i>Pachira</i>																	
Boraginaceae				●													
<i>Pistilopollenites</i>			●	●	●					●	●	●					
<i>Tournefortia</i>																	●
Brunelliaceae																	
<i>Brunellia</i>																♣	
Burseraceae																	
<i>Bursera</i>				●					●	●	●	●					●
<i>Protium</i>																	
Caryophyllaceae				●													
Chloranthaceae																	
<i>Ascarina</i>	●	●															
<i>Hedyosmum</i>	●																●
Clethraceae				●													
Combretaceae																	
<i>Combretum/Terminalia</i>																	●
<i>Laguncularia</i>																	●
Compositae										●							●
<i>Ambrosia</i>					●				●								
Connaraceae																	
<i>Connarus</i>																♣	
Cornaceae																	
<i>Cornus</i>																●	
Cunoniaceae																	
<i>Weinmannia</i>																●	
Dichapetalaceae																	
<i>Dichapetalum</i>																	●
Eucommiaceae				●													
<i>Eucommia</i>				♣						●							
Euphorbiaceae																	
<i>Alchornea</i>																	●
<i>cf. Bernardia</i>																	●
<i>Drypetes</i>																♣	
<i>Euphorbia</i>				●													
<i>Manihonites</i>			♣														
<i>cf. Sapium</i>																	●
<i>cf. Stillingia</i>																	●
<i>cf. Tetrorchidium</i>																	●
<i>cf. Tithymalus</i>																	●
Fagaceae	●			●													
<i>Castanea</i>				●	●				●								
<i>Corylus</i>				●													
<i>Quercus</i>				♣												●	●
<i>Nothofagus</i>									●								
Flacourtiaceae																	
<i>Casearia</i>																	●
<i>Laetia</i>																	●
Grossulariaceae																	
<i>Phyllonoma</i>																●	
Guttiferae																	
<i>Symphonia</i>																	●
Haloragaceae																	
<i>cf. Myriophyllum</i>	☼																
Hamamelidaceae																	
<i>Liquidambar</i>										●					●	☼	●
Juglandaceae				●	●			●	●	●							
<i>Juglans</i>																	●
<i>Alfaroa/Oreamunoa</i>															●		●

<i>Engelhardia</i>				●	●			●			●			
<i>Platycarya</i>				●										
Lecythidaceae														
<i>Gustavia</i>														●
<i>Lecythydophyllum</i>													♣	
Lauraceae														
<i>Goepartia</i>													♣	
<i>Lauraceophyllum</i>			♣											
<i>Mespilodaphne</i>													♣	
<i>Nectandra</i>													♣	
cf. <i>Sassafras</i>			♣											
Leguminosae														
<i>Acacia</i>					●				♣	///				●
<i>Bajacalifornioxylon</i>										///				
<i>Bahuinia</i>					♣									
<i>Caesalpinia</i>					●									
<i>Cercidium</i>					///									
<i>Chamaecrista</i>							✱							
<i>Copaiferoxylon</i>										///				
<i>Cordia</i>									●					
<i>Desmanthus</i>														●
<i>Dioclea</i>													♣	
<i>Hymenea</i>									✱					
<i>Indigofera</i>							✱							
<i>Inga</i>													♣	
<i>Leguminosites</i>					♣								♣	
<i>Lysiloma</i>					✱									
<i>Mimosa</i>					✱									●
<i>Mimosoxylon</i>										///				
<i>Prosopis</i>					✱									
<i>Reinweberia</i>					✱									
<i>Senna</i>							✱							
<i>Sophora</i>					✱									
Lentibulariaceae														
<i>Urticularia</i>														●
Loranthaceae														
<i>Struthanthus</i>														●
Lythraceae														
cf. <i>Decodon</i> gp.					✱									
<i>Cuphea</i>														●
Magnoliaceae	●	●												
<i>Liriodendrophylum</i>			♣											
<i>Magnolia</i>												●		
Malpighiaceae					●							●		
cf. <i>Malpighia</i>														●
cf. <i>Mezia</i>														●
cf. <i>Hiraea</i>														●
Malvaceae														
<i>Hampea/Hibiscus</i>														
Melastomataceae												●		
<i>Melastomites</i>													♣	
Meliaceae					●									
<i>Cedrela</i>					♣								♣	●
<i>Guarea</i>														●
Moraceae														
<i>Artocarpus</i>			♣											
<i>Chlorophora</i>									///					
<i>Coussapoa</i>													♣	
<i>Dorstenia</i>														
<i>Ficus</i>									///				♣	
<i>Maclura</i>									///					
Myricaceae														
<i>Eugenia/Myrica</i>					●									●

Myrtaceae	●			●	●											♣	
Myrsinaceae																	
<i>Heberdenia</i>																●	
<i>Parathesis</i>																●	
Onagraceae																	
<i>Ludwigia</i>					●					●							●
<i>Fuchsia</i>					●					●							
Passifloraceae																	
<i>Passiflora</i>																	●
Pellicieraceae																	
<i>Pelliciera</i>						●			●	●					●		
Platanaceae																	
<i>Platanus</i>	●	●			●					●							
Polygalaceae					●												
cf. <i>Securidaca</i>																	●
cf. <i>Bredemeyera</i>																	●
Polygonaceae					●					●							
<i>Coccoloba</i>																	
Pontederiaceae																	●
Portulacaceae					●												
Rhamnaceae																	
<i>Gouania</i>																	♣
<i>Karwinskia</i>					♣												
<i>Karwinskia/Zizyphus</i>			☼		☼												
Ranunculaceae																	
cf. <i>Caltha</i>					☼												
<i>Thalictrum</i>																	●
Rhizophoraceae						●			●	●				●	●	●	
<i>Rhizophora</i>									●			●					●
Rosaceae																	
<i>Cercocarpus</i>					♣												
<i>Fallugia</i>					♣												
<i>Holodiscus</i>					♣												
<i>Moquillea</i>																	♣
<i>Rubus</i>																●	
<i>Sorbus</i>					♣												
<i>Vauquelinia</i>					♣												
Rubiaceae																	
cf. <i>Alibertia</i>																	●
<i>Borreria</i>																	●
<i>Faramea</i>																●	●
<i>Guettarda</i>																♣	
<i>Hoffmania</i>																●	
<i>Psychotria</i>																●	
<i>Rondeletia</i>																●	♣
<i>Terebrantia</i>																	●
Rutaceae																	
<i>Fagara</i>																	♣
Sabiaceae										●							
<i>Matayba</i>																●	
<i>Meliosma</i>																●	
Salicaceae																	
<i>Populus</i>					♣												●
<i>Salix</i>					♣												
Sapindaceae																	
<i>Allophylus</i>																	●
<i>Cardiospermum</i>					♣												
<i>Cupania</i>																	●
<i>Matayba</i>																	●
<i>Melisoma</i>																	●
cf. <i>Paullinia</i>																	●
<i>Sapindus</i>					♣												
<i>Serjania</i>																	●

Sapotaceae				●		●		●	●	●							
Simaroubaceae																	
<i>Simarouba</i>															♣		
Solanaceae																	
<i>Solanum</i>														●			
Sterculiaceae																	
<i>Buettneria</i>																●	
<i>Rebesia</i>					●												
<i>Tremelodendron</i>					●												
Styracaceae																	
<i>Styrax</i>														●			
Symplocaceae																	
<i>Symplocos</i>														●			
Theaceae														●			
<i>Cleyera</i>																●	
Thymelaeaceae																	
<i>Daphnopsis</i>																●	
Tiliaceae																	
<i>Mortonioidendron</i>																●	
Typhaceae																	
<i>Thypha</i>					●					●							
Ulmaceae					●												
<i>Cedrelospermum</i>					✿												
<i>Celtis</i>																●	
<i>Magdalenophyllum</i>					♣												
<i>Ulmus</i>					●											●	
Urticaceae					●												
Vitaceae																	
<i>Cissus</i>														●			

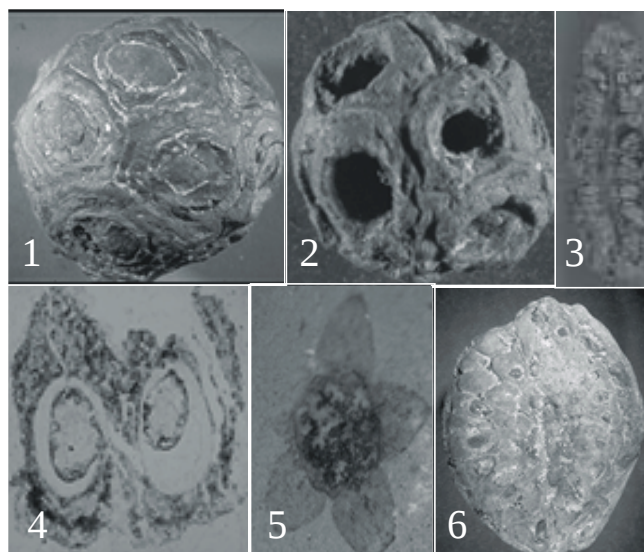
1 = Fm. Tarahumara, Cretácico Superior, Sonora; 2 = Fm. Olmos, Cretácico Superior, Coahuila; 3 = Fm. Cerro del Pueblo, Cretácico Superior, Coahuila; 4 = Fm. Jackson, Eoceno temprano, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas; 5 = Loc. Ahuehuetes, Eoceno/Oligoceno, Puebla; 6 = Fm. La Trinidad, Eoceno Superior, Chiapas; 7 = Fm. La Carroza, Eoceno, Nuevo León; 8 = Fm. Rancho Berlín, Oligoceno Inferior, Chiapas; 9 = Fm. La Quinta, Oligoceno Superior-Mioceno inferior, Chiapas; 10 = Fm. El Cien, Oligoceno superior-Mioceno inferior, Baja California Sur; 11 = Fm. Méndez, Mioceno inferior-Mioceno medio, Chiapas; 12 = Fm. Ixtapa, Mioceno temprano-Mioceno medio, Chiapas; 13 = Fm. Presa de Malpaso, Mioceno, Chiapas; 14 = Fm. Tehuantepec, Mioceno, Chiapas; 15 = Fm. Paraje Solo, Plioceno-Pleistoceno, Veracruz. ● = polen, ♣ = hoja, ✿ = madera, ✿ = flor/fruto

nacional a partir del Cretácico, tomando en cuenta principalmente a las plantas con flor (angiospermas). También se proponen procesos que se asocian a la integración de comunidades del pasado en latitudes bajas de América del Norte, en los que la información geológica es básica para conocer la evolución de las floras en territorio mexicano, y así entender de manera más completa, la vegetación actual del país. La información presentada aquí no proviene de una búsqueda exhaustiva, pero permite apreciar la potencialidad de los fósiles en la detección y solución de variados problemas geológicos y biológicos. La formación de barreras o puentes que facilitan la distribución de los organismos, el impacto de la modificación del relieve, la historia de los linajes y la asociación de éstos en comunidades, son algunos de los problemas a cuya solución puede aportar el estudio de las plantas fósiles.

ESCENARIO CRETÁCICO

La información generada sobre las angiospermas fósiles de México indica que durante el Cretácico, en el territorio que hoy ocupa México, existieron comunidades en las que se mezclaban plantas cuyo origen establecido, con base en la distribu-

ción de las plantas actuales, se sitúa tanto en el hemisferio sur Pandanaceae, Fig. 1; Araceae, Fig. 2; Haloragaceae (Hernández-Castillo, G. y Cevallos-Ferriz, S. 1999), Fig. 4; Musaceae, Strelitziaceae (Rodríguez de la Rosa, R. y Cevallos-Ferriz, S., 1994), Fig. 6, como en el hemisferio norte (Hamamelidaceae, Fig. 3; Lythraceae? Phytolaccaceae, Ranunculaceae). Durante el Terciario, las plantas que supuestamente se originaron en el sur disminuyeron su influencia sobre la paleovegetación de México, siendo las plantas de latitudes altas de América del Norte las que incrementaron su presencia en la composición florística terciaria. Con base en estudios palinológicos, Martínez-Hernández y Ramírez-Arriaga (1996) proponen que durante el Cretácico Superior se pueden reconocer en México tres provincias fitogeográficas. Dos de ellas se ubican en el norte del país y corresponden a la región de Laurasia sur, *Aquilapollenites* en la porción occidental y *Normapolles* en la porción oriental. La otra se identifica en la porción sur del país y está relacionada con Gondwana norte, y es correlacionable con las provincias de *Monocolpates* y *Nothofagidites*. El escenario fisiográfico del Cretácico facilitó la distribución de estos grupos polínicos, pues por el Este el relativamente relieve menos accidentado facilitó el avance de las mismas, y en el Oeste, aunque el relieve era más abrupto, era en ese sentido también



Figs. 1-6. Frutos del Cretácico de México. 1. Fruto relacionado con Pandanaceae con semillas *in situ*, 3x; 2. Fruto relacionado con Pandanaceae con semillas dispersas por lo que muestra algunos orificios, 3x; 3. Fruto relacionado con Hamamelidaceae, 1.5x; 4. Fruto de una Haloragaceae, 15x; 5. Flor de una planta de Rhamnaceae, 8x; 6. Fruto relacionado con la planta actual del ave del paraíso (Strelitziaceae), 1.5x.

uniforme, permitiendo que la distribución de las plantas se ampliara (Fig. 7) (Martínez-Hernández, *et al.* 1980a; Winker y Buffler, 1988). Aparentemente, la elevación del relieve en la zona occidental siguió un desplazamiento de norte a sur a través del tiempo. En contraste, en el oriente del país la evidencia de palinomorfs recuperados desde el Paleoceno (Rosales-Lomelí, *et al.*, 1992; Martínez-Hernández *et al.* 1980), parece indicar que el relieve dominante fue comparativamente menos accidentado que en la porción occidental y los ambientes de planicie costera pudieron ser muy extensos en la última región (Rosales-Lomelí *et al.* 1992). Estas condiciones diferentes en el relieve del territorio, bien pudieron determinar la existencia de dos vías de acceso de las plantas de latitudes altas hacia las latitudes bajas de América del Norte. Además, si esta propuesta es válida, cada una de las vías, con características geológico-ambientales diferentes, propició una selección diferencial para los taxa que podían establecerse en ellas.

PLANTAS DEL CRETÁCICO

Los fósiles de las angiospermas en México tienen nexos geográficos muy antiguos con otras partes del mundo. Sin embargo, estos deben ser interpretados con precaución. Se debe tener en cuenta que a principios del Mesozoico los continentes de los hemisferios norte y sur se encontraban relativamente cerca (Ortega-Gutiérrez *et al.* 1994), lo que permitió que en México se establecieran, además de plantas relacionadas con la zona austral de América del Norte, plantas asociadas con linajes del hemisferio sur.

Al reconocer que durante el Cretácico se desarrollaron en México plantas que ahora crecen en el hemisferio sur, no se puede aceptar de inmediato que los representantes actuales que crecen en el país derivan de linajes de este hemisferio. Un grupo de plantas que sugiere este patrón de evolución y dispersión es el de la familia Pandanaceae (Fig. 1). Los frutos del Cretácico de Coahuila asignados a esta familia tienen características de las que se infiere que se trata de una planta extinta, relacionada con dos plantas actuales del hemisferio sur. Granos de polen recuperados de la localidad Los Ahuehuetes, estado de Puebla (Martínez-Hernández y Ramírez-Arriaga, 1996) también muestran la presencia de una planta de esta familia en el Eoceno del centro de México, sin embargo, esta familia crece hoy de manera natural sólo en el hemisferio sur (Cronquist, 1981).

Un caso similar, es el de la familia Rhamnaceae (Fig. 5). Miembros de este grupo crecieron durante el Cretácico en Coahuila y también se encuentran en el Eoceno de Puebla; pero a diferencia de las Pandanaceae que se extinguieron en el hemisferio norte, las Rhamnaceae continúan siendo un componente de la vegetación actual de México. Este registro fósil sugiere que el linaje de Rhamnaceae, que durante el Cretácico y Paleógeno se desarrolló en el hemisferio norte, evolucionó y se extendió hacia otras regiones. Posteriormente se extinguió en el hemisferio norte, pero el linaje persistió en el hemisferio sur.

Otro caso similar se distingue en la familia Haloragaceae (Fig. 4; Hernández-Castillo, 1998, Hernández-Castillo y Cevallos-Ferriz, 1999). Un representante fósil del Campaniano de Huepac, Sonora, se relaciona con un grupo de plantas que tiene diversidad amplia en el hemisferio sur (Orchard, 1975). La presencia de fósiles de esta familia en otras regiones, sugiere que su linaje vivió y se desarrolló en el hemisferio norte. Eventualmente se extinguió en esta área y, en algún tiempo posterior el género *Myriophyllum* (el representante actual) que continuó evolucionando en el hemisferio sur, migró al hemisferio norte. Aun más, la planta fósil de Sonora, parece tener mayor afinidad con otra planta que hoy crece únicamente en Nueva Zelanda, que con los representantes de Norteamérica. Situaciones semejantes están ejemplificadas por plantas como los parientes del plátano (Musaceae) o el ave del paraíso (Strelitziaceae; Fig. 6) que crecieron durante el Campaniano en el sur de Coahuila y hoy lo hacen de manera natural en el hemisferio sur (Rodríguez de la Rosa y Cevallos-Ferriz, 1994).

ESCENARIO TERCIARIO

Las tres provincias que se pueden distinguir con base en polen durante el Cretácico Superior, se desvanecen en el Paleoceno dando lugar a dos principales zonas paleofitogeográficas que se corresponden con la evolución del relieve de la República Mexicana. En el occidente, el continuo vulcanismo que dió origen a la Sierra Madre Occidental fue un importante factor físico que participó en la selección de las plantas que se establecieron en esta región. En contraste, el oriente

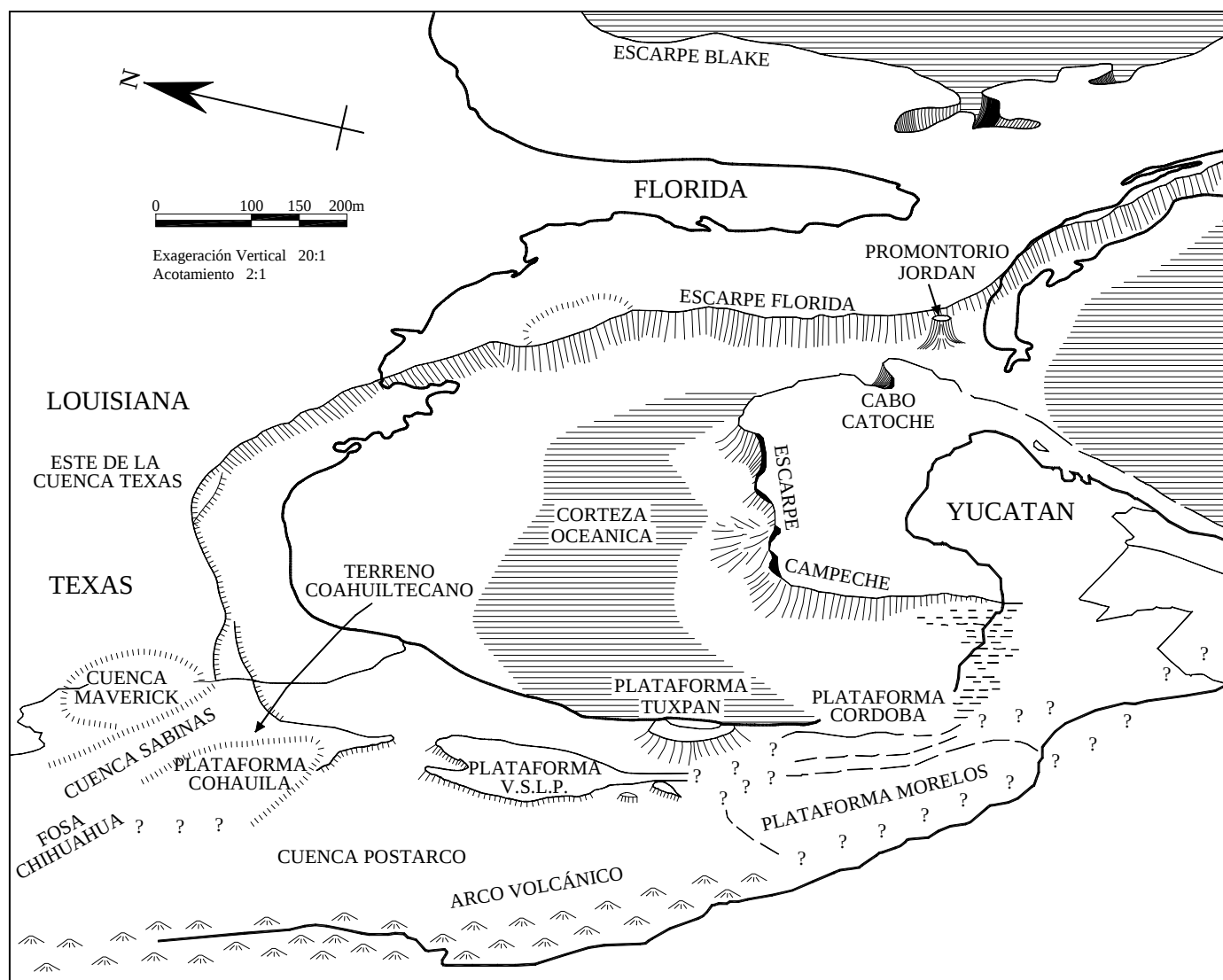


Fig. 7. Escenario paleofisigráfico de México durante el Cretácico.

de México continuó presentando ambientes típicos de planicie costera durante el Paleoceno (Rosales-Lomelí *et al.* 1992).

La presencia en el sur de México de plantas provenientes de latitudes altas de América del Norte (e.g., *Alnus*, *Cedrela*, *Engelhardtia*, *Mimosa*, Fig. 8, *Platanus*, *Populus*, Fig. 9; *Pterocarya*, *Salix*, Fig. 10; *Tapirira*, *Tilia*) sugiere que éstas debieron estar presentes en esta zona antes del surgimiento del Eje Neovolcánico Transversal, pues éste funciona como barrera biogeográfica de singular importancia. Además de la presencia de esta barrera, la constante perturbación de las comunidades en los alrededores de la zona, debida a la actividad volcánica, debió ser un factor selectivo de importancia en la evolución de los linajes y las comunidades. Para comprobar esta hipótesis es necesario documentar las relaciones entre las plantas y los cambios en el medio físico derivados de la actividad volcánica. Por ejemplo, se requiere tener presente que la historia del vulcanismo en México es larga y compleja (Mooser *et al.*, 1974; Negendank, 1972; Bloomfield, 1975), y tan sólo considerar el desplazamiento y el carácter de las emisiones del Eje

Neovolcánico Transversal, es reconocerlo como un importante modelador de la vegetación actual en el centro del país.

VEGETACIÓN TERCIARIA

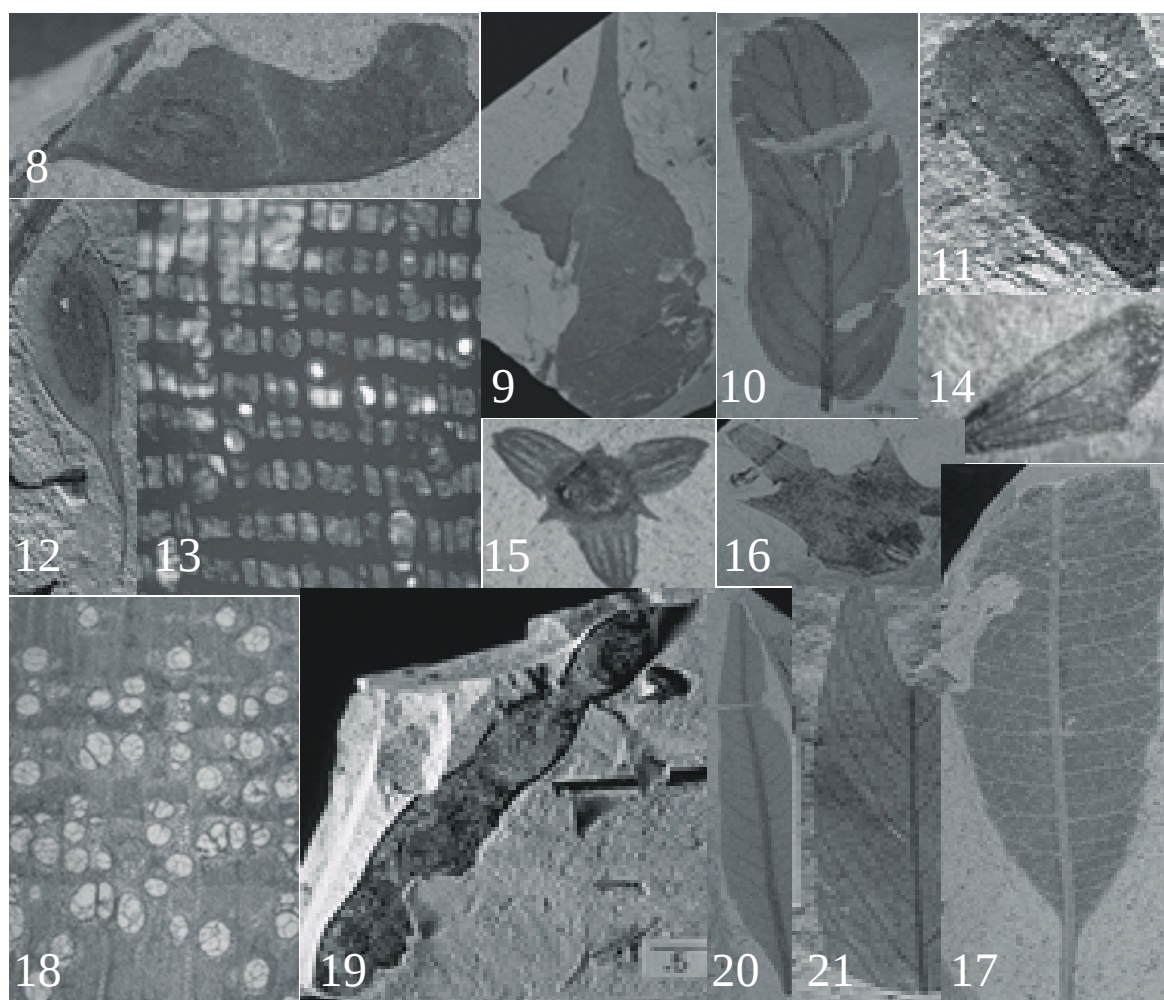
Los estudios que se han desarrollado para explicar el origen de la flora terciaria de latitudes altas en Norte América sugieren que durante el Paleógeno existieron puentes (tanto en el oeste como en el este) que conectaron a Europa y Asia con América del Norte (Tiffney, 1985a, 1985b). La documentación de estos intercambios es cada vez mayor y la forma en que estos puentes funcionaron, comienza a entenderse mejor. Si a latitudes altas de América del Norte llegaron plantas euroasiáticas, y como en el Paleógeno y buena parte del Neógeno no existían barreras significativas que restringieran la distribución de las plantas de latitudes altas a bajas en América del Norte, entonces se puede inferir que las plantas terciarias con afinidad europea o asiática encontradas en México, seguramente llegaron a través de esta vía (e.g., *Cedrelospermum* Fig. 11;

Copaiferoxylon, *Chlorophora*, *Eucommia* Fig. 12; *Ficus*, *Mimosa* Fig. 8; *Pistacia* Fig. 20; *Prosopis* Fig. 19; *Statzia* Fig. 15; Fig. Magallón-Puebla y Cevallos-Ferriz, 1994a, b).

La influencia de plantas asiáticas en la vegetación de México hace evidente la presencia de algunas especies de *Engelhardia* (Juglandaceae), y *Mahonia* (Figs. 14, 16; Berberidaceae). Los nexos florísticos con Europa se reconocen por la presencia de *Cedrelospermum* (Fig. 11), *Statzia* (Fig. 15) y *Pistacia* (Fig. 20). Estos dos últimos géneros de plantas únicamente se conocen de Rott, Alemania (Weyland, 1937) y de Tepexi de Rodríguez, Puebla. Como se expuso en los párrafos anteriores, algunos linajes con esta afinidad geográfica pueden haberse originado en el Cretácico, aunque el lugar de origen de algunos de ellos es aún debatido.

Entre las plantas recientes existen también problemas para establecer su origen o área de dispersión. Por ejemplo, aunque las Berberidaceae (Figs. 14, 16) se comparten con Asia y por algún tiempo se pensó que el grupo se originó allá, estudios recientes sugieren que América del Norte pudo haber sido un importante sitio de diversificación y radiación de cuando menos algunos miembros del grupo. De manera similar, si es correcta la edad eocénica para los fósiles de Los Ahuehuetes en Tepexi de Rodríguez, Puebla, plantas como *Statzia* (Fig. 15) pudieron haber llegado de América del Norte a Europa, ya que los puentes o vías que utilizaron para aumentar su distribución geográfica debieron funcionar en varias direcciones.

En el Oligoceno y Oligoceno-Mioceno del sur de México se han realizado varios trabajos palinológicos en los que se reportan plantas cuyo origen paleotropical y/o neotropical ha



Figs. 8-21. Frutos, hojas y maderas de plantas terciarias de México. 8. Fruto de *Mimosa* (Leguminosae), 3x; 9. Hoja de un álamo (*Populus*, Salicaceae), 0.5x; 10. Hoja de un sauce (*Salix*, Salicaceae), 1.5x; 11. Fruto alado de una planta extinta pariente del olmo (*Cedrelospermum*, Ulmaceae), 3.5x; 12. Fruto de una planta que hoy sólo crece en los bosques húmedos de China (*Eucommia*, Eucommiaceae), 2.5x; 13. Madera de una planta emparentada con el higo (Moraceae), 25x; 14. Foliolo (porción de hoja que parece una hoja completa) de *Berberis* (Berberidaceae), 2.5x; 15. Flor/fruto de una planta extinta cuya relación con plantas actuales es incierta (*Statzia*, Incertae sedis), 4.5x; 16. Foliolo de *Mahonia* (Berberidaceae), 1x; 17. Hoja de *Comocladia* (Anacardiaceae), planta que sólo crece en México y las Antillas, 2x; 18. Madera de otra planta emparentada con el higo (Moraceae), 25x; 19. Fruto del mezquite (*Prosopis*, Leguminosae), 2.5x; 20. Foliolo de la hoja de una planta de Pistache (*Pistacia*, Anacardiaceae), 2x; 21. Una hoja de *Karwinskia* (Rhamnaceae), una planta a veces llamada aturdidora, 1.5x.

sido debatido. En las discusiones que hacen Langenheim *et al.* (1967), Biaggi (1978), Tomasini y Martínez-Hernández (1984), prevalece la idea de que si la planta o el grupo al que ésta pertenece, tiene origen en el hemisferio sur, de acuerdo al estudio de plantas actuales, entonces la planta es de afinidad neotropical. Sin embargo, tal opinión es débil, no cuenta con suficientes argumentos y requiere conjuntar el estudio neo y paleobotánico para ofrecer una discusión más amplia sobre la distribución de las floras actuales y fósiles, que puede dar como resultado una visión distinta a las propuestas hasta ahora sobre el origen de los grupos.

PLACAS TECTÓNICAS Y LA INTEGRACIÓN DE COMUNIDADES

A pesar de que el estudio del movimiento de placas tectónicas a lo largo del Terciario es importante para la comprensión de la flora actual de México, no es nuestro objetivo detallar esta dinámica. Sin embargo, es necesario mencionar algunos desplazamientos de placas relevantes para explicar la distribución y relaciones geográficas de las angiospermas en México. Uno de ellos es el movimiento de la placa Farallón, que originó el arco volcánico establecido durante el Paleógeno en la región de la actual Mesoamérica (Ortega-Gutiérrez *et al.* 1994).

La evidencia que ha señalado Stanley (1936) sobre la gran cantidad de plantas actuales antillanas, compartidas con la flora de la costa del Pacífico de México, y no con la flora del Golfo, y la presencia de algunos taxa en las islas Revillagigedo relacionadas con la flora del Caribe (Johnston, 1931), puede explicarse a partir de la posición que guardaban las Antillas Mayores en el pasado con respecto a la costa del Pacífico mexicano. Bajo esta idea, las islas formarían un corredor biológico por el lado del Pacífico. Si las islas se movieron hacia el este, se propició un incremento en la distribución geográfica de los taxa presentes en la región occidental.

Es muy probable que antes de su desplazamiento, las islas ya integraran una importante cantidad de plantas comunes a la parte continental y occidental del territorio nacional. Al adoptar su posición actual los taxa continuaron evolucionando, como lo sugieren la evidencia con plantas actuales y la presencia de fósiles. En el caso del género *Comocladia* (Fig. 17), descubierto como fósil en el estado de Puebla, se ha encontrado una relación entre las especies actuales que se desarrollan en México y otras de las islas del Caribe (Ramírez, 1998). Las características que presenta el fósil son intermedias entre las especies actuales de las dos regiones y puede considerarse como un ancestro común entre ellas. Por otro lado, la afirmación de que el ámbar del Oligoceno o Mioceno, tanto de Simojovel, Chiapas, como el de República Dominicana fue producido por el mismo tipo de planta, *Hymenaea* (Leguminosae), también apoya esta hipótesis.

El arco volcánico establecido al sur de México y que dio origen a algunas de las islas del Caribe, también ha sido utilizado por algunos autores para explicar la presencia de plantas con ascendencia en el hemisferio sur en los sedimentos terciarios de América del Norte. Las islas que formaban el arco volcánico servirían como “escalones” en el puente entre América del Norte y del Sur. Como se expuso en párrafos anteriores, parece más probable que los linajes que tienen esta relación biogeográfica, analizada con base en la distribución de plantas actuales, tengan en el hemisferio norte una historia más larga, cuando menos desde el Cretácico.

En el caso de la protopenínsula de Baja California, entender su posición en una latitud más al sur hace posible considerar al registro fósil en la parte norte de ese territorio (hoy San Diego, California) como perteneciente a México. De esta manera se puede conocer a las plantas que crecieron en México en el Eoceno o antes, aunque en la actualidad este registro se encuentre fuera de los límites políticos del país. La Formación El Cien, localizada aproximadamente en la parte media de Baja California Sur contiene un conjunto florístico tropical del Oligoceno-Mioceno. Esta vegetación se puede caracterizar como tropical, fuertemente influenciada por el mar, semejante a la que se distingue hoy en las costas de Jalisco y Nayarit (Cevallos-Ferriz y Barajas Morales, 1994). Este tipo de vegetación se extendió a lo largo de la costa del Pacífico, como lo muestra la bien conocida flora del Oligoceno-Mioceno de Chiapas. Esta última tuvo una composición compleja y en cierta forma es una asociación ancestral de las selvas bajas actuales de la costa del Pacífico.

Existe otra vía adicional para explicar el movimiento de plantas hacia el sur, que involucra el desplazamiento durante el Terciario inferior de una porción de corteza continental conocido como Bloque Chortís (Ortega-Gutiérrez *et al.* 1994). Esta hipótesis sugiere que durante el desplazamiento del bloque por la margen occidental del territorio de México, se registró un intenso intercambio de plantas con el continente. Posteriormente el choque con la parte continental al sur del país incrementó la complejidad fisiográfica de esa región, de tal forma que el origen de la Sierra Madre del Sur se reconoce como resultado de ese proceso.

La influencia sobre la fisiografía del sur de México que el choque produjo, repercutió en las condiciones climatológicas e hidrográficas de la región, y por consiguiente ha participado en la conformación florística de la región. Este esquema tal vez pueda explicar, en primer lugar, la gran diversidad vegetal del Estado de Chiapas frente en comparación con el resto de las regiones fisiográficas del país, donde la conjunción de plantas con diferentes afinidades se ha mantenido como un misterioso proceso de integración florística. En segundo lugar, explica la distribución con límite en Centro América de plantas que tienen una muy relevante diversificación en la vertiente noroccidental de México (e.g., *Pinus*, *Quercus*, *Karwinskia*, etc.; Fig. 21) y que en esta región presentan pocas especies. De hecho, la Depresión de Nicaragua (área que equivaldría al extremo austral

del bloque emplazado), marca el límite meridional de la distribución de *Pinus*, de otras coníferas consideradas boreales, así como de varios elementos tipificados como holárticos como *Acer*, *Arbutus*, *Arceuthobium*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Liquidambar*, *Ostrya* y *Platanus* (Rzendowski, 1978).

CONCLUSIONES

Al aceptar que representantes de familias de plantas para las que se postula un origen en el hemisferio sur vivieron en México durante el Cretácico-Paleógeno, e incluso después, no necesariamente se debe entender que estas plantas llegaron de América del Sur a México durante el Terciario. Sus representantes en México pueden ser miembros de linajes cretácicos que durante algún tiempo fueron exitosos en el hemisferio norte. Esta situación sugiere que al hablar del origen geográfico de las plantas debe tenerse muy clara la relación entre los diferentes linajes. Por ejemplo, si bien es cierto que en la actualidad la flora de México tiene un gran contenido de plantas cercanamente relacionadas con aquellas del hemisferio austral, es muy probable que deriven de linajes que se desarrollaron en el hemisferio norte.

PERSPECTIVAS DE ESTOS ESTUDIOS

Es necesario continuar el reconocimiento, a través de fósiles, de las plantas que crecieron en México en el pasado, y relacionarlas con la evidencia geológica para poder generar ideas de cómo se conformó la vegetación actual de México. Este análisis proveerá una visión más dinámica de los factores que se conocen hoy como modeladores de la distribución y asociación de los organismos, y resaltará su importante papel en la comprensión de las plantas y sus comunidades en el pasado.

REFERENCIAS

Berry, E. W. 1923. Miocene plants from southern México. Proc.U.S. Nat. Mus. 62(19):1-27.

Biaggi, R., 1978, Palynology and Paleoecology of some Oligo-Miocene sediments from Chiapas, Mexico. Master Thesis. Walla Walla College, 92 p.

Bloomfield, K., 1975, A late Quaternary monogenetic field in Central Mexico. Geol. Rundschau, 64(2), 476-497.

Cevallos-Ferriz, S. and Barajas-Morales, J., 1994, Fossil Woods from the El Cien Formation in Baja California sur: Leguminosae. IAWA Journal, 15(3): 229-245.

Cronquist, A., 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York.

Grisebach, A. 1883. La vegetación de México. Clima, formaciones vegetales y regiones. Centro de vegetación. La Naturaleza, primera serie, 6:251-279.

Hernández-Castillo, G., 1998, Plantas permineralizadas del Cretácico superior de Sonora, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 47 p.

Hernández-Castillo, G. y Cevallos-Ferriz, S., 1999, Reproductive and vegetative organs with affinities to Haloragaceae from the Upper Cretaceous Huepac chert locality of Sonora, Mexico. American Journal of Botany 86(12): 1717-1723.

Johnston, I.M., 1931, The flora of Revillagigedo Islands. Proceedings of the California Academy of Sciences IV 20, 9-104.

Magallón-Puebla, S. and Cevallos-Ferriz, S.R.S., 1994a, Latest occurrence of the extinct genus *Cedrelospermum* (Ulmaceae) in North America: *Cedrelospermum manchesteari* from Mexico. Review of Paleobotany and Palynology, 81, 115-128.

Magallón-Puebla, S. and Cevallos-Ferriz, S.R.S., 1994b, *Eucommia constans* n. sp. Fruits from upper Cenozoic strata of Puebla, Mexico: morphological and anatomical comparison with *Eucommia ulmoides* Oliver. International Journal of Plant Science, 155(1), 80-95.

Martínez-Hernández, E., Almeida-Leñero, L., Reyes-Ayala, M. y Betancourt-Aguilar, Y. 1980a, Estudio palinológico para la determinación de Ambientes en la cuenca Fuentes-Río Escondido (Cretácico superior), región de Piedras Negras, Coahuila. UNAM, Instituto de Geología Revista 4:167-185.

Martínez-Hernández, E., Hernández-Campos, H. y Sánchez-López, M. 1980b, Palinología del Eoceno en el Noreste de México. UNAM, Instituto de Geología, Revista 4: 155-166.

Martínez-Hernández, E., y E. Ramírez-Arriaga, 1996, Paleocorología de angiospermas de la flora mexicana durante el Mesozoico y Terciario. Algunas evidencias palinológicas. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 58: 87-97.

Martins, C. 1871. Las poblaciones vegetales, su origen, su composición y sus emigraciones. La Naturaleza, primera serie, 2:18-27,148-154,241-250.

Mooser, F., Nairn, A.E. and Negendank, J.F., 1974, Paleomagnetic investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rocks, VII a paleomagnetic and petrologic study of volcanics of the Valley of Mexico. Geol Rundschau, 63(2), 451-483.

Nathorst, A. 1899. Pflanzenresten aus dem Neocom von Tlaxiaco. In Félix J. y H. Lenk, Beitr. z. Geol. u. Paläo. d. Rep. México. II theil, pp. 51-54.

Negendank, J.F.W., 1972, Volcanics of the Valley of Mexico. N. Jb. Miner. Abh., 116, 308-320.

Noé A. C. 1937. Migración y evolución de las faunas y floras fósiles americanas y sus relaciones estratigráficas aparentes en las costas del Atlántico y Pacífico. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, X(1-2):61-73.

Orchard, A.O., 1975, Taxonomic revisions in the family Haloragaceae 1. The genera *Haloragis*, *Haloragodendron*, *Glyschrocaryon*, *Meziella* and *Gonocarpus*. Bulletin of the Auckland Institut and Museum 10: 1-299.

- Ortega-Gutiérrez, F., Sedlock, R.L. and Speed, R.C., 1994, Phanerozoic tectonic evolution of Mexico, in Speed, R.C. ed., Phanerozoic Evolution of North American Continent-Ocean Transitions: Boulder, Colorado, Geological Society of America, DNAG Continent-Ocean Transect Volume pp: 265-306.
- Ramírez, J.L., 1998, Analisis foliar de Anacardiaceae, Berberidaceae y Salicaceae en Los Ahuehuetes (Oligoceno), Tepexi de Rodríguez, Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 118 p.
- Rodríguez de la Rosa, R. and Cevallos-Ferriz, S.R.S., 1994, Upper Cretaceous zingiberlean fruits with in situ seeds from southeastern Coahuila, Mexico. *International Journal of Plant Science*, 155(6), 786-805.
- Rosales-Lomelí, J., Ayala-Nieto, M. y Martínez-Hernández, E. 1992, Investigación palinológica de fósiles terciarios en una columna de la cuenca Tampico-Misantla. Proyecto CAO-1405 (informe inédito).
- Rzedowski, J., 1978, Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Stanley, P.C., 1936, Las relaciones geográficas de la flora mexicana. *Anales del Instituto de Biología, México*, 7, 9-16.
- Tiffney, B.H., 1985a, Perspectives on the origin of the floristic similarity between eastern Asia and eastern North America. *Journal Arnold Arboretum* 66: 73-94.
- Tiffney, B.H., 1985b, The Eocene North Atlantic land bridge: Its importance in Tertiary and modern phytogeography of the Northern Hemisphere. *Journal Arnold Arboretum* 66: 243-273.
- Tomasini-Ortiz, A.C. y Martínez-Hernández, E., 1984, Palinología del Eoceno-Oligoceno de Simojovel, Chiapas. *UNAM, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana*, 50, 61p.
- Weyland, H. 1937, Beiträge zur Kenntnis der Rheinischen Tertiärflora. *Palaeontographica Abt. B.* 83: 67-122.
- Winker, C.D. and Buffler, R.T., 1988, Paleogeographic evolution of early deep-water Gulf of Mexico and margins, Jurassic to Middle Cretaceous (Comanchean): *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 72, p. 318-346.

ORGANIZACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS DE CTD

M.A. Cosío y A. Trasviña
 Oceanografía Física, CICESE, B.C.S.
 Miraflores #334 e/ Mulegé y La Paz, La Paz, B.C.S., México
 E-mail: mcosio@cicese.mx
 E-mail: trasvi@cicese.mx

RESUMEN

Se presenta un método para visualización de lances de sondas de temperatura, conductividad y profundidad (CTD). Con las observaciones (presión, temperatura y salinidad) generamos diagramas T-S, secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad potencial, frecuencia de Brunt-Väisälä y velocidad geostrófica, así como diferentes gráficas de la posición de estos lances y un archivo de datos para cada gráfico con sus respectivos parámetros. La programación se hizo en MATLAB y se tomó como base el formato ASCII para lances hidrográficos del Departamento de Oceanografía Física del CICESE. El programa es fácilmente adaptable a todo tipo de formatos de manera que los módulos de visualización pueden ser útiles en una amplia variedad de casos.

INTRODUCCIÓN

Los métodos computacionales para la visualización de datos oceanográficos son una herramienta indispensable para el análisis preliminar de datos y para el estudio observacional de fenómenos oceanográficos.

La organización de la base de datos es uno de los primeros pasos a decidir en el proceso de estandarización de los mismos. Por ello, decidimos organizar la base de datos, integrada por diferentes 'lances' o archivos de datos dentro de directorios asignados según el nombre del crucero oceanográfico. A su vez, cada crucero incluye los diferentes transectos en subdirectorios, para hacerlos más accesibles y fáciles de identificar al momento de realizar alguna búsqueda. En la Fig. 1 podemos observar la manera en que se organizó la base en la computadora. Cada archivo (o 'lance') individual incluye un encabezado con la información particular del lance. Dentro del subdirectorio 'cruceros' (base de datos), nos encontramos primeramente con otros subdirectorios con los nombres de los diferentes cruceros a visualizar, en donde a su vez se encuentran otros subdirectorios con los nombres de los transectos o secciones de cada crucero, para que finalmente allí se localicen el archivo de nombres y los diferentes nombres de archivos de datos de tipo ASCII correspondientes a los lances o estaciones hidrográficas de cada transecto. Los archivos siguen un formato estándar, aunque pueden existir pequeñas variaciones. El programa se adaptó para entender todas las variantes (y podría ser modificado por el usuario si aparecieran nuevas o si se cambia de formato). Por esto, la base de datos incluye archivos con diferentes extensiones para distinguir entre las diferentes variantes (.TXT, .DAT, .PRO, .SAL, .FIN, etc.).

Concluida esta primera etapa, elaboramos los programas y funciones necesarios para la lectura, procesamiento y despliegue de los datos. Escogimos un número de gráficas de uso co-

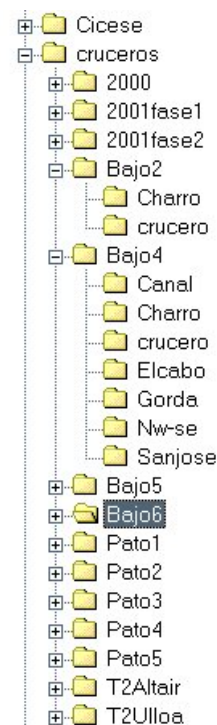


Fig. 1. Organización de la base de datos en la computadora. Cada directorio contiene los datos de diferentes cruceros y a su vez, cada crucero incluye los diferentes transectos en sus respectivos subdirectorios.

mún, como el diagrama de posiciones del crucero o del transecto, diagrama T-S, secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad potencial, frecuencia de Brunt-Väisälä, y de velocidad geostrófica. Agregamos además la posibilidad de remover valores erróneos de los datos. Esto último añade versatilidad al programa porque permite visualizar datos antes del procesamiento final y localizar fuentes de error.

Al desplegar cada gráfico se tiene la opción de guardar las variables utilizadas para la obtención del mismo. Esto se hace guardando un archivo de datos en formato de matlab (*.mat) en el mismo directorio de los datos fuente. Ello permite exportar un conjunto determinado de valores a otras aplicaciones o programas.

Los únicos requisitos de la base de datos son que cada lance esté interpolado a un intervalo constante de 1 db y que se cuente con datos de presión y cualquiera de las otras dos variables (temperatura o salinidad). Si se carece de alguna de las últimas solo debe agregarse una columna de banderas (v.g. 0, no acepta NaN's -not a number-), del mismo tamaño que la columna de presión, en el archivo final del lance. El encabezado solo debe incluir la posición del lance; los demás datos son prescindibles. Se incluye su lectura porque agrega la capacidad de consultarlos o graficarlos dentro de MATLAB si fuera necesario (de momento no se incluyen rutinas de graficado específicas para este fin).

INSTRUMENTACIÓN

Los datos provienen de sondas de temperatura, conductividad y profundidad (CTDs) de diferentes modelos. En la base de datos hay observaciones hechas con CTDs SBE 19, SBE 25, SBE 9/11 de SEABIRD Electronics y Mark III de General Oceanics. Todos incluyen sensores de temperatura, conductividad y presión. Estos instrumentos muestrean la columna de agua con diferentes frecuencias: de 2 Hz. para el SBE 19 (Fig. 2a), de 8 Hz. para el SBE 25 (Fig. 2b), 24 Hz. para el SBE 9/11 (Fig. 2c) y 32 Hz. para el Mark III (Fig. 2d). En todos los casos la velocidad óptima de perfilado es de alrededor de 1 ms^{-1} . Solo se incluyen datos de perfiles tradicionales y no se incluyen, por ejemplo, transectos con CTD ondulante, cuyo procesamiento se describe en Trasviña (1999). En todos los casos los datos se limpiaron de errores obvios y se interpolaron a intervalos constantes de presión de 1 db antes de su inclusión en la base de datos.

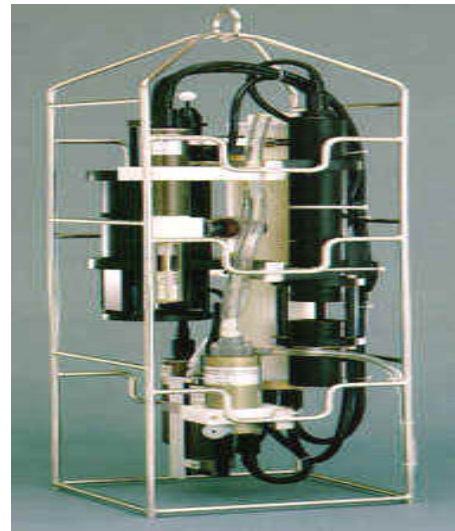


Fig. 2b. Sealogger CTD SBE 25.



Fig. 2c. CTD SBE 911 plus.



Fig. 2a. SEACAT Profiler SBE 19.



Fig. 2d. Mark III General Oceanics.

UN MÉTODO DE VISUALIZACIÓN Y DE ORGANIZACIÓN DE DATOS

Para lograr la estandarización de la base de datos en proceso se requiere que inicialmente hagamos uso de *programas propietarios* de los diferentes instrumentos para la conversión de datos “crudos” a un formato manejable por procesadores de texto. Posteriormente estandarizamos los datos al formato ASCII del Departamento de Oceanografía Física del CICESE. Esto no es indispensable, podríamos haber escrito una rutina de lectura para cada conjunto de datos, pero este paso simplifica la lectura de la información. Además, el formato ASCII que escogimos permite concentrar en un solo archivo los principales datos auxiliares que se toman rutinariamente en cada estación de muestreo.

El sistema de post-procesamiento y visualización se desarrolló en el lenguaje de programación MATLAB, para lo que se desarrolló una interfase gráfica (*grafdat*) que sirve como menú principal, desde el cual se llaman las diferentes funciones.

El post-procesamiento y visualización se divide en varias etapas:

- Inicio de la interfase gráfica dentro de MATLAB (*grafdat*).
- Lectura de los datos correspondientes a un transecto o cruceo completo: En esta fase también se lee y organiza la información según las necesidades de los programas subsiguientes de procesamiento o visualización (*readctd*).
- Opcional: en cualquier momento es posible eliminar los datos con ceros, o cantidades menores y/o mayores a valores indicados por el usuario: (*depura* y *depura2*).
- Visualización de las posiciones de la sección o transecto en cuestión: (*postrans*).
- Visualización de las posiciones del cruceo: (*poscruce*).
- Visualización del diagrama T-S para los mismos datos: (*tsppal*).
- Visualización de las secciones verticales de temperatura, salinidad, densidad potencial y frecuencia de Brunt-Väisälä: (*seccion*).
- Visualización de las secciones verticales de sus velocidades geostroficas: (*velgeo*).
- Opción que guarda las principales variables utilizadas para la obtención de los gráficos: (*guardato*).

Nótese que para la lectura de transectos se utiliza un archivo de nombres que incluye la trayectoria en donde se encuentran los datos. Para dar mayor flexibilidad a este paso, el archivo de nombres puede estar en cualquier lugar pero debe incluir la información completa de la trayectoria de los archivos de lances en cada renglón. Sin embargo, es recomendable que los

archivos de nombres se encuentren siempre dentro del directorio escogido para la base de datos, un nivel por encima de los lances. De esta forma sólo será necesario incluir la trayectoria de los lances a partir de ese nivel hacia abajo. Esto es importante porque evita modificar los archivos de nombres si la base de datos se cambia de lugar (por ejemplo, de un disco D: a un disco F:, o a un disco óptico).

En la siguientes figuras se muestran ejemplos de organización (Fig. 3a) y del archivo de nombres (Fig. 3b) localizados en sus trayectorias asignadas (dentro de la base de datos), y otros que se encuentra fuera de la base de datos (Fig. 3c y Fig. 3d). En los pies de figura se explica la forma que debe tomar el archivo de nombres para estos casos.

Nombre	Tama.	Tipo
Charro2	1 KB	Archivo DAT
DCHAR001	8 KB	Archivo PRO
DCHAR002	16 KB	Archivo PRO
DCHAR003	20 KB	Archivo PRO
DCHAR004	20 KB	Archivo PRO
DCHAR005	18 KB	Archivo PRO
DCHAR006	9 KB	Archivo PRO
DCHAR007	12 KB	Archivo PRO
DCHAR008	13 KB	Archivo PRO
DCHAR009	10 KB	Archivo PRO
DCHAR010	11 KB	Archivo PRO
DCHAR011	21 KB	Archivo PRO
DCHAR014	22 KB	Archivo PRO
DCHAR015	22 KB	Archivo PRO
DCHAR018	22 KB	Archivo PRO
DCHAR019	22 KB	Archivo PRO
DCHAR020	22 KB	Archivo PRO

Fig. 3a. Después de localizar el subdirectorio del cruceo, localizamos el subdirectorio interno que contiene los datos del transecto de interés. Aquí debe estar también el archivo de nombres el cual puede tener el mismo nombre que el subdirectorio del transecto.

```
CHARRO2.DAT
-----|
DCHAR001.pro
DCHAR002.pro
DCHAR003.pro
DCHAR004.pro
DCHAR005.pro
DCHAR006.pro
DCHAR007.pro
DCHAR008.pro
DCHAR009.pro
DCHAR010.pro
DCHAR011.pro
DCHAR014.pro
DCHAR015.pro
DCHAR018.pro
DCHAR019.pro
DCHAR020.pro
```

Fig. 3b. Archivo de nombre (.DAT) que contiene a los diferentes lances o estaciones hidrográficas del transecto. No incluye la trayectoria de los archivos de datos, por estar localizado en la misma trayectoria.

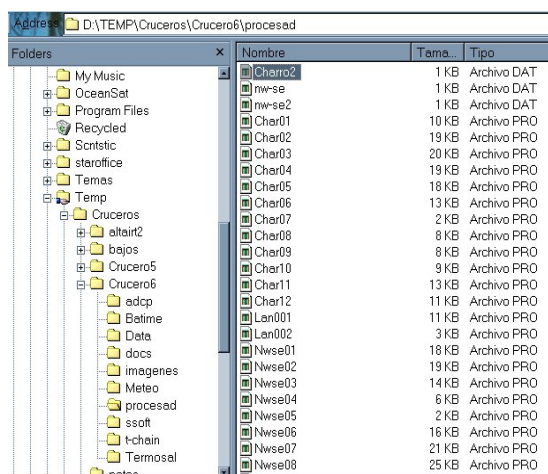


Fig. 3c. Cuando los datos están en trayectorias arbitrarias podemos leer un archivos de nombres que incluya las trayectorias de los diferentes conjuntos de datos.

```
Charro2.dat
-----+
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR01.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR02.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR03.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR04.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR05.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR06.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR07.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR08.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR09.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR10.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR11.PRO
d:\TEMP\Cruceros\Crucero6\procesad\CHAR12.PRO
```

Fig. 3d. Archivo de nombre (.DAT) que contiene las trayectorias de diferentes lances o estaciones hidrográficas.

ESTANDARIZACIÓN DE ARCHIVOS A PARTIR DE LA SALIDA DE LOS PROGRAMAS PROPIETARIOS

➔ **Entrada:** archivo de datos crudos capturados del CTD.

⬅ **Salida:** archivo estándar de datos crudos (convertido a ASCII).

Los datos recuperados de CTD contienen la información almacenada en un archivo el cual es un ciclo de bajada y subida. Cada archivo es traducido a ASCII usando los *programas propietarios* del equipo. Tal y como esta diseñada la función *readctd*, el archivo de datos de entrada debe ser acompañado de un encabezado como el que se muestra en la Fig. 3e. La presión debe iniciar en 0 pero se utilizan banderas NaN ('not a number') donde no hay información.

Para lograr la estandarización final del archivo, como en la Fig. 3e, se proporcionan ejemplos de dos funciones MATLAB que deben ser modificadas en cada caso por el usuario. La primera llamada *leetran*, la cual a su vez llama a otra función lla-

ESTACION	LANCE	LATITUD	LONGITUD	DD	MM	AA
Charro01	018	24 37.40	110 24.67	24	11	97

HORA [UTC]	PROFTOT (m)	PROFLAN (m)	VIENTO: MAG (m/s)	DIR
99:99	-999	322	-99	-99

TEMPSUP (°C)	HR (%)	TEBUSE (°C)	INS	FUENTE: A. TRASVINA
-9.9	-9	-999		SBE9/11

presion (db)	temp. (°C)	Sal. (ups)
0	NaN	NaN
1	NaN	NaN
2	NaN	NaN
3	27.094	34.6976
4	27.100	34.6963
5	27.099	34.6966
6	27.112	34.6966
7	27.115	34.6979
8	27.114	34.6979
9	27.114	34.6982
10	27.115	34.6988
11	27.112	34.6986
12	27.112	34.6980
13	27.112	34.6999

Fig. 3e. Archivo de datos de tipo ASCII (DCHAR001.pro) conteniendo el encabezado con la información de su bitácora asignada al lance del transecto en el crucero correspondiente y los parámetros utilizados para el análisis y visualización de diferentes opciones oceanográficas.

mada *leearch*. Es conveniente hacer una copia con nombres diferentes de *leetran* para cada transecto, agregando tantas funciones como archivos de datos.

La función *leearch* también tiene que ser diferente para cada transecto, ya que la salida ASCII de los programas propietarios, como el número y posición de las columnas de los datos que deseamos incorporar pueden variar. Diferentes cruceros son realizados por diferentes usuarios, convertidos a ASCII en formas distintas, los encabezados generalmente no se escriben de forma estándar y pueden tener diferente número de líneas de datos. Por esto su lectura no puede ser estándar y tenemos que adaptar la función *leearch* a cada transecto.

Llamada a las funciones leetran.m y leearch.m, dentro de MATLAB:

leetran (*leearch*('nom-arch-datos.*'))

Es ejecutada tantas veces como archivos de datos existan en el transecto.

leearch (nom-arch)

➔ **Entrada:** nom-arch. (del subdirectorio del transecto de cada crucero).

⬅ **Salida:** nom-arch-datos estandarizados con otra extensión diferente para no perder los datos originales.

Procesamiento en MATLAB: menú principal

Dentro de MATLAB se inicia el programa *grafdat* (Fig. 3f). En su primera opción escogemos el crucero o transecto que queremos graficar y analizar (Fig. 3g). Después de leer los datos, abre una nueva pantalla de MATLAB que muestra el menú principal del programa (Fig. 3h) con las diferentes opciones de visualización o procesamiento.

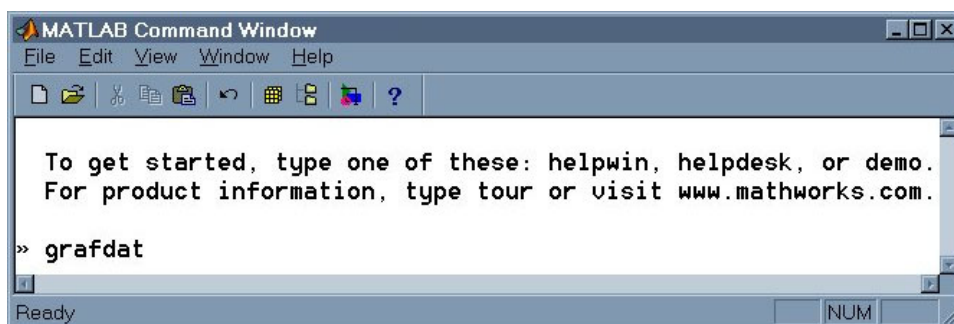


Fig. 3f. Dentro de la línea de comandos de MATLAB damos el nombre del programa grafdat para que seleccionemos el crucero que necesitamos observar.



Fig. 3g. Primeramente escogemos el crucero y luego abrirá otra ventana similar a esta preguntando por la sección que queremos analizar de dicho crucero, para terminar con la selección del archivo.

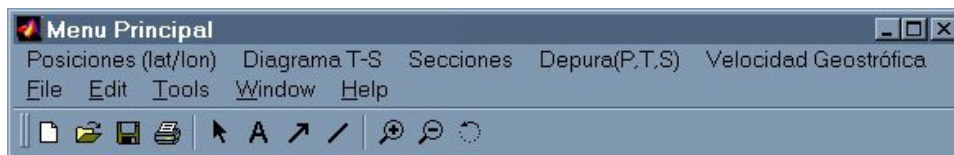


Fig. 3h. Pantalla de inicio para la visualización de los parámetros oceanográficos (P,T,S).

→ **Entrada:** archivo de nombres. Incluyendo la trayectoria si es necesario (ver Fig. 3b y Fig. 3d).

← **Salida:** matrices de presión, temperatura, salinidad, posición, día, mes, año, hora, minuto, profundidad total, profundidad del lance, variación magnética, dirección del viento, temperatura superficial, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco, instrumento, temperatura mínima, temperatura máxima, salinidad mínima, salinidad máxima. En la salida se genera una interfase gráfica que muestra las diferentes opciones de graficado o procesamiento.

Dentro de **grafdat** la función que realiza la lectura es **readctd**:

Llamada a la función readctd.m, dentro de MATLAB:

[p,t,s,posición,día,dd,mm,aa,hh,mi,proft,profl,magv,dirv,tsup,

tbhum,tbsec,inst,P,T,S,mintemp,maxtemp,minsali,maxsali] = **readctd**(fname,trayec);

→ **Entrada:**

fname: nombre del archivo de datos.

trayec: trayectoria del archivo de datos.

← **Salida:** matrices, vectores y escalares de los datos de P,T,S y del encabezado.

GRÁFICAS DE LAS POSICIONES DE LA SECCIÓN (TRANSECTO) O DEL CRUCERO

Esta opción nos permite graficar las diferentes posiciones dentro de un transecto y tiene la opción de graficar todo el crucero. La siguiente pantalla (Fig. 3i) muestra cómo se observan

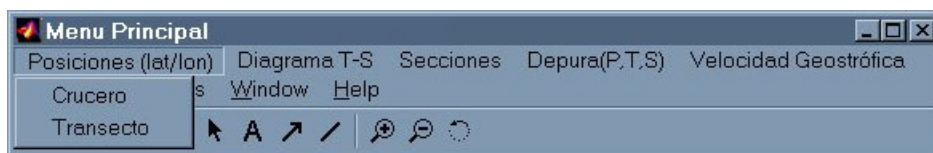


Fig. 3i. Menú Principal mostrando las opciones que se pueden graficar, tanto las posiciones del transecto en análisis como las posiciones de todo el crucero de ese transecto.

estas opciones mencionadas anteriormente. Las funciones de graficado (*postrans*, *poscruce*) se llaman con un clic en la interfase gráfica. Abajo se explica su funcionamiento, aunque el usuario no tiene que interactuar directamente con ellas.

Llamada a las funciones *postrans.m* y *poscruce.m*, dentro de MATLAB:

postrans(posición, transecto, nombrec, fecha)

➔ *Entrada*: matriz de posiciones, nombre del transecto, nombre del crucero y fecha (de *readctd*).

⬅ *Salida*: pantalla de MATLAB, mostrando las posiciones únicamente del transecto.

poscruce(trayec, fecha)

Esta función toma las posiciones del crucero del directorio *crucero* que debe formar parte de la base de datos (ver la de organización de la base de datos en la introducción).

➔ *Entrada*: matriz de posiciones, nombre del crucero y fecha. Toma los datos del directorio *crucero*.

⬅ *Salida*: pantalla de MATLAB, mostrando las posiciones del crucero. Esta pantalla tiene la opción de incluir líneas de costa. Los archivos con las líneas de costa deben estar en el mismo directorio que el programa *grafdat*. El paquete de programas incluye ejemplos de estos archivos.

OBTENCIÓN DEL GRÁFICO DE DIAGRAMA T-S

La visualización del diagrama T-S, además de identificar las masas de agua presentes, sirve para encontrar errores en los datos. Un error detectado en la salida gráfica puede ser corregido por la función *depura* o *depura2*, según se explica adelante. La opción de asignación de esta pantalla es dada a continuación por la Fig. 3j.

Una vez que se obtiene esta pantalla podemos observar que además contamos con las opciones de eliminar o colocar los Ejes y la Malla (Grid) y, además, Guarda Datos, en donde se almacenarán las variables necesarias para la generación de dicho gráfico con un nombre de archivo adecuado al mismo.

Llamada a la función *tsppal.m*, dentro de MATLAB:

$[zsal, Lat, Long, ypres, t2, trayec] = tsppal(T, S, transecto, nombrec, fecha)$

➔ *Entrada*: matrices de temperatura y salinidad, nombre del transecto, nombre del crucero y fecha (de *readctd*).

⬅ *Salida*: pantalla de MATLAB, mostrando el diagrama T-S del transecto seleccionado.

OBTENCIÓN DE LOS GRÁFICOS DE SECCIONES VERTICALES DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD POTENCIAL Y FRECUENCIA DE BRUNT-VÄISÄLA, POR MEDIO DE MAPAS DE CONTORNOS O DE COLOR

En la Fig. 3k observamos múltiples opciones de gráficos. Dependiendo de nuestras necesidades de observación y análisis, estos pueden presentarse en mapas de contornos o de color. Una vez escogido el tipo de gráfica se decide cuál de las secciones verticales (temperatura, salinidad, densidad potencial o frecuencia de Brunt-Väisäla) se desea visualizar y posteriormente podemos observar que también contamos con las opciones de eliminar o colocar los Ejes y la Malla (Grid), y además, Guarda Datos, en donde se almacenarán las variables necesarias para la generación de dicho gráfico con un nombre de archivo adecuado al mismo.

Llamada a la función *seccion.m*, dentro de MATLAB:

$[zsal, Lat, Long, ypres, t2, trayec] = seccion(arg1, arg2, arg3, arg4, arg5, arg6, arg7, arg8, arg9, arg10, arg11)$

➔ *Entrada* (de *readctd*)

arg1: matriz de temperatura o salinidad, según sea el caso.

arg2: matriz de salinidad o temperatura, según sea el caso.

arg3: matriz de presión.

arg4: mínimo de temperatura o salinidad, según sea el caso.

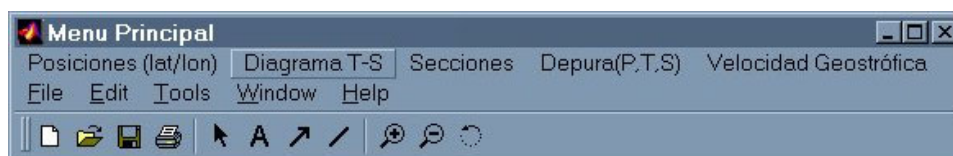


Fig. 3j. En esta opción del menú únicamente graficamos el Diagrama T-S.



Fig. 3k. En esta pantalla de menú observamos los cuatro diferentes tipos de gráficos que podemos mostrar en la Sección de Contornos. También en la Sección de Mapas de Color se tienen los mismos cuatro diferentes tipos de gráficos.

arg5: máximo de temperatura o salinidad, según sea el caso.

arg6: texto de temperatura, salinidad, densidad potencial, o frecuencia de Brunt-Väisälä, según sea el caso.

arg7: 1 para contornos, 0 para mapas de color, según sea el caso.

arg8: nombre del transecto.

arg9: nombre del crucero.

arg10: matriz de posiciones.

arg11: fecha del transecto o crucero.

← **Salida:** Pantalla de MATLAB graficando, según sea el caso (zsal), mapa de contorno o de color de la sección seleccionada (temperatura, salinidad, densidad potencial o frecuencia de Brunt-Väisälä).

OPCIÓN PARA LA DEPURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD. VALORES IGUALES A CERO O BIEN, VALORES MENORES O MAYORES A CIERTO CRITERIO.

Cuando en el diagrama T-S encontramos valores lejanos a los límites esperados de temperatura o de salinidad, es posible limpiar los datos mediante una de las dos opciones de depuración en el menú principal (Fig. 3l).

Llamada a las funciones depura.m y depura2.m, dentro de MATLAB:

Para quitar ceros:

$[P,T,S,\text{mintemp},\text{maxtemp},\text{minsali},\text{maxsali}] = \text{depura}(P,T,S,\text{mintemp},\text{maxtemp},\text{minsali},\text{maxsali})$

→ **Entrada:** P,T,S,mintemp,maxtemp,minsali,maxsali.

P: matriz de Presión.

T: matriz de Temperatura.

S: matriz de Salinidad.

mintemp: valor mínimo de la temperatura para colocar el límite inferior de su eje.

maxtemp: valor máximo de la temperatura para colocar el límite superior de su eje.

minsali: valor mínimo de la salinidad para colocar el límite inferior de su eje.

maxsali: valor máximo de la salinidad para colocar el límite superior de su eje.

← **Salida:** pantalla de MATLAB, mostrando el diagrama T-S pero sin valores de cero en los datos de P,T,S. Los ceros en las matrices PTS se sustituyen con NaN's

Para quitar valores fuera del rango normal:

$[P,X,\text{mintemp},\text{maxtemp}] = \text{depura2}(P,X,\#, \text{valor})$

→ **Entrada:** P,T,#,valor.

P: matriz de Presión.

X: matriz, según sea el caso de depuración (Temperatura o Salinidad).

#: Puede ser 1 (condición <) o 2 (condición >).

valor: criterio impuesto por el usuario

← **Salida:** pantalla de MATLAB, mostrando el diagrama T-S pero con los nuevos datos actualizados de temperatura o de salinidad, según sea el caso. Los datos fuera de rango se sustituyen con NaN's.



Fig. 3l. Aquí se muestran las dos opciones que podemos tener en la depuración de ciertos valores de temperatura, aparte de valores iguales a cero. Estas mismas opciones existen para la salinidad.

PROCESAMIENTO EN MATLAB, OCTAVA FASE: OBTENCIÓN DEL GRÁFICO DE LAS SECCIONES VERTICALES DE LAS VELOCIDADES GEOSTRÓFICAS

En la Fig. 3m, podemos ver las diferentes opciones para graficar la velocidad geostrófica. Es posible asignar un nivel de referencia o tomar el nivel común a cada 2 estaciones del transecto. Ambas opciones tienen la posibilidad de aplicar un filtro horizontal. El filtrado horizontal se utiliza para remover efectos de fluctuaciones de alta frecuencia que no estarían en balance geostrófico. Sin embargo, se utiliza solamente un mínimo de tres estaciones para conservar la generalidad del procedimiento. Se utiliza el filtro pasabajo de Godin (Godin, 1972). Una vez que se obtiene esta pantalla podemos observar que además contamos con las opciones de eliminar o colocar los Ejes y la Malla (Grid), y además Guarda Datos, en donde se almacenarán las variables necesarias para la generación de dicho gráfico con un nombre de archivo adecuado al mismo.

Llamada a la función *velgeo.m*, dentro de MATLAB:

[zsal,Lat,Long,ypres,t2,trayec]=*velgeo*(P,T,S,posición,q,iq,fecha)

➔ *Entrada:* P,T,S,posición,q,iq,fecha (de *readctd*)

P: matriz de Presión.

T: matriz de Temperatura.

S: matriz de Salinidad.

posición: matriz de latitudes y longitudes de c/u de las estaciones del transecto.

q: variable que contiene el valor de "n" para el nivel común. **La opción de nivel común a una pareja de lances sólo deberá utilizarse cuando se tienen lances hasta el fondo.**

iq: variable que puede tener el valor de "s" para utilizar el filtro o "n" para no usarlo.

⬅ *Salida:* pantalla de MATLAB, mostrando las velocidades geostróficas del transecto seleccionado.

long: longitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

lattg: latitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

PP: matriz de Presión en la matriz de la velocidad geostrófica.

gvel: matriz de la velocidad geostrófica.

Cuando el usuario selecciona la opción para asignar el nivel de referencia, la función que será llamada (*velgeor*) es muy similar a *velgeo*, sólo que en los argumentos de entrada contará con uno más (ref), el que es dado en pantalla por medio de un interfaz gráfico.

Llamada a la función *velgeor.m*, dentro de MATLAB:

[zsal,Lat,Long,ypres,t2,trayec]=*velgeor*(P,T,S,posición,q,iq,ref,fecha)

➔ *Entrada:* P,T,S,posición,q,iq,fecha (de *readctd*)

P: matriz de Presión.

T: matriz de Temperatura.

S: matriz de Salinidad.

posición: matriz de latitudes y longitudes de cada una de las estaciones del transecto.

q: variable que contiene el valor de "s" para utilizar el nivel de referencia.

iq: variable que puede aceptar el valor de "s" para utilizar el filtro o "n" para no usar el filtro.

ref: Nivel de referencia dado en pantalla por el usuario.

⬅ *Salida:* pantalla de MATLAB, mostrando las velocidades geostróficas del transecto seleccionado.

long: longitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

lattg: latitud de la posición en la matriz de la velocidad geostrófica.

PP: matriz de Presión en la matriz de la velocidad geostrófica.

gvel: matriz de la velocidad geostrófica.

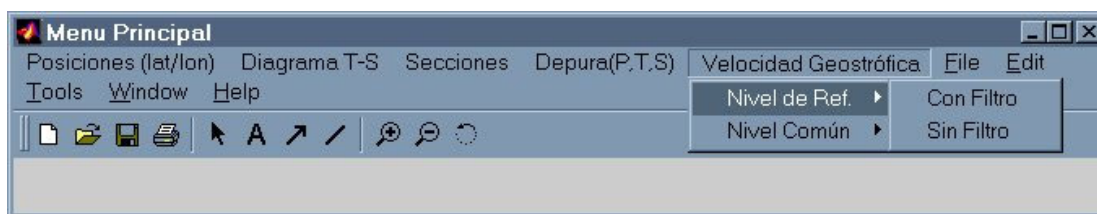


Fig. 3m. Menú mostrando las diferentes opciones de graficado que podemos observar referente a las Velocidades Geostróficas. Vemos que en el Nivel de Referencia podemos además utilizar dos opciones con filtro o sin filtro. Lo mismo sería también para el Nivel Común.

PROCESAMIENTO EN MATLAB, NOVENA FASE: OBTENCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES UTILIZADAS PARA LA VISUALIZACIÓN DEL GRÁFICO CORRESPONDIENTE A CADA UNA DE LAS SECCIONES VERTICALES (DE TEMPERATURA, SALINIDAD, DENSIDAD POTENCIAL, FRECUENCIA DE BRUNT-VÄISÄLA Y VELOCIDAD GEOSTRÓFICA), ASÍ COMO EL DIAGRAMA T-S

Una vez que el parámetro seleccionado es visualizado en una pantalla, en la barra de menú del gráfico, podemos observar, entre otras opciones una que dice *guardato* la cual, al momento de seleccionarla guarda la latitud, la longitud, la presión y la variable a graficar (temperatura, salinidad, frecuencia, densidad potencial, frecuencia de Brunt-Väisälä, y velocidad geostrófica), a un archivo tipo matriz de datos (.MAT) de MATLAB con un nombre adecuado al tipo de variable o gráfico. Un ejemplo de esta pantalla se muestra en la Fig. 3n.

Llamada a la función *guardato.m*, dentro de MATLAB:

guardato(t2,zsal,Lat,Long,ypres,trayec)

➔ **Entrada:** título del gráfico, matriz de la variable en cuestión, vectores de latitud, longitud y presión y la trayectoria donde se grabarán las variables de salida.

⬅ **Salida:** archivo tipo matriz de datos (.MAT) conteniendo la variable analizada, latitud, longitud y presión, el cual es colocado en su trayectoria correspondiente dada por los argumentos de entrada.

INSTALACIÓN DE LA HERRAMIENTA- PAQUETERÍA DE VISUALIZACIÓN Graf_Dat

El paquete de visualización de los datos de CTD, así como los archivos complementarios (v.g. líneas de costa), se colocan dentro de un subdirectorio llamado Graf_Dat, el cual, a su vez, cuenta con otro subdirectorio llamado "toolgraf". En este último se encuentran las subrutinas y funciones creadas por otros usuarios, como son los paquetes de herramientas de OCEANS y SEAWATER, entre otras. El subdirectorio Graf_Dat es instalado dentro del directorio toolbox de MATLAB (ver Fig. 4a). Después agregamos "Graf_Dat" y "toolgraf" a las trayectorias búsqueda de subdirectorios de MATLAB (ver Fig. 4b.). Es importante salvar estas dos nuevas trayectorias antes de salir de la pantalla de trayectorias de MATLAB. Finalmente se encuen-

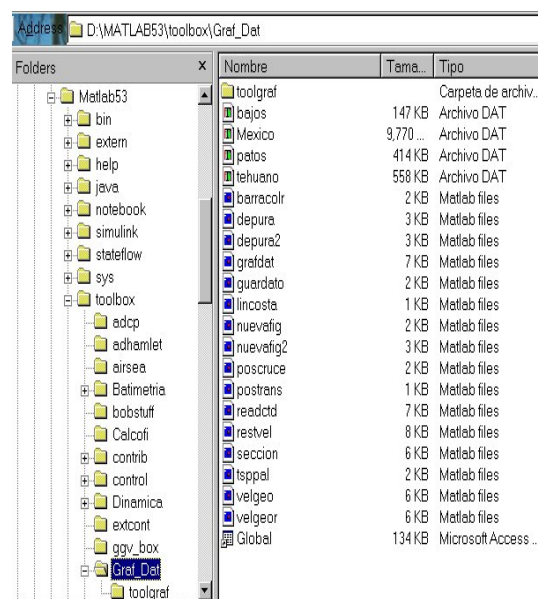


Fig. 4a. En la siguiente figura observamos que se encuentra colocado el subdirectorio Graf_Dat dentro toolbox de MATLAB, en este caso 5.3, así como su toolgraf.

tra listo para correr el programa *grafdat*. En caso de encontrar problemas, el usuario puede comunicarse a mcosio@cicese.mx.

UN EJEMPLO GRÁFICO DE VISUALIZACIÓN CON *grafdat*

Generalmente iniciamos con el gráfico de posiciones, que puede ser para todo el crucero (Fig. 5a.), o únicamente el transecto seleccionados (Fig. 5b). Esta opción solo funciona si tenemos el directorio *crucero* dentro de la base de datos.

Podemos continuar con un diagrama T-S (Fig. 5c).

Una de las opciones más completas es la visualización de secciones verticales. Puede hacerse por medio de contornos (Fig. 5d), o mapas de falso color. Ambas opciones permiten visualizar los campos de temperatura (Fig. 5e), salinidad (Fig. 5f), densidad potencial (Fig. 5g) o frecuencia de Brunt-Väisälä (Fig. 5h).

La última de las opciones es graficar las velocidades geostróficas, ya sea con nivel de referencia o nivel común a 2 estaciones, y además, con filtro o sin filtro en ambos casos. Las siguientes ilustraciones muestran un ejemplo de velocidades geostróficas con nivel común con filtro (Fig. 5i) y sin filtro (Fig. 5j).

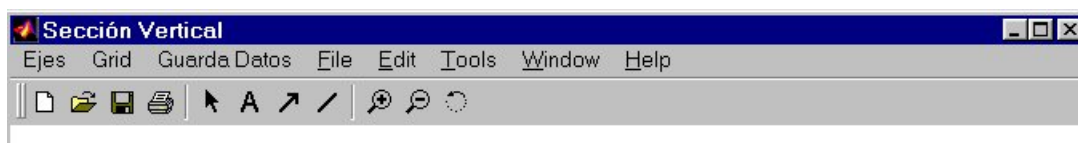


Fig. 3n. Menú mostrando la barra de opciones que se tienen cuando se grafica algún parámetro. Como podemos observar, la opción Guarda Datos se encuentra entre ellas.

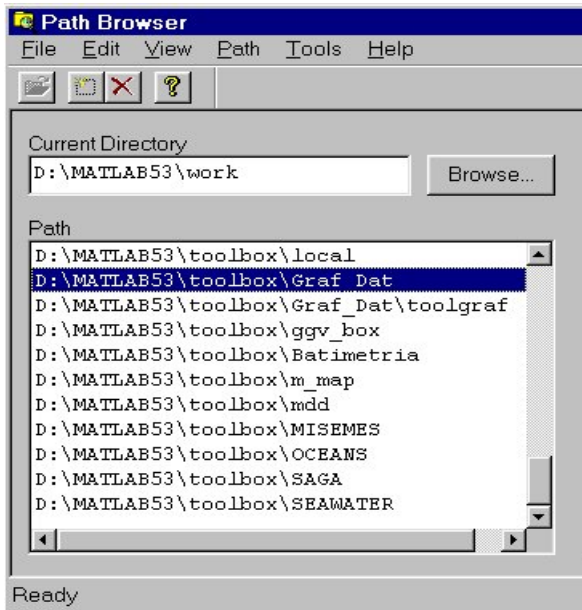
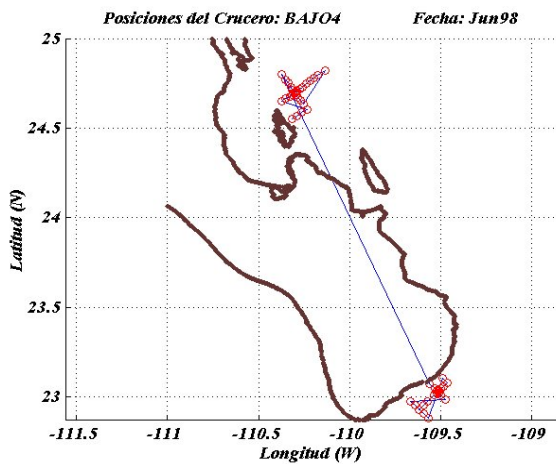


Fig. 4b. Aquí se observa que ya se encuentran agregadas a las trayectorias de búsqueda de las diferentes herramientas-paquetías de MATLAB, entre otras.



En la Fig. 5a se pueden ver los transectos y cada una de sus estaciones del crucero mostrado, además de la línea de costa sirviendo como referencia.

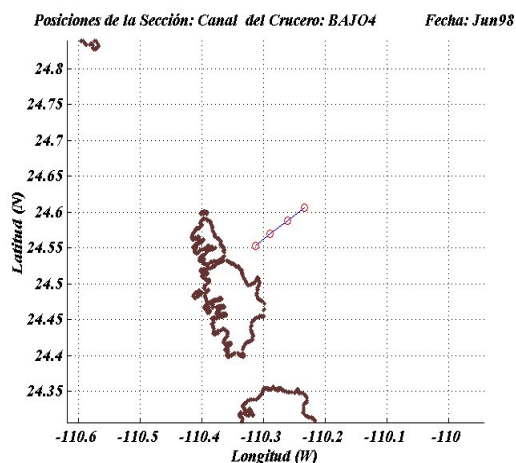


Fig. 5b. Muestra de una sección o transecto de todo el crucero.

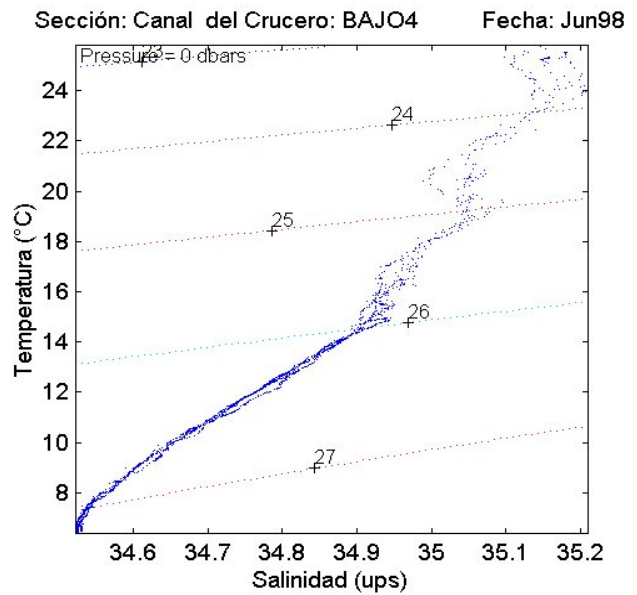


Fig. 5c. El Diagrama T-S nos ayuda a detectar rápidamente la naturaleza de las diferentes masas de agua predominantes en el crucero analizado en este ejemplo.

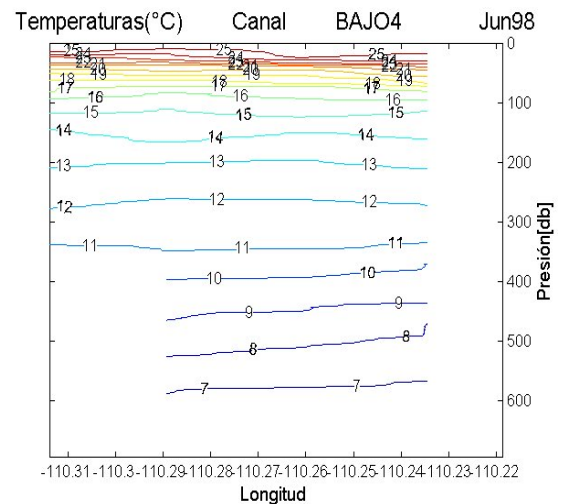


Fig. 5d. Sección Vertical de Temperatura por medio de Contornos.

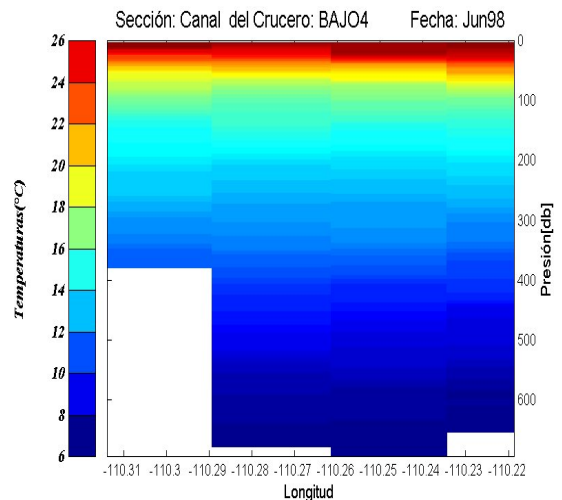


Fig. 5e. Sección Vertical de Temperatura por medio de Falso Color.

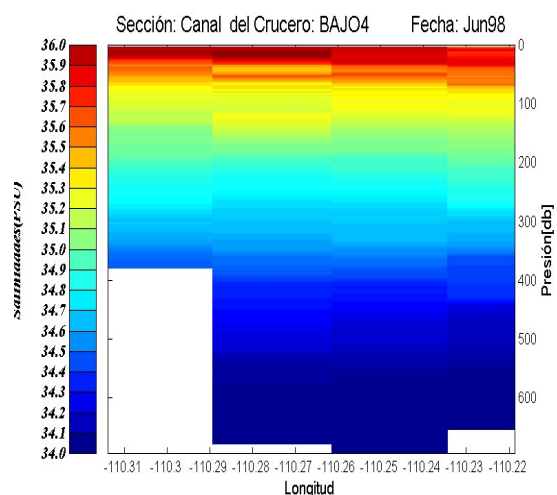


Fig. 5f. Sección Vertical de Salinidad por medio de Falso Color.

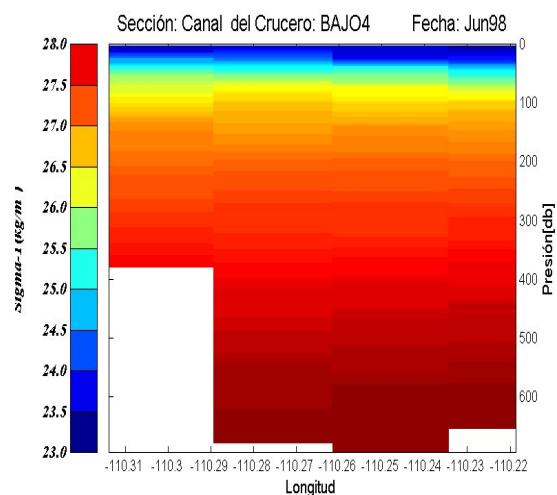


Fig. 5g. Sección Vertical de Densidad Potencial por medio de Falso Color.

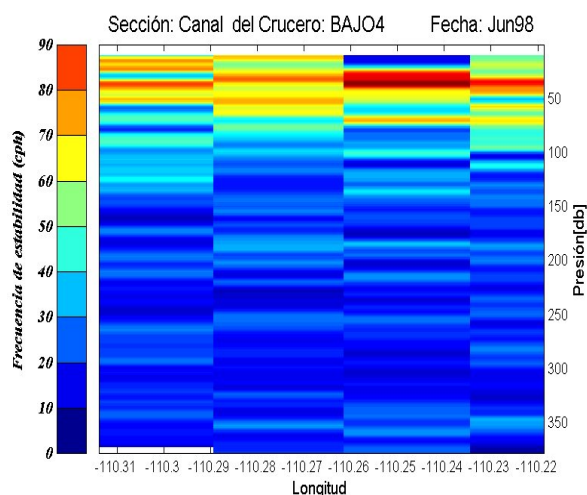


Fig. 5h. Sección Vertical de la Frecuencia de Brunt-Väisälä por medio de Falso Color.

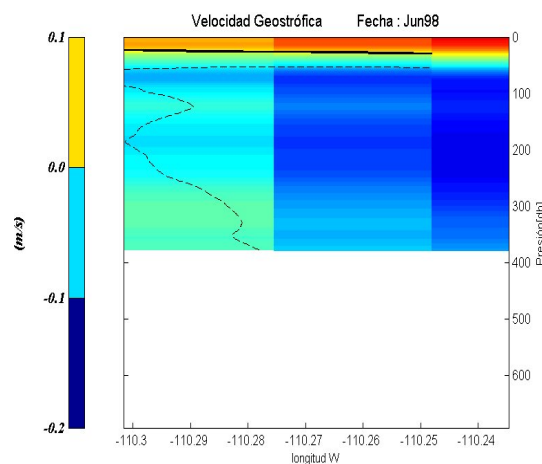


Fig. 5i. Velocidades Geostroficas con Nivel Común y Filtro.

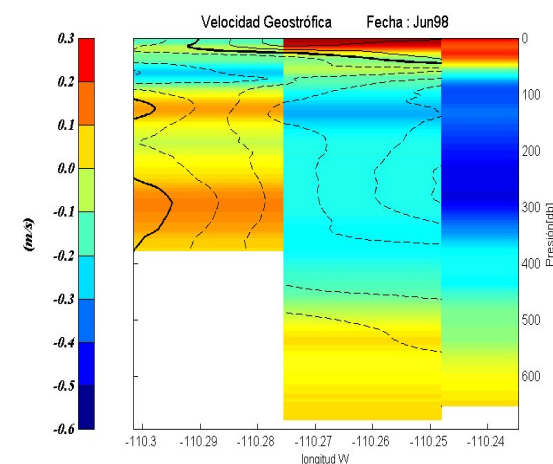


Fig. 5j. Velocidades Geostroficas con Nivel Común y sin Filtro.

COMENTARIOS FINALES

El principal objetivo de este trabajo es proponer una forma sencilla de estandarización, organización y visualización de datos de CTD. El programa que se presenta puede realizar un análisis rápido y flexible de secciones verticales de diferentes variables oceanográficas medidas y calculadas.

Es posible agregar con facilidad nuevos datos y, dada la construcción modular del programa, la capacidad de crecimiento solamente está limitada por las necesidades del usuario. Es fácil agregar nuevos módulos para visualizar variables nuevas (v.g., oxígeno, nutrientes) o cálculos distintos a los aquí propuestos.

Finalmente, la organización que escogimos dentro de la base de datos permite visualizar desde series de cruceros hasta lances individuales a través de los *archivos de lances*. En un archivo de lances podemos incluir manualmente un solo lance o todos aquellos datos en una sola posición, a través del tiempo, o reunir todos los lances realizados en una serie de transectos. Se prefirió esta opción manual para mantener la sencillez del diseño del programa y del formato de entrada de los datos.

En cuanto a sus limitaciones, *grafdat* actualmente sólo analiza secciones verticales. No es capaz de visualizar planos horizontales o volúmenes de datos pero se piensa programarlos en una fase posterior.

REFERENCIAS

- General Oceanics, Inc., 1998. Oceansoft ctd data acquisition and post processing software. Technical Manual.
- Godin, G., 1972. The analysis of tides. University of Toronto Press, p. 65.
- Nakamura, S., 1997. Análisis numérico y visualización gráfica con matlab. Prentice Hall, 1a. edición, pp. 476.
- Sea-Bird Electronics, Inc., 1993. Seasoft ctd data acquisition software. Technical Manual ver. 4.029. pp. 99.
- The Math Works, Inc., 1996. Matlab, the lenguaje of technical computing. Using matlab graphics, ver. 5.3, pp. 330.
- Trasviña, A., 1999. Procesamiento de datos de CTD ondulante. GEOS, v.19-1, p. 33-43.

SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO

GRUPO RESNOM

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

Apdo. Postal #2732, Ensenada, B.C., 22860, México

E-mail: resnor@cicese.mx

Este Boletín de Información Sísmica tiene como objetivo difundir las localizaciones de los sismos registrados por la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), en la región norte de Baja California y áreas adyacentes con magnitudes $M \geq 3.5$ en el período comprendido de **Mayo - Diciembre del 2000**.

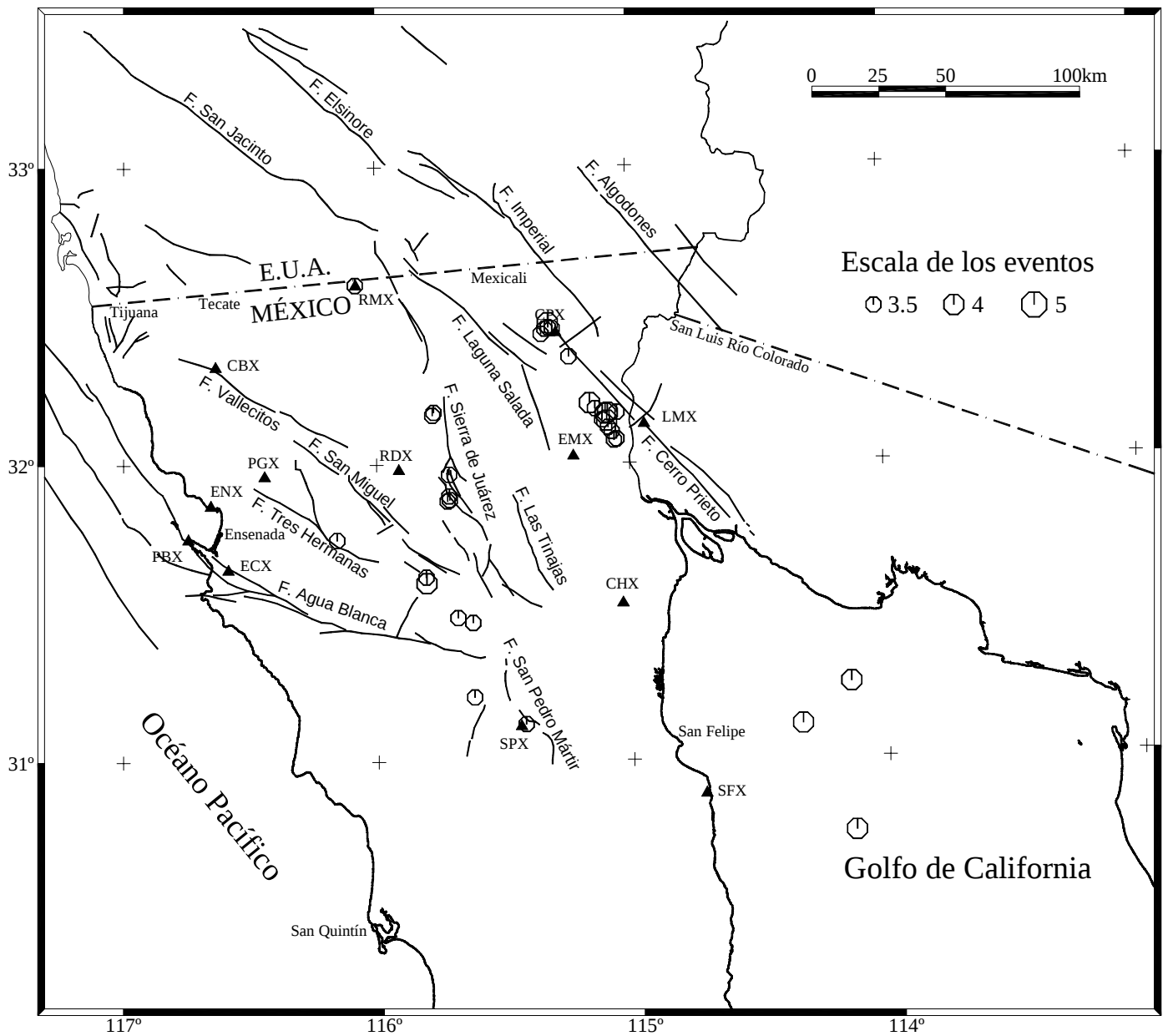
La localización de los temblores se realiza con el programa HYPO71 (Lee y Lahr, 1995), en combinación con los modelos de corteza propuestos por Reyes (1979) para el Valle de Mexicali y por Nava y Brune (1982) para el Macizo Rocosó en Baja California Norte. La profundidad de los eventos (PROF) se reporta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

REFERENCIAS

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

TIEMPO				COORDENADAS		PROF.	M _p	RMS	NO	REGIÓN
DÍA	HR	MN	SEG	LAT. N	LON. O					
MAYO 2000										
02	06	45	46.67	32°09.95'	115°05.62'	9.36	4.6	0.22	8	Localizado a 14 km al noroeste de LMX. (Falla Cerro Prieto, sentido en el sur de la Ciudad y Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado, Son.).
02	07	06	28.19	32°10.98'	115°08.03'	4.75	3.9	0.22	7	Localizado a 18 km al noroeste de LMX. (Falla Cerro Prieto, sentido en el sur de la Ciudad y Valle de Mexicali).
02	07	16	11.68	32°12.11'	115°09.30'	12.88	4.4	0.28	9	Localizado a 22 km al noroeste de LMX. (Falla Cerro Prieto, sentido en el sur de la Ciudad y Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado, Son.).
02	07	24	29.75	32°06.30'	115°04.11'	15.56	3.5	0.15	8	Localizado a 10 km al oeste de LMX. (sentido al sur del Valle de Mexicali).
02	09	49	15.48	32°04.80'	115°03.02'	7.51	3.7	0.11	6	Localizado a 8 km al oeste de LMX. (sentido al sur del Valle de Mexicali).
02	13	03	37.65	32°04.56'	115°03.61'	8.31	3.8	0.19	6	Localizado a 10 km al suroeste de LMX. (sentido al sur de la Ciudad y Valle de Mexicali).
04	23	30	55.02	32°15.01'	115°02.80'	15.67	3.9	0.14	8	Localizado a 17.5 km al noroeste de LMX. (Falla Cerro Prieto, sentido en el sur de la Ciudad y Valle Mexicali).
29	19	19	27.79	31°15.06'	114°08.70'	7.45	4.0	0.26	13	Localizado a 70 km al noreste de SFX. (frente a las costas del Golfo de California).
JUNIO 2000										
02	17	51	14.27	31°06.76'	114°20.28'	5.00	4.3	0.29	18	Localizado a 47 km al noreste de SFX. (frente a las Costas de B.C.).
JULIO 2000										
13	08	27	30.92	31°07.42'	115°25.30'	12.69	3.6	0.26	17	Localizado a 10 km al norte de SPX. (Falla San Pedro Martir).

TIEMPO				COORDENADAS		PROF.	M _p	RMS	NO	REGIÓN
DÍA	HR	MN	SEG	LAT. N	LON. O					
JULIO 2000										
26	03	01	47.17	32°08.52'	115°05.26'	13.16	4.3	0.26	22	Localizado a 12 km al noroeste de LMX. (Falla Cerro Prieto, sentido en el sur de la Ciudad y Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado, Son.).
30	09	01	18.30	31°44.79'	116°09.47'	21.32	3.6	0.22	20	Localizado a 30 km al suroeste de RDX. (entre las Fallas Tres Hermanos y San Miguel).
AGOSTO 2000										
08	03	18	2.42	30°45.03'	114°08.25'	13.83	4.4	0.11	12	Localizado a 60 km al este de SFX. (frente a las costas de B.C.).
SEPTIEMBRE 2000										
14	08	26	20.19	32°10.48'	115°46.39'	4.95	3.6	0.27	21	Localizado a 30 km al noreste de RDX. (falla Sierra Juárez).
16	10	30	20.42	32°09.88'	115°46.69'	4.09	3.6	0.23	21	Localizado a 29 km al noreste de RDX. (falla Sierra Juárez).
19	19	02	30.86	31°12.91'	115°37.33'	17.77	3.6	0.13	16	Localizado a 24 km al noroeste de SPX.
23	19	34	09.83	32°08.69'	115°06.36'	15.20	3.7	0.27	15	Localizado a 14 km al oeste de LMX. (Falla Cerro Prieto).
23	22	51	12.14	31°52.55'	115°43.25'	14.20	3.6	0.21	19	Localizado a 22 km al este de RDX. (Falla Sierra Juárez).
23	23	51	00.71	31°53.59'	115°42.84'	13.98	3.7	0.17	21	Localizado a 22 km al este de RDX. (Falla Sierra Juárez).
24	01	03	08.18	31°52.84'	115°42.73'	16.93	3.5	0.12	19	Localizado a 22 km al este de RDX. (Falla Sierra Juárez).
24	01	08	24.85	31°57.93'	115°42.85'	12.44	3.6	0.11	16	Localizado a 22 km al este de RDX. (Falla Sierra Juárez).
28	04	29	47.95	31°36.00'	115°48.36'	13.41	4.2	0.26	19	Localizado a 40 km al sur de RDX. (sur de la Falla San Miguel, sentido en el Valle de la Trinidad).
28	04	37	08.77	31°37.23'	115°48.45'	10.89	3.4	0.10	16	Localizado a 38 km al sur de RDX. (sur de la Falla San Miguel).
OCTUBRE 2000										
01	04	46	19.64	32°10.10'	115°05.09'	19.56	4.1	0.03	14	Localizado a 13 km al noroeste de LMX. (Falla Cerro Prieto, sentido en el sur del Valle de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Son.).
03	06	21	05.59	31°28.99'	115°41.04'	15.16	3.6	0.17	14	Localizado a 52 km al norte de SPX. (sur de la Falla Sierra Juárez).
03	12	21	36.40	31°27.97'	115°37.55'	13.71	3.7	0.28	19	Localizado a 48 km al norte de SPX. (sur de la Falla Sierra Juárez).
29	20	13	11.93	32°26.17'	115°20.63'	18.83	3.6	0.32	28	Localizado a 4 km al noroeste de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido en la Colonia Pacífico del Valle de Mexicali, B.C.).
NOVIEMBRE 2000										
02	09	53	3.23	32°27.47'	115°18.91'	12.77	3.8	0.16	22	Localizado a 4 km al norte de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido en el Chenque # Ocho, Ejido Michoacán de Ocampo, Planta Geotermica de Cerro Prieto y en el sur de la Ciudad de Mexicali, B.C.).
02	10	49	23.47	32°27.18'	115°19.73'	4.86	3.7	0.09	18	Localizado a 4 km al norte de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido en el Chenque # Ocho, Ejido Michoacán de Ocampo, Planta Geotermica de Cerro Prieto y en el sur de la Ciudad de Mexicali, B.C.).
04	01	21	15.06	32°28.36'	115°19.00'	9.19	4	0.11	18	Localizado a 6 km al norte de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido en el Valle y sur de la Ciudad de Mexicali, B.C.).
06	14	44	9	32°27.26'	115°17.99'	15.12	3.5	0.17	16	Localizado a 4 km al norte de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido en el Valle y sur de la Ciudad de Mexicali, B.C.).
30	06	19	54.53	32°21.53'	115°14.10'	16.24	3.7	0.25	25	Localizado a 9 km al norte de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido en el Valle y sur de la Ciudad de Mexicali, B.C.).
DICIEMBRE 2000										
02	08	28	33.94	32°36.25'	116°04.82'	8.00	3.6	2.84	10	Localizado a 200 mts al oeste de RMX.
04	14	44	40.09	32°07.19'	115°04.98'	14.62	3.7	0.17	20	Localizado a 12 km al oeste de LMX. (Falla Cerro Prieto, sentido en el sur del Valle de Mexicali, B.C.).



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

DECLARACIÓN DE OCTUBRE

SOBRE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS Y AMBIENTALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Lic. Vicente Fox Quezada, Presidente electo de los Estados Unidos Mexicanos
Lic. Andrés Manuel López Obrador, Jefe de Gobierno electo del Distrito Federal
Lic. Arturo Montiel Rojas, Gobernador del Estado de México
A los Medios de Comunicación
A la Opinión Pública

Por la relevancia que tienen para el futuro del Distrito Federal y áreas circunvecinas del Estado de México, hacemos del conocimiento de las autoridades y del público en general, las conclusiones del Primer Simposio Internacional Sobre los Riesgos Geológicos y Ambientales en la Ciudad de México, realizado del 16 al 20 del presente. Esta declaración la hacemos con el más alto sentido de responsabilidad ciudadana para propiciar que los gobiernos involucrados y la sociedad construyamos una cultura de protección civil y de cuidado ambiental que garantice un futuro digno.

El XV Aniversario de los sismos de 1985 motivó este Simposio bajo los auspicios de diferentes dependencias de la UNAM e instituciones gubernamentales. En él participaron connotados especialistas nacionales y extranjeros, miembros de comunidades académicas, profesionales y de gobierno involucrados en el estudio de los problemas de la zona urbana de la Cuenca de México. Esta reunión multidisciplinaria incluyó numerosas conferencias científicas, exhibición de materiales técnicos y mesas de discusión. En las sesiones se presentaron datos, interpretaciones y recomendaciones de gran valor para plantear estrategias sobre el desarrollo urbano y mitigación de riesgos. Las conclusiones del Simposio serán entregadas a las autoridades correspondientes.

Los desastres no son naturales. Son más bien la consecuencia de las decisiones de cada sociedad sobre dónde vivir y sobre cómo protegerse de los fenómenos, estos sí, naturales. Ante las grandes fuerzas que se originan fuera de nuestro control en nuestro planeta y que se convierten en amenazas o peligros que con incertidumbre intentamos predecir, nuestra sociedad es la única responsable de seleccionar su propia vulnerabilidad y sufrir mucho o poco el embate de estas fuerzas.

La Ciudad de México ha vivido desde sus inicios en íntimo contacto con fuerzas naturales extraordinarias de origen volcánico, sísmico o hidrometeorológico. A medida que la población ha crecido, estas fuerzas han provocado desastres cada vez mayores sin respetar límites políticos. Por ello, es necesario emprender acciones conjuntas y concertadas entre las autoridades del Distrito Federal y las del Estado de México. Estamos rayando los límites de la imprudencia y las consecuencias de ignorarlo serán catastróficas. A estos riesgos debemos sumar, a partir

de las décadas más recientes, los causados por el mismo hombre al contaminar el aire, el suelo y el agua, con graves o inciertas consecuencias a corto, mediano y largo plazo para nuestra salud y nuestro entorno. Contener el crecimiento de la población y detener sin vacilación el crecimiento de la mancha urbana hacia los bosques y las zonas de recarga son acciones que no pueden esperar más.

En los años recientes ha habido avances sustanciales en todos los campos del conocimiento relacionados con los peligros o amenazas naturales y por contaminación, y en la manera de concebir y crear esquemas y estructuras menos vulnerables ante estos peligros. La producción científica es abundante y de calidad. Sin embargo, muchos de estos avances se han quedado en publicaciones, reportes, salas de conferencias y salones de clase, y todavía no son agentes de cambio. En este sentido la nueva versión del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal —de próxima publicación— ha incorporado parte del nuevo conocimiento generado por las Ingenierías Sísmica, Estructural y de Cimentaciones. Este reglamento debe seguirse aplicando con rigor y someterse permanentemente a revisión y actualización. Reconocemos que en ocasiones el reglamento no se cumple y que la figura y funciones del Director Responsable de Obras deben revisarse. Debemos fomentar la aplicación de un solo reglamento de construcciones para toda el Área Metropolitana, incluyendo a los municipios conurbados del Estado de México.

Las palabras peligro, riesgo, vulnerabilidad y desastre no tienen el mismo significado entre los distintos protagonistas en estudiar, evaluar y mitigar estos fenómenos. Esto se refleja en el Glosario de Protección Civil y en la Ley General de Protección Civil donde las definiciones son confusas e incompletas, lo que lo convierte no sólo en un problema de semántica sino de falta de comunicación que redundará en concepciones y acciones erróneas de los problemas y la manera de solucionarlos. La legislación existente para prevenir y mitigar los desastres es insuficiente y tiene contradicciones. Es pues necesario un acuerdo básico entre población, académicos y gobiernos para identificar obligaciones, responsabilidades y campos de acción.

Entre los riesgos más sobresalientes tratados durante el evento se encuentran los siguientes:

- El abastecimiento del agua es un aspecto prioritario y delicado. El exceso en la extracción de agua del acuífero de la Cuenca de México incrementa los hundimientos y agrietamientos causados por esta sobre explotación. Las fugas en la red de agua potable se incrementan por fracturas recurrentes haciéndose muy difícil y costosa su detección, y las redes de drenaje contaminan el acuífero al sufrir fracturas. Las nuevas redes subterráneas de gas, si se fracturan, representan un gran peligro con el correspondiente riesgo de incendios y explosiones. El hundimiento aumenta también la vulnerabilidad de las construcciones. Es urgente que reforcemos e impulsemos planes para rescatar al centro histórico de la ciudad considerando que el hundimiento regional es el principal riesgo a que está expuesto este patrimonio. No existe más alternativa que racionalizar drásticamente el consumo y reciclar eficientemente el agua derivada al drenaje. Todos demandamos con justa razón agua potable y continua para nuestras actividades diarias. Extraer más agua del acuífero es inaceptable. Las fuentes externas a la cuenca son económica y políticamente muy costosas, además de muy vulnerables ante las fuerzas de la naturaleza y de la política en donde intervienen legítimos intereses regionales y locales.
 - El drenaje de la Cuenca de México es, desde hace mucho tiempo, un problema central en la región. Una falla en el sistema de drenaje, especialmente del drenaje profundo, representaría uno de los mayores riesgos para la zona urbana. Los participantes en el Simposio reconocemos la problemática y manifestamos nuestra profunda preocupación. Existen alternativas de solución que deben ser evaluadas y tomar decisiones inmediatas. Esto se manifiesta cotidianamente en encharcamientos por distintas zonas de la mancha urbana. La imposibilidad de dar mantenimiento al drenaje profundo, el aumento en el caudal de escurrimientos por la creciente deforestación y por el incremento de la superficie pavimentada y la dificultad financiera por implementar nuevas soluciones son algunos de los factores que contribuyen a que éste sea un riesgo tan alto. Las consecuencias de no tomar medidas urgentes al respecto podrían ser catastróficas, no sólo para la ciudad de México sino para la nación entera.
 - Existen enormes riesgos de contaminación ambiental, de suelos y acuíferos. Se ha disminuido el riesgo asociado a algunos agentes contaminantes, pero hay todavía mucho por hacer, especialmente en el manejo de los residuos industriales y domésticos, así como el cuidado de las áreas de recarga. Para la solución de este problema es necesaria la participación activa de la población y la gestión y estricta vigilancia por parte de las autoridades. Debemos lograr que la población dé seguimiento a las acciones del Programa de Contingencia Ambiental para evitar la exposición a altos niveles de contaminantes como el ozono y las partículas suspendidas. Existen enormes riesgos poco cuantificados de contaminación de suelos y acuíferos debidos a la ruptura del drenaje, aportaciones de contaminación difusa, la infiltración de basura y la recarga con agua residual tratada. En la zona metropolitana de la cuenca de México se generan alrededor de 20 mil toneladas diarias de residuos. Una parte de estos se abandonan irresponsablemente en la vía pública, azolvando el drenaje e incrementando la contaminación del aire. Debemos, ciudadanos y autoridades, cumplir cada uno nuestra parte. Asimismo, debe reordenarse y regularse la vialidad para el transporte de materiales y residuos peligrosos.
 - Los sismos seguirán afectando de manera importante a la ciudad. Es necesario consolidar los programas de largo plazo enfocados a la prevención y mitigación de este riesgo. Debe intensificarse la atención a estructuras deterioradas por sismos, por los hundimientos y el paso del tiempo, especialmente algunas de las construidas de acuerdo a reglamentos de construcción anteriores al vigente. El futuro de los monumentos que forman parte del patrimonio artístico y cultural de la ciudad es igualmente preocupante. Aunque la atención se ha concentrado en las construcciones sobre la zona del exlago, no podemos desatender los sitios en las barrancas que pueden afectarse por sismos de magnitud moderada pero cercanos.
 - La lluvia de cenizas es el mayor peligro volcánico que podría afectar directamente a la salud de la población y la infraestructura, además de entorpecer y paralizar las operaciones aeronáuticas. Es necesario profundizar los conocimientos actuales sobre estos fenómenos y su impacto para mejorar las medidas de prevención y mitigación necesarias en caso de contingencia. Dado que la región montañosa del sur de la Cuenca de México es un campo con potencial volcánico, además de ser una zona importante de recarga del acuífero, se debe restringir su urbanización y controlar su poblamiento. Los peligros volcánicos en la región de la Cuenca de México provienen de la existencia de dos grandes volcanes (Iztaccíhuatl y Popocatepetl) y de un campo volcánico activo (Campo Volcánico Chichinautzin, al sur del Distrito Federal), además de la posible influencia del Nevado de Toluca que, aunque no se encuentra en la cuenca, sus productos pueden ser transportados por el viento hacia la ciudad de México. Estos estudios deben ser realizados en las instituciones académicas reconocidas apoyadas por el sector privado, y por los gobiernos federal y local, como ocurre en otras partes del mundo.
 - Existen zonas en el poniente de la ciudad ubicadas sobre zonas de cavernas y antiguas minas con el correspondiente riesgo de colapso. Deben emprenderse estudios y campañas para localizar bocaminas y galerías. Los deslizamientos de tierra y en general los problemas de inestabilidad de taludes se magnifican por la presencia de asentamientos humanos en zonas no aptas para ser urbanizadas como cauces, arroyos y zonas de recarga del acuífero, entre otros. Es urgente reordenar el uso del suelo en estos lugares.
- Las instituciones de gobierno están a cargo de comunicar y educar en todos los niveles y de forma continua y sistemática la

información que se requiere la prevención y la mitigación de riesgos, nutrida con el conocimiento generado en la academia. El apoyo generoso de todas las instancias de gobierno para llevar a cabo estas investigaciones de utilidad pública es fundamental. Las autoridades de la ciudad disponen de un valioso acervo de datos sobre el hundimiento de la ciudad, las características de su subsuelo y las condiciones hidráulicas en el mismo. Lo deben compartir con la comunidad científica y tecnológica, así como con los profesionistas de la ingeniería práctica. La Secretaría General de Obras del Gobierno del Distrito Federal, a través de sus Direcciones Generales debe difundir esos datos mediante la publicación de boletines técnicos -como lo hacía la extinta Comisión de Aguas del Valle de México- o por la consulta directa a sus archivos a los investigadores y profesionistas que los soliciten.

Los medios de comunicación juegan un papel determinante en la comunicación de información a la población. Por ello, debemos fortalecer los vínculos de este sector con los técnicos y académicos generadores de información. Si esto no sucede, corremos el riesgo de no informar adecuadamente a la población y esta no tendrá las herramientas para tomar buenas decisiones antes, durante y después de un eventual desastre. Debemos encontrar las fórmulas que nos permitan disminuir el aislamiento de los ingenieros, técnicos y científicos y la superficialidad de la nota declaratoria y sensacionalista, donde no se exige el rigor ni la precisión de los hechos. Los medios de comunicación han participado intensamente en los desastres durante los periodos de crisis, pero deben intensificar sus esfuerzos por divulgar información veraz y útil a la comunidad para prevenir y mitigar.

Si los investigadores y profesionistas no concertamos un trabajo por la ciudad interdisciplinario y sin protagonismos mediante conferencias, reuniones y publicaciones con el objeto de dar a conocer datos, resultados y avances, y fomentar la discusión y el trabajo común, no lograremos contribuir significativamente a tener una ciudad más segura. Debemos mantener despierta la conciencia de los políticos para que en sus tomas de decisiones siempre consideren nuestros trabajos previamente preparados en lenguaje útil y accesible.

La apreciación general de los especialistas que participaron en el Simposio es que el crecimiento de la zona metropolitana de la Ciudad de México ha llegado a límites difícilmente tolerables por nuestro entorno geográfico. Los peligros asociados a procesos naturales y los relacionados a la actividad humana representan un riesgo creciente para la población, colocándola cercanamente a situaciones de desastre, cuyos costos económicos y sociales serían de una magnitud difícil de afrontar de manera inmediata, con consecuencias serias para la economía y el desarrollo del país.

La mitigación de riesgos no solo requiere acciones y planeación altamente complejas y costosas por parte de los sectores privado y gubernamental en los niveles federales y locales, sino de un cambio de actitud de la población que permita desarrollar un alto sentido de responsabilidad colectiva.

Esto obliga a que, en el ámbito de la Protección Civil, se estrechen los vínculos establecidos con instituciones académicas, para incorporar los resultados de las investigaciones a los procesos interdisciplinarios de análisis de riesgo, con el fin de establecer planes y programas de prevención para mitigar la vulnerabilidad de los sistemas afectables.

Se requiere de gran voluntad y decisión para desarrollar iniciativas ambiciosas que permitan revertir las tendencias que muestran los riesgos geológicos y ambientales en la Cuenca de México. Tenemos ante nosotros la oportunidad de diseñar nuestro futuro.

EL COMITÉ ORGANIZADOR*

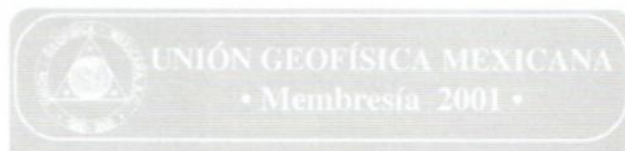
Dr. Eduardo Reinoso Angulo, Presidente
 Dr. Hugo Delgado Granados, Vicepresidente
 M.C. Gloria Yáñez Rodríguez, Secretaria
 Dr. Sergio Rodríguez Elizarrarás, Programa Cultural y Difusión
 Ing. Gerardo Galguera Rosas, Relaciones Institucionales
 Dr. Raúl Flores Berrones y Dr. Efraín Ovando Shelley, Programa Científico
 Ing. Mateo Caamaño Panzi, Tesorero

DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 2001

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

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

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



Rolando Labacha

Miembro # 999

Reunión Anual 2001
Puerto Vallarta, México
5 al 9 Noviembre del 2001

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

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
1	678	X					Aceves Quesada Fernando	UNAM	Geofísica	
2	20	X	X	X			Aguirre Díaz Gerardo J.	UNAM	UNICIT	giad@servidor.unam.mx
3	797				X	X	Aguirre González Jorge	UNAM	Ingeniería	jag@culer.iingen.unam.mx
4	16	X	X		X	X	Alaniz Álvarez Susana A.	UNAM	UNICIT	alaniz@servidor.unam.mx
5	271		X		X		Alatorre Zamora Miguel Angel	UDG	CUCEI	alatorre@quantum.ucting.udg.mx
6	19	X	X		X		Alatríste Vilchis David Rey	UNAM	Geofísica	david_alatríste@yahoo.com
7	668	X	X	X	X		Alva Valdivia Luis Manuel	UNAM	Geofísica	lalva@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
8	821					X	Alvarado Cano Rodney R.	UAZ	Escuela de Minas	elcano@elfoco.com
9	4	X	X	X	X		Álvarez Borrego Josué	CICESE	Física Aplicada	josue@cicese.mx
10	3	X	X	X	X		Álvarez Borrego Saúl	CICESE	Oceanología	saul@cicese.mx
11	676	X					Álvarez Manilla Alfonso			
12	267	X			X		Álvarez Sánchez Luis G.	CICESE	Oceanología	lalvarez@cicese.mx
13	272				X		Amador Buenrostro Alberto	CICESE	Oceanología	dinmar@cicese.mx
14	8	X	X	X	X		Aragón Arreola Manuel de J.	GEOMAQUE	Geología	geomaque@hn2.com
15	283			X	X		Aranda Gómez Jorge Javier	UNAM	UNICIT	jag@servidor.unam.mx
16	18	X		X	X	X	Arellano Gómez Víctor Manuel	IIE	Geotermia	vag@exp2.iie.org.mx
17	278		X				Arellano Guadarrama José Fco.	CFE	Residencia de Estudios	
18	21		X				Armienta Hernández María A.	UNAM	Geofísica	victoria@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
19	13			X			Arredondo Frago José	CFE	Geotermia	cleinf@mail.giga.com
20	814				X		Arreygue Rocha Eleazar	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	arrocha@zeus.ccu.umich.mx
21	827					X	Arteaga Flores Lorenzo	INEGI	Geología	
22	10			X			Arzate Flores Jorge Arturo	UNAM	UNICIT	arzatej@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
23	757				X		Avila Serrano Guillermo E.	UABC	Ciencias Marinas	gavila@bahia.ens.uabc.mx
24	287	X	X	X	X		Axen Gary	UCLA	Earth and Space Sciences	gaxen@ess.ucla.edu
25	296	X	X	X	X	X	Bandy William L.	UNAM	Geofísica	bandy@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
26	28	X	X	X	X		Barajas Díaz Pablo	ITESO	Habitat y Desarrollo Urbano	
27	29					X	Barradas Miranda Víctor Luis	UNAM	Ecología	vbarrada@miranda.ecologia.unam.mx
28	30	X		X	X	X	Barragán Reyes Rosa María	IIE	Geotermia	rmb@iie.org.mx
29	802				X		Bautista Belmonte Aarón	IPN	CIDIR OAXACA	siljenez@vmredipn.ipn.mx
30	701			X		X	Bautista Romero José Jesús	CIBNOR	Impacto Ambiental y Cambio Climático	jbauro@cibnor.mx
31	305		X				Beier Martín Emilio José	CICESE	Oceanología	ebeier@cicese.mx
32	26	X	X				Bermúdez Angulo María Luisa	UNAM	Ingeniería	maria@gea.iingen.unam.mx
33	461			X			Bermúdez Juárez María Blanca	BUAP	Ciencias Físico Matemáticas	bbj@xanum.uam.mx
34	711		X				Bernal Franco Gladys	UABC	Investigaciones Oceanológicas	gbernal@bahia.ens.uabc.mx
35	41			X		X	Birkle Peter	IIE	Geotermia	birkle@iie.org.mx
36	37	X	X	X	X		Bohnel Norbert Harald	UNAM	UNICIT	harald@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
37	34		X				Brassea Ochoa Jesús	CICESE	Ciencias de la Tierra	jbrassea@cicese.mx
38	27	X		X	X		Bravo Cabrera José Luis	UNAM	Geofísica	jbravo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
39	24	X		X	X		Brito Castillo Luis	CIBNOR	Unidad Guaymas	lbrito@cibnor.mx
40	32	X	X				Buendía Carrera Enrique	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
41	632	X	X	X	X		Bulgakov Sergey N.	UDG	Astronomía y Meteorología	sbulgano@udgserv.cencar.udg.mx
42	536	X	X				Burrola Sánchez María Sara	CIBNOR	Zona Costa	sburrola@cibnor.mx
43	324		X	X			Caballero Miranda Cecilia	UNAM	Geofísica	maga@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
44	704			X			Cabral Cano Enrique	UNAM	Geofísica	ecabral@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
45	51		X	X	X		Calmus Thierry	UNAM	Geología	tcalmus@servidor.unam.mx
46	246		X	X	X	X	Campa Uranga María Fernanda	UAG	Ciencias de la Tierra	mfcampana@data.net.mx
47	325	X	X		X		Campos Enríquez Oscar	UNAM	Geofísica	ocampos@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
48	480			X			Candela Pérez Julio	CICESE	Oceanología	jcandela@cicese.mx
49	581	X	X	X	X	X	Cañón Tapia Edgardo	CICESE	Ciencias de la Tierra	ecanon@cicese.mx
50	52	X	X	X	X	X	Carbajal Pérez Noel	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	noelc@ola.icmyl.unam.mx
51	557	X					Carbonell Ramón	CSIC	Ciencias de la Tierra	rcarbonell@ija.csic.es
52	54		X				Carcione José M.		Osservatorio Geofisica Sperimentale	
53	321	X				X	Cárdenas Soto Martín	UNAM	Ingeniería	martin@hermes.iingen.unam.mx
54	331	X			X		Carrasco Núñez Gerardo	UNAM	UNICIT/Geología	gerardoc@unicit.unam.mx
55	330	X	X		X		Carreño Ana Luisa	UNAM	Geología	anacar@servidor.unam.mx
56	694			X			Carrillo García Verónica Karina	CENAM	Óptica	vcarrill@cenam.mx
57	663	X	X	X			Castrejón González Israel	UAG	Ciencias de la Tierra	
58	541	X		X	X		Castrejón Pineda Héctor R.	UNAM	Geofísica	castrejo@sacbe.fi-a.unam.mx
59	47	X	X	X	X	X	Castro Escamilla Raúl	CICESE	Ciencias de la Tierra	raul@cicese.mx
60	45	X		X			Castro Gorea Renato	UNAM	Geofísica	
61	49						Castro Leyva Teresa	IMP	Exploración y Producción	
62	53		X		X		Cerca Martínez Luis Mariano	UNAM	UNICIT/Geología	mcerca@unicit.unam.mx
63	664	X	X				Charre Meza Adolfo Salomé	IMP	Delegación Zona Marina	acharre@yahoo.com
64	65				X		Chávez Cabello Gabriel	UANL	Ciencias de la Tierra	gachavez@ccr.dsi.uanl.mx
65	68		X	X	X		Chávez Pérez Sergio	U NEVADA	Sismological Laboratory	
66	284			X	X	X	Choumiline Evgueni	IPN	CICIMAR	eshumili@vmredipn.ipn.mx
67	624	X					Cifuentes Nava Gerardo	UNAM	Geofísica	gercifue@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
68	726		X	X	X		Cisneros Stolanowski Gerardo	SILICON GRAPHICS		gerardo@cray.com
69	805				X		Concha Dimas Aline	U NEVADA	Mackay School of Mines	aline@scs.unr.edu
70	736			X			Contreras Pérez Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	juanc@cicese.mx
71	558	X	X	X			Córdoba Barba Diego	UCM	Ciencias de la Tierra	dcordoba@eucmos.sim.ucm.es
72	683		X	X			Corona Chávez Pedro	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	pcorona@zeus.ccu.umich.mx
73	58	X					Corona Ruiz Martín	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto	
74	566	X					Correa Mora Francisco	UNAM	Geofísica	pancho@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
75	723		X	X			Cortes Cortés Abel	UCOL	Observatorio Vulcanológico	cortes@cgic.ucol.mx
76	699			X	X		Cruz Atienza Víctor Manuel	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	victor@ollin.igeofcu.unam.mx
77	59	X	X	X	X	X	Cruz Castillo Manuel	IMP	Gerencia de Geociencias	mcruz@www.imp.mx
78	813				X		Cruz Orozco Rodolfo	UABCS		rroca@balandra.uabcs.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001 Continuación

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
1	678	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
2	20	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
3	797	Nardo #2, Xaltocán	Xochimilco	México	D.F.	México	16090	70-472
4	16	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
5	271	Pro. El Mediero #517 Mod. F-201	San Gilberto	Zapopan	Jal.	México	45150	
6	19	Temaca #6241	Aragón Inguarán	México	D.F.	México	07820	
7	668	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
8	821	Hacienda el Cuidado #11	Fracc. Nuevo Bernárdez	Guadalupe	Zac.	México	98600	
9	4	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
10	3	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
11	676	Circuito Jardín #356-3	Alamos 3ª	Querétaro	Qro.	México	76160	
12	267	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
13	272	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
14	8	181, Univ. Av. Suite 1210		Toronto	ON	Canada	M5h3M7	
15	283	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
16	18	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
17	278	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	3636
18	21	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
19	13	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
20	814	Santiago Tapia #403, Edificio "U"	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58000	
21	827	Salto de los Salado #409	Fracc. Ojo Caliente	Aguascalientes	Ags.	México	20190	
22	10	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
23	757	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
24	287	UCLA - Box 951567		Los Angeles	CA.	USA	90095-1567	
25	296	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
26	28	Periférico Sur #8585		Tlaquepaque	Jal.	México	45090	31-175
27	29	Apdo. Postal No. 70-275	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-275
28	30	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
29	802	Meza de Anahuac #17-A	Volcanes	Oaxaca	Oax.	México		
30	701	Lic. Primo Verdad #206, Depto. 7	Zona Centro	La Paz	B.C.S.	México		128
31	305	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
32	26	Calle 128A #29-15 Depto. 403		Santa Fé de Bogotá	Bogotá	Colombia		70472
33	461	Priv. 29 Ote. #1816	Mirador	Puebla	Pue.	México	72540	
34	711	Villa de San Miguel #36	San Miguel	Ensenada	B.C.	México	22760	
35	41	Apdo. Postal #1-475		Cuernavaca	Mor.	México	62001	1-475
36	37	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
37	34	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
38	27	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
39	24	Laureles #5-A	Loma Dorada	Guaymas	Son.	México	85465	349
40	32	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
41	632	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
42	536	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
43	324	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
44	704	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
45	51	Apdo. Postal #1039	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	1039
46	246	Hacienda Xajay #426	Hda. Echegaray	Naucalpan	EdoMéx	México	53300	
47	325	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
48	480	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
49	581	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
50	52	Apdo. Postal #811		Mazatlán	Sin.	México	82000	811
51	557	Lluís Solé i Sabarís s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
52	54	P.O. BOX 2011		Opicina	Trieste	Italy	34016	2011
53	321	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
54	331	Apdo. Postal #1-742	Centro	Querétaro	Qro.	México	76001	1-742
55	330	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
56	694	Cerrada Heriberto Jara #18	F. V. Querétaro	Querétaro	Qro.	México	76000	
57	663	Ex-Hacienda de San Juan Bautista	Taxco el Viejo	Taxco	Gro.	México	40200	197
58	541	10 Ote. Manzana 33, Lote 6	Isidro Fabela	México	D.F.	México	14030	
59	47	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
60	45	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
61	49	Apdo. Postal #224	Oficina Correo	Cd. del Carmen	Camp.	México	24101	224
62	53	Apdo. Postal #1-742	Centro	Querétaro	Qro.	México	76001	1-742
63	664	Av. Universidad #12	Col. Petrolera	Cd. del Carmen	Camp.	México	24180	
64	65	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
65	68	Shetland #348	Cosmopolita	Azcapotzalco	D.F.	México		
66	284	Apdo. Postal #592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592
67	624	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
68	726	Av. Vasco de Quiroga #3000	Santa Fé	México	D.F.	México	01210	
69	805	Mackay School of Mines/172		Reno	Nevada	USA	89557-0138	
70	736	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
71	558	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
72	683	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
73	58	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
74	566	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
75	723	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
76	699	5 de Mayo #117	Tepepan	México	D.F.	México	16020	
77	59	Av. Volcán Fernandina #92	El Mirador	México	D.F.	México	14449	
78	813	Carret. al Sur Km 5.5		La Paz	B.C.S.	México	23080	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
79	309		X				Cuenca Julio César	UNAM	Ingeniería	julio@gea.iingen.unam.mx
80	686		X				Cupul Magaña Amílcar Levi	UDG	Recursos Naturales	cmagana@vallarta.cuc.udg.mx
81	559	X	X	X			Dañobellia Juan José	CSIC	Ciencias de la Tierra	jidanobellia@ija.csic.es
82	342	X				X	Davydova Belifskaya Valentina	UDG	Astronomía y Meteorología	vdavidov@udgserv.cencar.udg.mx
83	69	X	X	X	X		De Cserna Gombos Zoltan	UNAM	Geología	
84	72		X	X			De la Cruz Reyna Servando	UNAM	Geofísica	sdelacr@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
85	73				X		De León Gómez Héctor	UANL	Ciencias de la Tierra	hdeleon@ccr.dsi.uanl.mx
86	784			X	X		Del Río Jesús Antonio	UNAM	CIE	antonio@servidor.unam.mx
87	82	X	X	X	X		Delgado Argote Luis Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	ldelgado@cicese.mx
88	75	X		X			Delgado Contreras Juan A.	CICESE	Oceanología	jdelgado@cicese.mx
89	338		X	X	X		Delgado Granados Hugo	UNAM	Geofísica	hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
90	688		X	X	X		Díaz Navarro Ricardo	IMP	Exploración Geofísica	ricky@orion.expl.imp.mx
91	454	X	X	X	X		Diego Orozco Arturo	IMP	Exploración y Producción	arturo@orion.expl.imp.mx
92	84			X		X	Domínguez Reyes Tonatiuh	UCOL	Ciencias del Ambiente	tonatiuh@ucol.mx
93	341	X	X	X	X	X	Dworak Robinson Juan A.	SEP	Tecnológico del Mar 03	jdworak@cicese.mx
94	573	X					Eliás Herrera Mariano	UNAM	Geología	elias@servidor.unam.mx
95	580				X	X	Escalona Alcázar Felipe de J.	IIEMAZ	Ordenamiento Ecológico	fescalona@hotmail.com
96	343			X			Escobar Sánchez Alejandra	UANL	Ciencias de la Tierra	
97	86	X	X	X	X		Esparza Hernández Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	fesparz@cicese.mx
98	87	X	X	X	X	X	Espindola Castro Juan Manuel	UNAM	Geofísica	jme@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
99	88	X	X	X	X		Espinosa Cardena Juan Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	jespinos@cicese.mx
100	92	X			X		Fabriel Beauville Hubert	BRGM	Geophysics and Geological Imagery	h.fabriel@brgm.fr
101	346	X	X	X	X		Farreras Sanz Salvador	CICESE	Oceanología	sfarrera@cicese.mx
102	91	X	X		X	X	Ferrari Pedraglio Luca	UNAM	UNICIT	luca@servidor.unam.mx
103	137	X	X	X	X	X	Filonov Anatoly E.	UDG	CUCEI	afilonov@udgserv.cencar.udg.mx
104	97	X	X				Fletcher John M.	CICESE	Ciencias de la Tierra	jfletche@cicese.mx
105	679	X					Flores Cruz Fernando			
106	803				X		Flores Estrella Hortencia	UNAM	Ingeniería	flori@data.net.mx
107	348	X	X	X	X	X	Flores Luna Carlos Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	cflores@cicese.mx
108	817					X	Flores Maciel Roberto	UDG	CUCBA	romaciel@cucba.udg.mx
109	675	X	X	X	X		Forsythe Lance	CICESE	Ciencias de la Tierra	forsythe@cicese.mx
110	96	X	X	X	X		Frez Cárdenas José	CICESE	Ciencias de la Tierra	jofrez@cicese.mx
111	680	X	X	X	X		Fuentes Vargaz Carlos	UNAM	Geofísica	carlos@olin.igeofcu.unam.mx
112	108	X	X	X	X	X	Galicia Pérez Marco Antonio	UCOL	CEUNIVO	galicia@volcan.ucol.mx
113	578	X	X				Gallegos Cruz Apolonio	IPN	Ciencias Básicas	
114	755				X		Garatuza Payan Jaime	ITSON	Ingeniería en Admon. de Rec. H.	garatuza@yaqui.itson.mx
115	373				X	X	García y Barragán Juan Carlos	UNAM	Geología	jcarlosg@servidor.unam.mx
116	101	X	X	X	X		García Abdeslem Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	lgarcia@cicese.mx
117	104	X	X	X	X		García Arthur Rosalía	CICESE	Ciencias de la Tierra	arthur@cicese.mx
118	372				X		García Córdova Joaquín	CICESE	Oceanología	joaquin@cicese.mx
119	819					X	García Cueto Rafael	UABC	Ingeniería	rcueto@iing.mxl.uabc.mx
120	820					X	García Daniel	UANL		
121	368	X	X	X	X	X	García García Fernando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	dire@ccaunam.atmosfcu.unam.mx
122	537			X		X	García Gutiérrez Alfonso	IIIE	Fuentes Alternas de Energía	agarcia@iie.org.mx
123	358		X	X	X		Garduño López Rene	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
124	100	X	X		X		Garduño Monroy Víctor Hugo	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	vgmonroy@zeus.ccu.umich.mx
125	650			X			Garza Rocha Daniel	UANL	Ciencias de la Tierra	dagarza@ccr.dsi.uanl.mx
126	724		X	X	X		Gavilanes Ruiz Juan Carlos	UCOL	Observatorio Vulcanológico	gavilan@cigc.ucol.mx
127	119	X	X	X	X	X	Gaviño Rodríguez Juan Heberto	UCOL	Oceanografía Física	gavinho@volcan.ucol.mx
128	366		X	X	X		Gay García Carlos	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	cgay@servidor.unam.mx
129	122	X	X	X	X		Glowacka Ewa	CICESE	Ciencias de la Tierra	glowacka@cicese.mx
130	353				X		Gómez González Juan Martín	UNAM	UNICIT	gomez@conin.unicit.unam.mx
131	811				X		Gómez López David Roberto			dgomez@xal.megared.net.mx
132	121	X	X	X	X		Gómez Treviño Enrique	CICESE	Ciencias de la Tierra	egomez@cicese.mx
133	112	X	X	X	X		Gómez Valdés José	CICESE	Oceanología	lgomez@cicese.mx
134	672	X	X	X	X		González Fernández Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	mindundi@cicese.mx
135	113	X	X		X		González García José Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	javier@cicese.mx
136	774				X		González Ibarra Alfonso	IMP	Gerencia de Prospección Geofísica	agbarra@imp.mx
137	118		X				González Morales Carlos A.	CICESE	Ciencias de la Tierra	cgonzale@cicese.mx
138	99		X		X		González Morán Tomás	UNAM	Geofísica	lglez@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
139	807				X		González Yajimovich Oscar	UABC	Geología	
140	690		X				Gorsline Donn S.	USC	Earth Sciences	gorsline@earth.usc.edu
141	370	X	X		X		Graef Ziehl Federico	CICESE	Oceanología	fgraef@cicese.mx
142	388	X	X				Grajales Nishimura Manuel	IMP	Exploración Geofísica	grajales@geologia.unam.mx
143	570	X	X				Green Ruiz María de Jesús	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	mgreen@ola.icmyl.unam.mx
144	111	X	X				Guerrero García José C.	UNAM	Geología	josec@servidor.unam.mx
145	110			X			Guerrero Guadarrama José Luis	CFE	Geoterminia	geoexpl@mich1.telamex.net.mx
146	360				X		Guzmán Speziale Marco	UNAM	UNICIT	marco@olin.igeofcu.unam.mx
147	126	X					Helenes Escamilla Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	jhelenes@cicese.mx
148	125		X	X	X	X	Herguera García Juan Carlos	CICESE	Oceanología	herguera@cicese.mx
149	572	X	X	X	X		Hernández Bernal María del Sol	UNAM	Geología	msol@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
150	582	X					Hernández Guerrero Joel	PEMEX	Integración e Interpretación	zyanya@hotmail.com
151	564	X					Hernández Treviño Teodoro	UNAM	Geofísica	tht@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
152	689		X				Herrera Charles Roberto	IPN	CITEDI	charles@citedi.mx
153	387		X	X	X		Hinojosa Corona Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	alhino@cicese.mx
154	386			X	X		Huerta López Carlos I.	CICESE	Ciencias de la Tierra	huerta@cicese.mx
155	669	X					Hughes Simon	UNAM	Geofísica	shuhes@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
156	127	X	X	X			Huidobro González Adolfo	UNAM	Ingeniería	lermo@inti.iingen.unam.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001 Continuación

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
79	309	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
80	686	Av. Universidad #203	Delegación Ixtapa	Puerto Vallarta	Jal.	México		
81	559	Lluís Solé i Sabarís s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
82	342	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
83	69	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
84	72	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
85	73	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
86	784	Apdo. Postal #34		Temixco	Mor.	México	62580	34
87	82	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
88	75	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
89	338	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
90	688	Hacienda Ajulupán #107	Hda. Echegaray	Naucalpan	EdoMéx	México	53310	
91	454	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
92	84	Av. Universidad #333		Colima	Col.	México		
93	341	Km 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85425	742
94	573	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
95	580	Av. López Velarde #428-2A	Centro	Zacatecas	Zac.	México	98000	
96	343	Blvd. Fundadores, Manzana 1, C-4	Fundadores	Saltillo	Coah.	México	25015	
97	86	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
98	87	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
99	88	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
100	92	117, Avenue de Luminy B.P. 167			Marseille cedex 9	France	13276	
101	346	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
102	91	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
103	137	Rio Autlán #2180-34	Altas	Guadalajara	Jal.	México	44421	407
104	97	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
105	679	Antonia Nava s/n Esc. Pri. Makarenko	Carmen Serdán	México	D.F.	México	04910	
106	803	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
107	348	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
108	817	Juárez #975	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México		
109	675	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
110	96	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
111	680	Plaza del Carmen #69	Piadas del Sol, 2a Sección	Querétaro	Qro.	México	76090	
112	108	Apdo. Postal #275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
113	578	Té #950	Iztacalco	México	D.F.	México	08400	
114	755	5 de Febrero # 818 Sur	Centro	Cd. Obregón	Son.	México		
115	373	Quinta Mayor #133	Las Quintas	Hermosillo	Son.	México	83240	1039
116	101	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
117	104	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
118	372	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
119	819	Blvd. Benito Juárez s/n	Insurgentes Este	Mexicali	B.C.	México	21280	
120	820	Km 8, Carret. Cerro Prieto		Linares	N.L.	México	67700	
121	368	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
122	537	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
123	358	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
124	100	Av. Rey Tariacuri #374-D	Villabell	Morelia	Mich.	México	58090	
125	650	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
126	724	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
127	119	Apdo. Postal #275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
128	366	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
129	122	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
130	353	Apdo. Postal #1-742		Querétaro	Qro.	México	76001	1-742
131	811	Mendez Alcalde No. 3	Salud	Xalapa	Ver.	México	91070	
132	121	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
133	112	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
134	672	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
135	113	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
136	774	Magdalena #410, Depto. 303	Del Valle	México	D.F.	México	03100	14-805
137	118	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
138	99	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
139	807	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
140	690			Los Angeles	CA.	USA	90089-0740	
141	370	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
142	388	Tokio #921-202B	Portales	México	D.F.	México	3300	
143	570	Explanada de la Azada y Crestón		Mazatlán	Sin.	México	82040	
144	111	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
145	110	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
146	360	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
147	126	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
148	125	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
149	572	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
150	582	Av. Sitio Grande #2000 Edif. 3 Piso 1	Fracc. Carrizal	Villahermosa	Tab.	México	86035	270
151	564	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
152	689	Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
153	387	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
154	386	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
155	669	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
156	127	Av. México #120	Del Carmen	México	D.F.	México	04100	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
157	128		X				Huizar Alvarez Rafael	UNAM	Geología	huizar@servidor.unam.mx
158	719		X	X	X		Hutton Wallis	U. WISCONSIN	Geophysical	wallis@geology.wisc.edu
159	700			X			Iglesias Mendoza Arturo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	amg@tornado.com.mx
160	722		X				Israde Alcántara Isabel	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	aisrade@zeus.cc.umich.mx
161	131		X	X			Jacques Ayala Cesar	UNAM	Geología	jacques@servidor.unam.mx
162	130		X				Jáuregui Ostos Ernesto	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	ejos@ccaunam.atmosfca.unam.mx
163	735			X			Jiménez Sergio	UABC		
164	133	X					Jiménez Illescas Angel R.	IPN	CICIMAR	ajimenez@ipn9021.ipn.mx
165	132	X					Jiménez Jiménez Zenón	UNAM	Geofísica	zenon@igeofcu.unam.mx
166	752				X	X	Jödicke Hartmut	U. MUNSTER	Institut für Geophysik	jodicke@earth.uni-muenster.de
167	395		X	X			Juárez Sánchez Faustino	UNAM	Geofísica	tino@tonatuh.igeofcu.unam.mx
168	153			X			Keller Torres Jaime	UNAM	Ciencias Básicas	keller@servidor.unam.mx
169	238			X			Koshevaya Svetlana S.	INAOE		svelleana@tonali.inaoe.mx
170	135	X	X	X	X	X	Kostoglodov Vladimir	UNAM	Geofísica	vladimir@olin.igeofcu.unam.mx
171	640	X					Kotsarenko Nikola Y.	UNAM	Geofísica	kotsaren@tonatuh.igeofcu.unam.mx
172	136	X					Kouzoub Nikolai	UANL	Ciencias de la Tierra	nkouzoub@ccr.dsi.uanl.mx
173	655	X		X	X		Kuraica Ogie	KINEMATICS	Sales Manager	sales@kmi.com
174	61			X			Lara Lara Rubén	CICESE	Oceanología	rlara@cicese.mx
175	598	X					Lares Reyes María Lucila	CICESE	Oceanología	llares@cicese.mx
176	141	X	X	X			Lavín Peregrina Miguel F.	CICESE	Oceanología	mlavin@cicese.mx
177	399	X	X				Lázaro Mancilla Octavio	CICESE	Ciencias de la Tierra	olazaro@cicese.mx
178	483	X	X	X	X		Ledesma Vázquez Jorge	UABC	Geología	ledesma@bahia.ens.uabc.mx
179	404	X		X	X		Lermo Samaniego Javier Fco.	UNAM	Ingeniería	lermo@intl.ingen.unam.mx
180	828					X	Lesser Luis E.	ARIZONA STATE U.	Civil and Environmental Engineering	lesser@asu.edu
181	602	X					Lira Herrera Héctor	CFE	Residencia General de Cerro Prieto	
182	818				X		Lizarraga Celaya Carlos	UNISON		carlos@fisica.uson.mx
183	730		X	X			Lluch Cota Daniel Bernardo	CIBNOR	Geología Marina	dblluch@cibnor.mx
184	731		X				Lluch Cota Salvador Emilio	CIBNOR	Geología Marina	siluch@cibnor.mx
185	273		X				Lobato Sánchez René	IMTA	Hidrología	robato@tajin.imta.mx
186	681			X			López Loera Héctor	UNAM	Geofísica	lopezdes@col1.telnet.net.mx
187	146	X			X		López Mariscal Juan Manuel	CICESE	Oceanología	malope@cicese.mx
188	691			X			López Martínez Juana	CIBNOR	Evaluación y Manejo de Recursos	jlopez@cibnor.mx
189	145	X	X	X	X	X	López Martínez Margarita	CICESE	Ciencias de la Tierra	malopez@cicese.mx
190	822					X	López Pineda Leobardo	CESUS	Geociencias	odranoe@yahoo.com
191	398	X					Lozada Zumaeta Manuel	IMP	Exploración Geofísica	manuel@orion.explimp.mx
192	615	X	X				Machain Castillo María Luisa	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	machain@ola.icml.unam.mx
193	154					X	Macías Vázquez José Luis	UNAM	Geofísica	macias@tonatuh.igeofcu.unam.mx
194	653	X					Magaña Rueda Víctor Orlando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	victor@belenos.atmosfca.unam.mx
195	542			X	X		Makarov Vyacheslav G.	IPN	CICIMAR	smakarov@redipn.ipn.mx
196	810				X		Malishewsky Peter G.	U. Jena	Institut für Geowissenschaften	mail@geo.uni-jena.de
197	175	X					Marinone Moschetto Silvio G.L.	CICESE	Oceanología	marinone@cicese.mx
198	157	X	X	X	X	X	Márquez Azúa Bertha	UDG	Estudios Históricos y Humanos	bm Marquez@udg.serv.cencar.udg.mx
199	823					X	Márquez García Antonio Zoilo	UAM	Ciencias Básicas y Salud	azmg@xanum.uam.mx
200	677	X	X				Márquez González Álvaro	UCM	Petrología y Geoquímica	alvaromg@eucmax.sim.ucm.es
201	319			X			Marshall Kyle Jeffrey	FRANKLIN MARSHALL C	Keck Institute	j_marshall@fandm.edu
202	673	X	X	X	X		Martín Alienza Beatriz	UCM	Ciencias de la Tierra	mindundi@cicese.mx
203	2	X	X	X	X		Martín Barajas Arturo	CICESE	Ciencias de la Tierra	martin@cicese.mx
204	748				X		Martínez Díaz de León Asdrúbal	UABC	Investigaciones Oceanológicas	asdrubal@faro.ens.uabc.mx
205	408	X	X	X	X		Martínez García Mario	CIBNOR	Dirección General	mmartine@cibnor.mx
206	815					X	Martínez Hernández Enrique	UNAM	Geología	emar@servidor.unam.mx
207	156	X					Martínez Serrano Raymundo G.	UNAM	Geofísica	rms@tonatuh.igeofcu.unam.mx
208	630	X				X	Martínez Zatarain Alejandro	UDG	Astronomía y Meteorología	martinez@udg.serv.cencar.udg.mx
209	161					X	Martiny Kramer Bárbara	UNAM	Geología	martiny@servidor.unam.mx
210	808					X	Mascareño Gastelum Ramón A.	UAS	Ciencias de la Tierra	alejandroltrami@hotmail.com
211	667	X	X	X	X		Matthes Miguel	APASCO	Ingeniería	
212	697			X			Mazariegos Alfaro Rubén A.	U TEXAS PAN AMERICAN	Physics and Geology	rubenm@panam.edu
213	436	X					Mejía Trejo Adán	UABC	Investigaciones Oceanológicas	amejia@bahia.ens.uabc.mx
214	164	X	X	X	X		Méndez Delgado Sóstenes	UANL	Ciencias de la Tierra	somendez@ccr.dsi.uanl.mx
215	427			X			Mendieta Jiménez Francisco J.	CICESE	Dirección General	jmdiet@cicese.mx
216	631		X				Meulener Peña Angel R.	UDG	Astronomía y Meteorología	ameulene@udg.serv.cencar.udg.mx
217	95	X					Michaud François	U PIERRE ET M. CURIE	Laboratoire de Géodynamique	micho@ccrv.obs-vlfr.fr
218	709			X			Milan Valdés Marcos	IPN	ESIA	milan@mexico.com
219	167	X	X		X		Montesinos Silva Genaro	UGTO	Ciencias Agrícolas	genaros@dulcinea.ugto.mx
220	414		X	X			Monzón Cesar Octavio	UDG	CUCEI	monzon@cucei.udg.mx
221	450			X			Morales Blake Alejandro	UCOL	Ciencias Marinas	mblake@volcan.ucol.mx
222	421	X	X			X	Morán Zenteno Dante Jaime	UNAM	Geología	dante@tonatuh.igeofcu.unam.mx
223	173	X	X	X	X		Morandi Soana María Teresa	U. DE LOS ANDES	Laboratorio de Geofísica	maria@ciens.ula.ve
224	619	X	X		X		Mortera Gutiérrez Carlos A.	UNAM	Geofísica	carlosm@olin.igeofcu.unam.mx
225	608	X					Moya Juan Carlos	U. COLORADO	Geological Sciences	moya@creep.colorado.edu
226	439			X			Munehisa Sawada	CENAPRED		sawada@cenapred.unam.mx
227	160	X	X	X			Munguía Orozco Luis	CICESE	Ciencias de la Tierra	lmunguia@cicese.mx
228	682			X	X	X	Muñoz Diosdado Alejandro	IPN	UPIBI	amunoz@acel.upibi.ipn.mx
229	716					X	Murillo Nava Janette	IPN	CICIMAR	
230	434	X	X		X		Murrieta Hernández José Luis	UVER	Facultad de Ingeniería Civil-Zona Xalapa	josel@dino.coacade.uv.mx
231	816					X	Nájera Garza Jesús		Consultor Privado	ing1207@hotmail.com
232	176		X		X		Natividad Baizabal Miguel Ángel	UVER	Ciencias Atmosféricas	navidad@148.226.1.55
233	177	X	X	X	X		Nava Pichardo Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	fnava@cicese.mx
234	670	X	X		X		Nava Sánchez Enrique H.	IPN	CICIMAR	enava@redipn.ipn.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001 Continuación

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
157	128	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
158	719	1215 West Dayton St.		Madison	WI	USA	53706	
159	700	Siracusa #130, Edif. 5-B-22	Lomas Estrella	México	D.F.	México	09890	
160	722	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
161	131	De la Rivera #21		Hermosillo	Son.	México	83288	
162	130	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
163	735			Ensenada	B.C.	México	22760	
164	133	Colegio Militar #192	Esterito	La Paz	B.C.S.	México	23020	592
165	132	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
166	752	Corrensstr 24 D-48149		Munster		Germany		
167	395	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
168	153	Fuente de la Juventud #64	Tecamachalco	Nauclapán	EdoMéx	México	53950	70-528
169	238			Puebla	Pue.	México		
170	135	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
171	640	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
172	136	Pedro Noriega #569 Sur		Linares	N.L.	México	67700	
173	655	222 Vista Avenue		Pasadena	CA.	USA	91107	
174	61	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
175	598	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
176	141	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
177	399	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
178	483	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
179	404	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-472
180	828	Arizona State University, Box 875306		Tempe	Arizona	USA	85287-5306	
181	602	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
182	818	Luis D. Colosio # 128-1	Zona Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
183	730	Apdo. Postal #128		La Paz	B.C.S.	México	23000	128
184	731	Km 0.5, Carret. al Conchalito		La Paz	B.C.S.	México	23000	
185	273	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
186	681	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
187	146	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
188	691	Retomo Mondorica #2056	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
189	145	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
190	822	Ley Federal del Trabajo Final s/n	Apolo	Hermosillo	Son.	México		
191	398	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
192	615	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70305
193	154	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
194	653	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
195	542	Av. IPN s/n	Playa Palo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	592
196	810	Burgweg 11		Jena		Germany	07749	
197	175	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
198	157	Av. Maestros y Mariano Bárcena		Guadalajara	Jal.	México	44260	
199	823	Av. Purísima y Michoacán	Vicentina	México	D.F.	México	09340	
200	677	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
201	319	625 W. Chestnut St.		Lancaster	PA	USA	17604	717
202	673	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
203	2	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
204	748	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
205	408	Km 1, Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
206	815	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
207	156	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
208	630	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
209	161	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
210	808	Las Lichis #1839	Fracc. La Campiña	Culiacán	Sin.	México	80060	
211	667	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
212	697	810 Pacific Ave.		Edinburg	TX	USA	78539	
213	436	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
214	164	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
215	427	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
216	631	A las Praderas #320	Prados Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
217	95	La Darse B-P #48		Villefranche sur Mer	Paris	France	06230	
218	709	Acueducto #63	Acueducto	México	D.F.	México	01120	
219	167	Apdo. Postal #311		Irapuato	Gto.	México	36500	311
220	414	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
221	450	Villa Florencia #54	Fracc. Soleares	Manzanillo	Col.	México	28869	
222	421	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
223	173	Yagrumo, Quinta Frailejón	Sta. María Sur	Mérida	Yucatán	Venezuela	05101	
224	619	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
225	608	1300, 30th, A1-24		Boulder	CO.	USA	80303	
226	439	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
227	160	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
228	682	Valle del Po #16	Valle de Aragón	Ecatepec	EdoMéx	México	55280	
229	716	Av. IPN s/n	Playa Palo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	
230	434	Zona Universitaria s/n		Jalapa	Ver.	México	91090	
231	816	Av. Sendero Encantado # 6240	Cortijo del Río	Monterrey	N.L.	México	64890	
232	176	Apdo. Postal #278	Centro	Jalapa	Ver.	México	19000	278
233	177	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
234	670	Apdo. Postal #592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
235	609			X			Nevárez Martínez Manuel Otilio	INP	CRIP Guaymas	nevarez@altavista.net
236	181	X	X		X	X	Nieto Samaniego Ángel Fco.	UNAM	UNICIT	afns@servidor.unam.mx
237	696			X	X		Norzagaray Campos Mariano	IPN	CIIDIR-Sinaloa	nmunoz@debtel.com.mx
238	182	X	X	X	X	X	Núñez Cornú Francisco Javier	UDG	CUC, Vallarta	fcornu@vallarta.cuc.udg.mx
239	812				X		Núñez Peralta Marco Antonio	UAM		manp@xanum.uam.mx
240	184					X	Obeso Nieblas Maclovio	IPN	CICIMAR	mniebla@redipn.ipn.mx
241	183	X	X	X			Ocampo Torres Francisco J.	CICESE	Oceanología	ocampo@cicese.mx
242	452	X		X	X		Ochoa De la Torre José Luis	CICESE	Oceanología	jochoa@cicese.mx
243	455	X	X				Oda Noda Bertha	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
244	782				X		Oesterreich Masuch	UANL	Ciencias de la Tierra	dmasuch@ccr.dsi.uanl.mx
245	714		X	X			Oleshko Klaudia	UNAM	Geología	siebe@servidor.unam.mx
246	568	X	X	X	X		Orozco Esquivel María Teresa	UNAM	Geología	torozco@unicit.unam.mx
247	665	X	X	X			Orta Francisco	APASCO	Ingeniería	
248	652			X			Ortega Guerrero Marcos Adrián	UNAM	UNICIT/Geología	maog@servidor.unam.mx
249	466			X			Ortega Rivera María Amabel	UNAM	UNICIT/Geología	amabel@servidor.unam.mx
250	713		X	X		X	Ortiz Alemán Carlos	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	carlos@servidor.unam.mx
251	809				X		Ortiz Sedano Arturo			
252	789				X		Ostroumov Mikhail	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	ostroum@zeus.ccu.umich.mx
253	191	X	X	X	X	X	Pacheco Alvarado Francisco J.	UNAM	Geofísica	javier@oillin.igeofcu.unam.mx
254	549	X					Padilla Arredondo Gustavo	CIBNOR	Unidad Guaymas	gpadilla@cibnor.mx
255	543	X		X		X	Pal Verma Jaiswal Mahendra	IIE	Geotermia	mahendra@iie.org.mx
256	189		X				Palma Guzmán Sergio Hugo	CFE	Geotermia	
257	190		X				Palma Pérez Oswaldo	CFE	Geotermia	
258	201	X	X	X	X		Pavía López Edgar	CICESE	Oceanología	epavia@cicese.mx
259	205		X				Payero De Jesús Juan S.	UASD	Física	jpayero@tricom.net
260	202	X	X	X	X		Paz Moreno Francisco Abraham	USON	Ciencias Exactas y Naturales	paz@marina.geologia.uson.mx
261	66	X					Pedrin Aviles Sergio	CIBNOR	Zona Costa	spedrin@cibnor.mx
262	286			X	X		Peláez Salvador Roberto	PEMEX	Exploración y Producción	pelaez_fi_unam@yahoo.com
263	706		X				Peraza Vizcarra Ramón	UAS	Ciencias del Mar	
264	200	X			X		Pereyra Díaz Domitilo	UV	Metereología Aplicada	dpereyra@speedy.coacade.uv.mx
265	457		X	X			Pérez de Tejada Héctor	UNAM	CECIMAC	hector@ifunam.ifisicaen.unam.mx
266	463		X		X		Pérez Enríquez Román	UNAM	UNICIT	roman@tonatliuh.igeofcu.unam.mx
267	576			X			Pérez García Ismael	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	ismael@servidor.unam.mx
268	195		X	X			Pérez Rocha Luis Eduardo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	
269	762				X		Pérez Sesma José Antonio A.	UV	Ciencias Atmosféricas	pereyra@dino.coacade.uv.mx
270	197	X	X	X	X	X	Pérez Venzor José Antonio	UABCS	Ciencias del Mar	japerez@calafia.uabcs.mx
271	250	X	X		X		Peterson Villalobos Héctor	LIBRA		libra@telnor.net
272	204				X		Pola Simuta Cosme	UANL	Ciencias de la Tierra	
273	671	X					Prieto Mendoza Jesús José	UABCS		jprieto@calafia.uabcs.mx
274	207	X					Quintero Legorreta Odranoe	UNAM	Geología	odranoe@servidor.unam.mx
275	788	X	X		X		Ramírez Aguilar Isabel	CICESE	Oceanología	iramirez@cicese.mx
276	674	X	X	X	X		Ramírez Hernández Jorge	UABC	Ingeniería	iramirez@cslam1.mxl.uabc.mx
277	638		X	X	X		Ramírez Herrera María Teresa	UNAM	Geografía	mteresa@igiris.igeograf.unam.mx
278	496	X	X	X	X		Ramírez Ruiz Juan José	UCOL	Observatorio Vulcanológico	ramirez@cgc.icol.mx
279	211	X	X	X	X		Ramírez Trejo Ana Rosa			
280	212	X					Ramírez Vázquez Carlos Ariel	UCOL	CICBAS	carlosr@cgc.icol.mx
281	209			X			Ramos Jiménez Esteban	CENAPRED		erj@cenapred.unam.mx
282	693		X				Ramos Leal José Alfredo	IPN	CIIDIR OAXACA	
283	208	X	X	X	X	X	Randall Roberts John	UGTO		randall@redes.imt.com.mx
284	213	X		X	X		Rebollar Bustamante Cecilio J.	CICESE	Ciencias de la Tierra	rebollar@cicese.mx
285	215	X	X	X	X	X	Reyes Dávila Gabriel Ángel	UCOL	CICBAS	gabrielr@cgc.icol.mx
286	742				X		Reyes De la Gala Jorge	CICESE	Oceanología	jreyes@cicese.mx
287	746				X		Reyes Trujillo Javier	UACAMP	Programa de Corrosión Golfo de México	
288	595		X				Reyes Zamora César Alfonso	CICESE	Ciencias de la Tierra	reyesz@cicese.mx
289	221			X	X		Ripa Alsina Pedro	CICESE	Oceanología	ripa@cicese.mx
290	717		X				Rocha Fernández José Luis	UV	Ciencias Atmosféricas	abraxas@speedy.coacade.uv.mx
291	490				X	X	Rodríguez Castañeda José Luis	UNAM	Geología	ilrod@servidor.unam.mx
292	482	X					Rodríguez Castillo Ramiro	UNAM	Geofísica	rrdz@tonatliuh.igeofcu.unam.mx
293	579		X	X			Rodríguez González Miguel	UNAM	Ingeniería	mrod@gea.ingen.unam.mx
294	225		X	X			Rodríguez Ramírez Joel	CICESE	Ciencias de la Tierra	joel@cicese.mx
295	698		X				Rodríguez Zúñiga José Luis	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	sanj@mpsnet.com.mx
296	493					X	Roldán Quintana Jaime	UNAM	Geología	jaimer@servidor.unam.mx
297	497	X	X			X	Romero Espejel J.G. Héctor	CICESE	Ciencias de la Tierra	hromero@cicese.mx
298	560	X					Romero Pascual Mercedes	UCM	Ciencias de la Tierra	romero@eucos.sim.ucm.es
299	218	X	X	X	X	X	Romo Jones José Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	jromo@cicese.mx
300	475	X		X			Ronquillo Jarillo Gerardo	IMP	Estudios Geológicos	gerardo@orion.expl.imp.mx
301	611	X					Rosales Álvarez Julio	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto	
302	610	X					Rosales Grano Pedro	SEP	Tecnológico del Mar	
303	575	X		X	X	X	Rosas Elguera José	UDG	Ciencias de la Tierra	jrosas@quantum.ucting.udg.mx
304	708			X	X		Royo Ochoa Miguel	UACH	Posgrado	mroyo@seidel.fing.uach.mx
305	639	X					Rubio Culebras Eduardo	CSIC	Ciencias de la Tierra	erubio@ija.csic.es
306	242	X	X	X	X		Sabina Ciscar Federico	UNAM	IIMAS	fjs@uxmym1.iimas.unam.mx
307	826					X	Sakai Ricardo K.	U. NEW YORK	Atmospheric Science Research Center	sakai@ascr.cesim.albany.edu
308	228		X				Saldaña Flores Ricardo	IIE	Fuentes Alternas de Energía	rsf@p.iie.org.mx
309	472	X					Saldivar Medina Eric	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	
310	607			X			Salinas Prieto José Antonio	IMTA	Hidrometeorología	jsalinas@tatin.imta.mx
311	712		X				Sánchez Gómez Rubén	UDG	CUCEI	rubens@udgserv.cencar.udg.mx
312	226	X	X				Sánchez Monclú Alfredo	IMP	Exploración y Producción	alfredo_sanchez@hotmail.com

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001 Continuación

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
235	609	Bvd. Las Plazas #75	F. Las Plazas	Guaymas	Son.	México	85430	
236	181	Targanitos #1		Guanajuato	Gto.	México	36000	1-742
237	696	Av. Ticoman # 600	San José Ticoman	México	D.F.	México		
238	182	Apdo. Postal #96-B		Puerto Vallarta	Jal.	México		
239	812	Apdo. Postal #55-534		México	D.F.	México	09340	55-534
240	184	Av. IPN s/n	Playa Palo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	
241	183	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
242	452	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
243	455	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
244	782	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
245	714	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
246	568	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
247	665	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
248	652	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
249	466	Apdo. Postal #1-742		Querétaro	Qro.	México	76230	1-742
250	713	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	14200	
251	809							
252	789	Edif. U, Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	52-B
253	191	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
254	549	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacoichampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
255	543	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
256	189	Lic. Angel Compers #65	Dr. Miguel Silva	Morelia	Mich.	México	58120	
257	190	El Greco #5181	Real Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
258	201	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
259	205	Ciudad Universitaria		Santo Domingo		Rep. Dominicana		
260	202	Apdo. Postal #847	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	847
261	66	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacoichampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
262	286	Manzana #72, Lote 1	J.M. Morelos, 5a Sección	Ecatepec	EdoMéx	México	55070	
263	706			Mazatlán	Sin.	México		
264	200	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
265	457	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2681
266	463	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
267	576	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
268	195	Santa María #214	Maninanco	Azcapotzalco	Edo. de México	México		
269	762	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
270	197	Km 5.5, Carret. al Sur	Universitaria	La Paz	B.C.S.	México	23000	19-B
271	250	Priv. Ixtacihuatl #100	La Sierra	Tijuana	B.C.	México	22170	
272	204	16 de Septiembre #606 Poniente		Linares	N.L.	México	67770	
273	671	Retorno Mango #1855	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
274	207	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
275	788	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
276	674	P.O. BOX 1136		Calexico	CA	USA	92232	
277	638	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
278	496	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
279	211	Apdo. Postal #343		Ajijic	Jal.	México	45920	343
280	212	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
281	209	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
282	693	Av. Homos #1003	Ampliación Indeco	Xoxocotlán	Oax.	México	71230	
283	208	Mineral de la Valenciana #2	Marfil	Guanajuato	Gto.	México	36250	42
284	213	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
285	215	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
286	742	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
287	746	Agustín Melgar s/n		Campeche	Camp.	México		
288	595	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
289	221	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
290	717	Altamirano #99	Centro	Jalapa	Ver.	México	91000	628
291	490	Misión de Caborica #14	Bachoco	Hermosillo	Son.	México	83148	
292	482	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
293	579	Rio Bamba #674	Lindavista	México	D.F.	México		70472
294	225	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
295	698	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	14200	
296	493	Quinta Mayor #133	Las Quintas	Hermosillo	Son.	México	83240	
297	497	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
298	560	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
299	218	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
300	475	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
301	611	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
302	610	Km 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85480	742
303	575	Apdo. Postal #4-045	Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	México	44840	4-045
304	708	Priv. Altamirano #3511	Santo Niño	Chihuahua	Chih.	México	31320	
305	639	Lluís Solé i Sabarís s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
306	242	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	20726
307	826			Albany	New York	USA	12203	
308	228	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
309	472	Ganadería La Laguna #38	Jardines del Toreo	Morelia	Mich.	México		
310	607	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
311	712	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
312	226	Apdo. Postal #224	Oficina Correo	Cd. del Carmen	Camp.	México	24101	224

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
313	509				X		Sánchez Pérez Juan	CFE		jsanchez@cfe.gob.mx
314	227		X		X		Sánchez Zamora Osvaldo	UNAM	Geofísica	osvaldo@ollin.igeofcu.unam.mx
315	241	X					Santamaría Saldaña Dora Elva	CFE	Gerencia de Ingeniería Civil	sismo00@cfe.gob.mx
316	527	X		X			Sarmiento López Citlali	IMP	Proceso Registros Geofísicos	
317	230	X	X	X	X		Schaaf Peter	UNAM	Geofísica	pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
318	727		X				Schultz David M.	NSSL	NOAA	schultz@nssl.noaa.gov
319	825					X	Sekerzh Zenkovich Sergey	UNISON	Física	sekr@fisica.uson.mx
320	233		X	X	X	X	Silva García José Teodoro	IPN	CIIDIR	tsilva@vmredipn.ipn.mx
321	1	X	X	X	X	X	Singh Shri Krishna	UNAM	Geofísica	krishna@ollin.igeofcu.unam.mx
322	232		X	X			Skiba Yuri N.	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	skiba@servidor.unam.mx
323	512		X				Soler Arechalde Ana María	UNAM	Geofísica	anesoler@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
324	234				X		Sosa Uscanga Ignacio	UV	Instrumentación Electrónica	
325	804				X		Sotelo Parra Anselmo	GOB. MORELOS	Protección Civil	
326	806				X		Staines Urias Francisca	UABC	Geología	
327	235	X	X	X	X		Steinich Birgit	UNAM	UNICIT	birgit@unicit.unam.mx
328	519	X	X	X	X	X	Stock Joanne M.	CALTECH	Seismology	jstock@gps.caltech.edu
329	634	X			X		Suárez Ariaga Mario Cesar	UNAM	DEPI	msuarez@zeuz.ccu.umich.mx
330	231		X	X	X	X	Suárez Plascencia Carlos	UDG	CUCSH	csuarez@udgserv.cencar.udg.mx
331	515	X					Suárez Reynoso Gerardo	UNAM	Geofísica	gerardo@ollin.igeofcu.unam.mx
332	236	X			X	X	Suárez Vidal Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	fsuarez@cicese.mx
333	502	X					Suter Cargnelutti Max	UNAM	Geología	sutermx@aol.com
334	533			X			Talavera Mendoza Oscar	UAG	Ciencias de la Tierra	
335	705		X				Tapia Armenta Juan	IPN	CITEDI	jjtapia@citedi.mx
336	249	X		X	X		Taran Yuri	UNAM	Geofísica	taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
337	243				X	X	Tejeda Martínez Adalberto	UV	Ciencias Atmosféricas	atejeda.speedy.coacade.uv.mx
338	718			X			Téllez Duarte Miguel Angel	UABC		
339	245	X	X	X	X	X	Tereshchenko Irina E.	UDG	CUCEI	itereshc@udgserv.cencar.udg.mx
340	532	X	X	X	X		Tolson Jones Gustavo	UNAM	Geología	tolson@servidor.unam.mx
341	247				X		Torres Hernández José Ramón	UNAM	Geofísica	
342	604	X	X	X			Torres Orozco Ernesto	UCOL	Oceanografía Física	etorres@cgic.ucol.mx
343	528	X	X				Trasviña Castro Armando	CICESE	Oceanología	trasvi@cicese.mx
344	622	X	X				Urrutia Cucugauchi Jaime	UNAM	Geofísica	jul@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
345	781				X		Vai Rossana	IMP		
346	548			X			Valdés González Carlos	UNAM	Geofísica	carlosv@ollin.igeofcu.unam.mx
347	138	X	X	X	X	X	Valenzuela Wong Raúl	UNAM	Geofísica	raul@ollin.igeofcu.unam.mx
348	531			X			Valle Levinson Arnoldo	OLD DOMINION U	Center for Coastal Physical O	arnoldo@ccpo.odv.edu
349	254	X	X	X	X	X	Vázquez González Rogelio	CICESE	Ciencias de la Tierra	rvazquez@cicese.mx
350	695		X	X			Vázquez Jaimes María Elena	CICESE	Ciencias de la Tierra	
351	725		X				Vega Granillo Ricardo	USON	Geología	rickvega@geologia.uson.mx
352	545	X					Velasco Címaco Nector	IMP		
353	546			X			Venegas Salgado Saúl	CFE	Geotermia	cfeinf@mail.giga.com
354	738				X		Vera Sánchez Jorge Ramón	PEMEX	Exploración y Producción	
355	171	X			X		Victoria Morales Alfredo	UNAM	Ingeniería	victoria@servidor.unam.mx
356	540	X	X	X	X		Vidal Villegas Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	vidalv@cicese.mx
357	547	X	X				Villanueva Urrutia Elba Elsa	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	eevu@ccaunam.atmoscu.unam.mx
358	648	X				X	Villegas García Cesar José	SCINTREX	Servicios Geofísicos Especializados	cvillega@intercable.net
359	255	X					Villicaña Cruz Francisco Javier	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
360	743			X	X		Watts Christopher	IMADES		
361	259	X	X	X	X		Wong Ortega Victor	CICESE	Ciencias de la Tierra	vwong@cicese.mx
362	376	X	X	X	X		Yussim Guarneros Sergio	UNAM	Geología	yussim@servidor.unam.mx
363	262	X	X		X	X	Zárate Del Valle Pedro F.	UDG	Ciencias de la Tierra	pzate@quantum.ucting.udg.mx
364	707		X				Zárate Vázquez María	UNAM	Ingeniería	mariaz@servidor.unam.mx
365	93		X				Zavala Jorge	UNAM		igs@servidor.unam.mx
366	261	X	X	X	X		Zobin Vyacheslav M.	UCOL	Observatorio Vulcanológico	vzobin@cgic.ucol.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. * Miembros 2001 Continuación

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
313	509	Oklahoma #85, Piso 4	Napoles	México	D.F.	México	03810	
314	227	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
315	241	Zaragoza #17	Tulyehualco	México	D.F.	México	16700	16700
316	527	Calle 42 #28	Tacubaya	Ciudad del Carmen	Camp.	México		
317	230	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
318	727	1313 Halley Circle		Norman	OK	USA	73069	
319	825	Bvd. Encinas y Transversal	Zona Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
320	233	Justo Sierra #28		Jiquilpan	Mich.	México		
321	1	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
322	232	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
323	512	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
324	234	Loma del Estadio s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91000	136
325	804	8 Norte, Manzana 262, Lote 11	Los Robles	Jiutepec	Mor.	México	62500	
326	806	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
327	235	Campus Juriquilla/Dom. Conocido	Juriquilla	Querétaro	Qro.	México	76230	1-742
328	519	2824 Shakespeare Drive		San Marino	CA.	USA	91108	
329	634	Patzimba #438	Vista Bella	Morelia	Mich.	México	58090	
330	231	Kilimanjaro #1727	Independencia	Guadalajara	Jal.	México	44240	
331	515	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
332	236	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
333	502	Apdo. Postal #1039		Hermosillo	Son.	México	83000	1039
334	533	Ex-Hacienda de San Juan Bautista	Taxco el Viejo	Taxco	Gro.	México	40200	197
335	705	Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
336	249	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
337	243	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
338	718	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
339	245	Rio Autlán #2180-34	Atlas	Guadalajara	Jal.	México	44421	4-040
340	532	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
341	247	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
342	604	Constitución #37	Morelos	Manzanillo	Col.	México	28217	
343	528	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
344	622	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
345	781	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
346	548	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
347	138	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
348	531	788 52nd St.		Norfolk	VI	USA	23529	
349	254	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
350	695	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
351	725	Bvd. Transversal y Rosales	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
352	545	Calle 42 #28	Tacubaya	Ciudad del Carmen	Camp.	México		2732
353	546	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
354	738	Isidoro Olivera # 26	Presidente Ejidal	México	D.F.	México	00440	
355	171	Luis Martínez del Campo #39	Romero de Terreros	México	D.F.	México	04310	
356	540	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
357	547	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
358	648	Sierra Nevada #207	Villas del Valle	Garza García	N.L.	México	66288	
359	255	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
360	743	Reyes y Aguascalientes s/n		Hermosillo	Son.	México	83190	
361	259	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
362	376	Altonilco #88	Felipe de Jesús	México	D.F.	México	07510	
363	262	Av. Revolución #1500		Guadalajara	Jal.	México	44410	4021
364	707	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
365	93	Parque del Conde #12	San José Insurgentes	México	D.F.	México	03900	
366	261	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	



**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(6)174-5050 Ext. 23001
Fax: 01(6)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>

El pasado 31 de octubre, en el seno de la 2a Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, la Asociación Geotérmica Mexicana (AGM) renovó su Consejo Directivo, el cual quedó integrado por las siguientes personas:

Presidente:	M.C. José Antonio Sampedro García, Instituto de Ingeniería, UABC
Vicepresidente:	Dra. Rosa María Barragán Reyes, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Secretario:	Dr. Mahendra Pal Verma, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Tesorero:	Dr. Alfonso García Gutiérrez, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Pro-secretario:	Ing. Fidel Cedillo Rodríguez, Comisión Federal de Electricidad
Pro-tesorero:	M.C. Alfonso Aragón Aguilar, Instituto de Investigaciones Eléctricas

quienes estarán en funciones durante los próximos dos años 2001-2002.

M.C. José Sampedro García
Instituto de Ingeniería, UABC
sampedro@iing.mxl.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. Geotermoeléctricos, CFE
mmjh0529@cfe.gob.mx

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

AGM
ASOCIACION
GEOTERMICA
MEXICANA

ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA

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

La Asociación Geotérmica Mexicana, invita a todos los profesionales y académicos relacionados con la Geotermia, a formar parte de nuestra asociación, contribuyendo así al fortalecimiento de nuestra comunidad.

<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://turing.fismat.udg.mx/oceano.htm>



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 AUTORES

POLÍTICA EDITORIAL

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

Para facilitar su arbitraje, todos los trabajos deberán ser enviados en original y dos copias, o por correo electrónico. Las contribuciones deberán ser sometidas en Español y dirigidas al Editor de **GEOS**. Si el manuscrito sometido es relevante, el Editor Principal lo enviará a un miembro del Comité Editorial del boletín, quien seleccionará a dos o tres especialistas para arbitrar el manuscrito si éste es sometido como **trabajo de investigación**, o a un especialista, si el trabajo es sometido como **divulgación** o como **reporte técnico**. Las **noticias** sólo serán revisadas por el Editor Principal. Los revisores remitirán sus comentarios al editor de área, quien los enviará al Editor Principal, junto con su recomendación. El Editor Principal puede rechazar, aceptar, o solicitar modificaciones al manuscrito, para lo cual remitirá a los autores los comentarios de los revisores y del editor de área.

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

Cuando el autor reciba la notificación de aceptación, se le solicitará que envíe su manuscrito en disquette o por correo electrónico para ser armado en el formato de la revista. No se enviarán pruebas de galera. 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 disquette o por correo electrónico, 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 incluir 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. 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.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta sección deberá incluir los principios, relaciones y generalizaciones inferidas a partir de los resultados. En esta sección se discutirán acuerdos y desacuerdos con trabajos publica-

dos 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 artículo citado. Aquellos manuscritos que no han sido aceptados para publicación no deberán incluirse en las referencias. Sólo 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, F.J., and Luzón, F., 1994, Seismic response of three-dimensional alluvial valleys for incident P, S, and Rayleigh waves, *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 85, p. 269-284.

Winkler, H.G.F., 1967, *Petrogenesis of metamorphic rocks*, 2nd Ed., Springer-Verlag, New York, 237 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 2001 es de \$350.00 para investigadores
y \$250.00 para estudiantes.**

página internet: www.ugm.org.mx

Favor de hacer llegar su cuota a:

Bárbara Uribe Martínez
Ivonne Pedrin Morales
División de Ciencias de la Tierra,
CICESE
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, B.C., México

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

Con un cordial saludo

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

Costo anual de anuncios en GEOS

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

GEOS

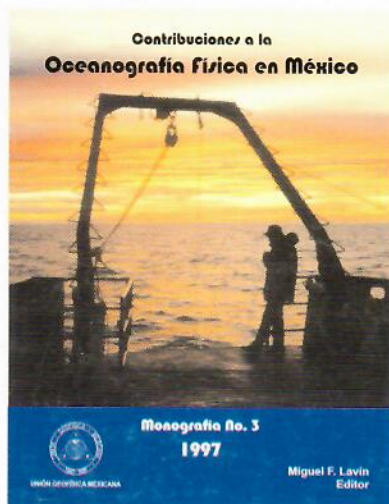
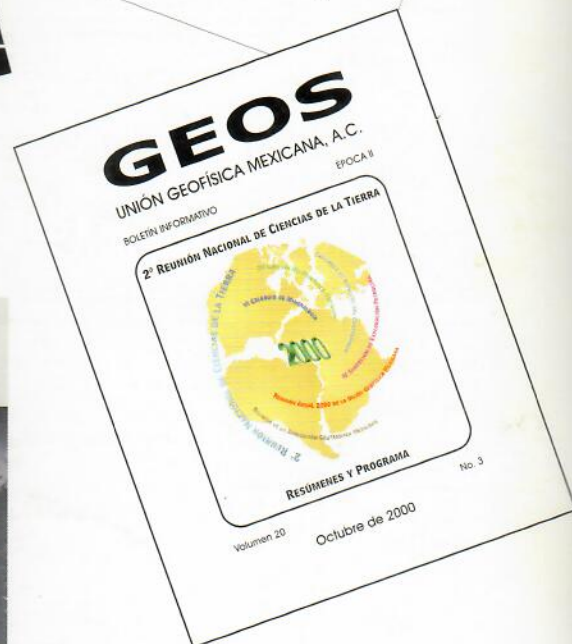
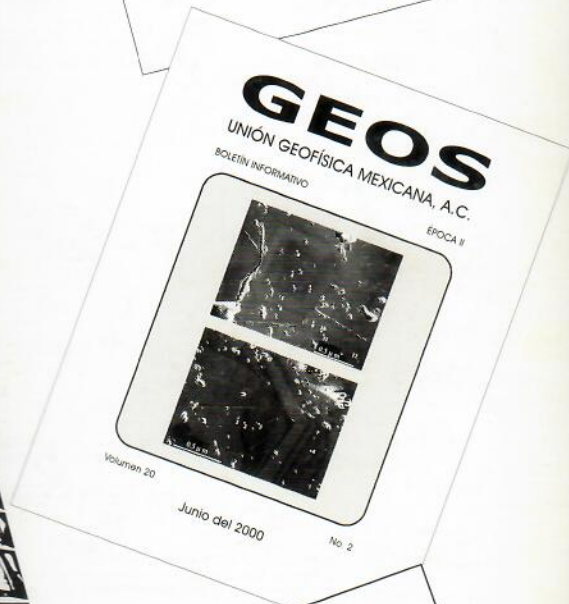
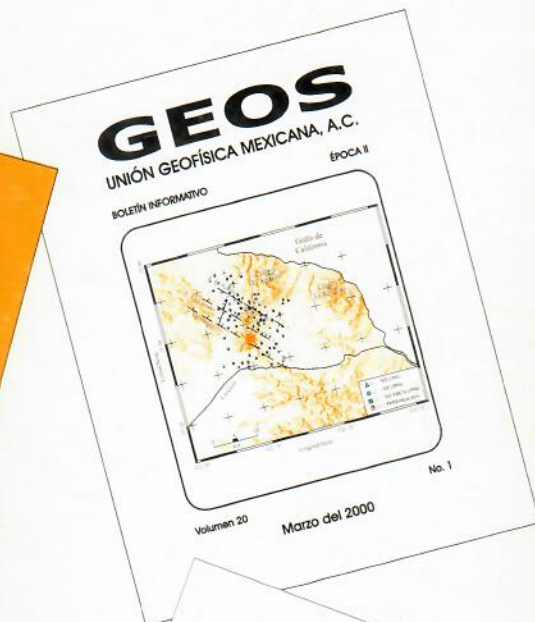
Revista a la venta con:

Costo del ejemplar \$60.00

Bárbara Uribe Martínez
Ivonne Pedrin Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(6)174-5050
Ext: 26301 - 26004
E-mail: buribe@cicese.mx - ipedrin@cicese.mx

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





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