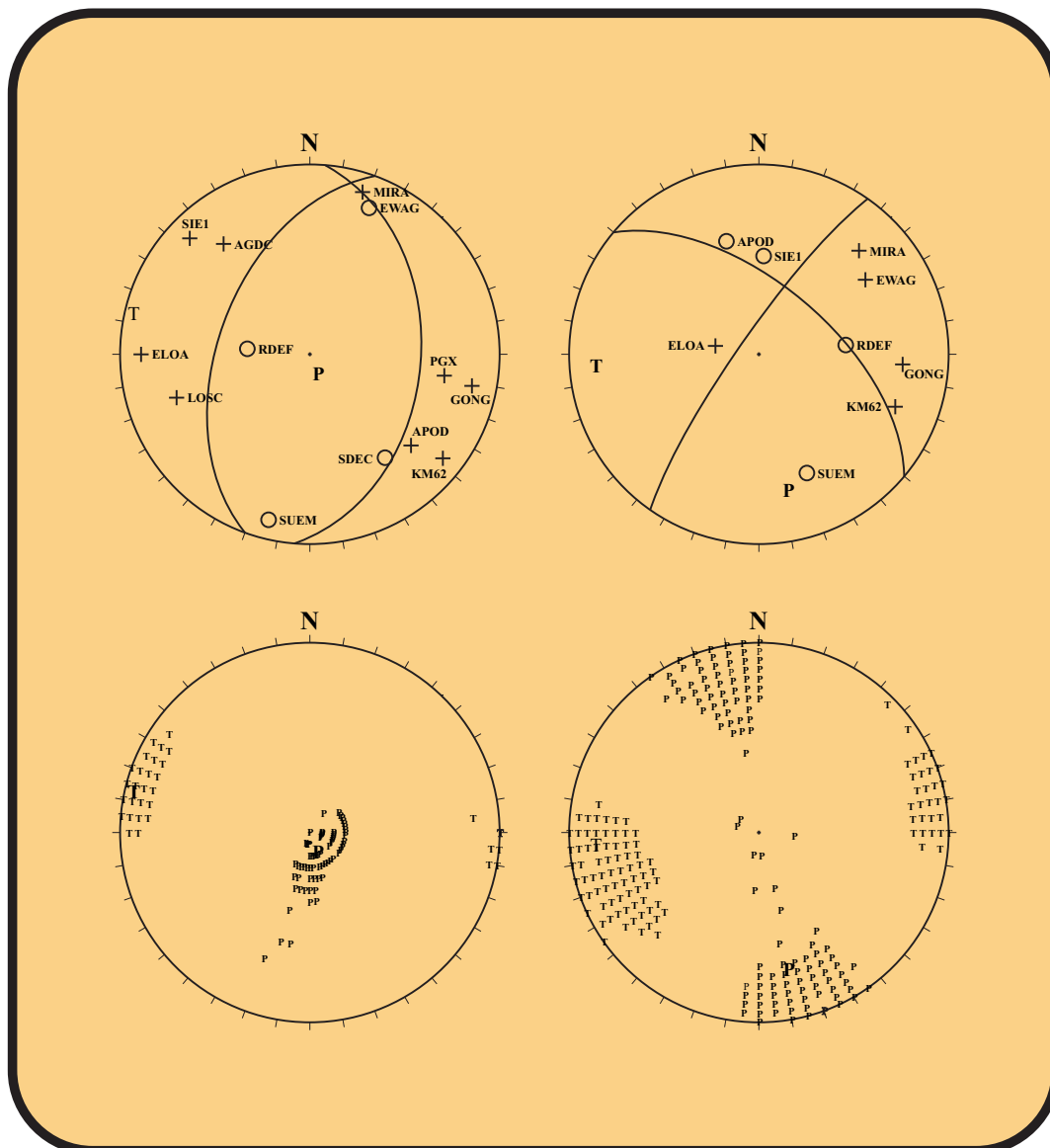


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 19

No. 3

Septiembre de 1999

GEOS

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

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

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

Dr. José Gómez Valdés
Presidente

Dr. Fernando García García
Vicepresidente

Dr. Edgar Pavía López
Secretario General

Dr. Josué Álvarez Borrego
Tesorero

Dr. Sóstenes Méndes Delgado
Secretario de Investigación

M.C. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Miguel Rodríguez González
Secretario de Educación

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

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

GEOS, Boletín Informativo de la UGM publica artículos y notas de investigación, divulgación, 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 Carretera Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, Baja California, México
Tel. (6) 174-5050, Ext. 26060
Fax: (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 Böhnelt, 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, Meteorología, Universidad Veracruz-Jalapa
Francisco José Sánchez Sesma, Ingeniería Sísmica, UNAM
Miguel Téllez, Sedimentología, UABC
Gustavo Tolson, Geología Estructural, Instituto de Geología, UNAM
Carlos Suárez Plascencia, Riesgo Geológico, Universidad de Guadalajara
Héctor Pérez de Tejada, Estudios Espaciales, Instituto de Geofísica, UNAM

Victor Manuel Frías Camacho
María Cristina Álvarez Astorga
APOYO TÉCNICO EDITORIAL

ÍNDICE

EDITORIAL	151
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS RESIDENCIALES Y PRONÓSTICO DE DAÑOS EN CASO DE SISMOS FUERTES EN LA CIUDAD DE COLIMA	152
<i>Vyacheslav M. Zobin y J. Francisco Ventura-Ramírez</i>	
DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE DESLIZAMIENTOS SALSIPUEDES-CÍBOLA DEL MAR, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA	159
<i>Cruz-Castillo, Manuel y Delgado-Argote, Luis A.</i>	
ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN	
CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS SOLUCIONES DE PLANO DE FALLA SÍSMICA OBTENIDAS MEDIANTE EL PROGRAMA FPFIT	175
<i>F. Alejandro Nava y José Frez</i>	
INTERCAMBIO BIÓTICO TERRESTRE ENTRE NORTE Y SUD AMÉRICA	179
<i>Marisol Montellano-Ballesteros</i>	
IMÁGENES ELECTROMAGNÉTICAS DEL INTERIOR DE LA TIERRA: PARTE VI	187
<i>Enrique Gómez Treviño</i>	
REPORTES	
DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EN LA VERTIENTE SUR DE LA SIERRA LAS VIGAS-TECUÁN, SAN JUAN COSALÁ, JOCOTEPEC, JALISCO	190
<i>Carlos Suárez Plascencia, Gustavo Saavedra de la Cruz y Lourdes Sánchez Vázquez</i>	
SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO	197
<i>GRUPO RESNOM</i>	
NOTICIAS DE LA UGM	
DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 1999	199
COMUNICACIONES	
REUNIÓN ANUAL 1999, UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.	208
INSTRUCCIONES PARA AUTORES DE ARTÍCULOS	215
FORMA DE ARBITRAJE	217

EDITORIAL

La revisión de las revistas mexicanas relacionadas con las Ciencias de la Tierra muestran un preocupante panorama debido al bajo número de trabajos que en ellas se publica. Independientemente de la calidad de los artículos, que poco se toma en cuenta al analizar los indicadores de productividad, hicimos un ejercicio simple para ver solamente la cantidad de artículos de investigación que se reciben en nuestras revistas, comparado con un número de referencia de publicaciones posibles.

Al cierre de este número de **GEOS**, hemos recibido 270 resúmenes para la Reunión Anual 1999, cantidad que se encuentra en el promedio de trabajos recibidos desde 1991. Desde 1996 **GEOS** da cabida a trabajos de investigación, divulgación, reportes y notas. Los dos primeros son arbitrados. Uno de los alicientes para transformar la revista fue que, de 1985 a 1995, el número de resúmenes enviados a la Reunión Anual se duplicó, lo que nos hizo pensar que ya existía un gran número de trabajos que podía garantizar una actividad editorial intensa, no solamente para **GEOS**, sino para todas las revistas de Ciencias de la Tierra que existen en el país. Además, la mayor parte de esos reportes tratan sobre aspectos relacionados con nuestro territorio.

Si se considera que la *mayoría* de los trabajos que se presentan en un congreso son producto de investigaciones que tienen un avance conceptual y de adquisición de datos de por lo menos el setenta por ciento, es fácil pensar que en el transcurso del año siguiente se podrían producir, digamos, unos 160 trabajos (en cualquiera de las formas aceptables por las revistas), equivalentes al sesenta por ciento de las investigaciones presentadas en esta reunión en particular. Por otro lado, la preocupación nuestra por enviar artículos a revistas extranjeras influye en el destino de muchos artículos, ya que éstos influyen en la permanencia en el SNI (sólo hay 252 investigadores de las disciplinas de geofísica, geología y oceanografía en las áreas I y II) y sirven para aumentar nuestros ingresos vía estímulos internos, independientemente del impacto local de nuestras investigaciones.

Suponiendo un buen escenario (para el prestigio nacional), en el que un tercio de los trabajos de Ciencias de la Tierra salen a revistas extranjeras, resulta que tan sólo 107 artículos estarían destinados para las revistas nacionales. Por otro lado, de una muestra de cuatro números recientes de éstas, se observa que anualmente, en promedio, Geofísica Internacional publica 28 artículos, la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 22, Ciencias Marinas 8 (oceanografía física y geología) y **GEOS** 21, para un total de 79.

Es seguro que la comunidad que escribe en las diferentes disciplinas de las geociencias escriba más de lo que las revistas anteriores muestran, sobre todo en otras revistas que no cuentan con arbitraje y/o se dirigen a aspectos más aplicados. Suponiendo que estas cifras se aproximan a la realidad, se desprende que en México se publica poco y que además cada vez se incentiva menos a hacerlo, lo que está orillando a adelgazar aun más nuestras revistas o, en el peor de los casos, a desaparecerlas.

¿Cómo podríamos responder a preguntas como: en dónde se archivan, o se publican, o se puede consultar la investigación que se efectúa en las áreas de las Ciencias de la Tierra en México?.

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS RESIDENCIALES Y PRONÓSTICO DE DAÑOS EN CASO DE SISMOS FUERTES EN LA CIUDAD DE COLIMA

Vyacheslav M. Zobin¹ y J. Francisco Ventura-Ramírez²

¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima, Colima, Col., 28045, México
E-mail: vzobin@cgc.icol.mx

² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima, Coquimatlan, Col., 28000, México

RESUMEN

La ciudad de Colima, capital del estado de Colima, México, está ubicada en una zona de alto riesgo sísmico. La zona de subducción de la Trinchera Mesoamericana y el sistema de fallas tectónicas locales pueden producir terremotos fuertes con intensidad hasta de IX en Colima. El objetivo de nuestro artículo es estudiar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones residenciales de la ciudad de Colima y construir las matrices de daños esperados para el pronóstico de los efectos de terremotos de intensidad de VI a IX (escala Mercalli Modificada, MM). El inventario preliminar de 150 edificaciones de la zona de estudio, en conjunto con datos de desarrollo urbano de la ciudad, nos permite dividirla en tres subzonas: subzona I (antigua, construida antes de 1950), subzona II (intermedia, construida en los años 1950 a 1970) y subzona III (moderna, construida después de 1970). Los resultados de cálculos de probabilidades de daños durante terremotos de intensidad VI a IX, para cada subzona, muestran que tres categorías de daños (fuertes, mayores y totales) son los más peligrosos para la vida de la ciudad. El temblor de intensidad VI prácticamente no va a producir daños significativos. El terremoto de intensidad VII puede ser dañino en la subzona I (11% de daños mayores y 39% de daños fuertes) y bastante sensible (18% de daños fuertes) en la subzona II. El terremoto de intensidad VIII representa real peligro de destrucción de la mitad de las edificaciones en la subzona I (9% de destrucciones totales y 49% de daños mayores), puede ser dañino (25% de daños mayores y 40% de daños fuertes) para edificaciones de la subzona II y bastante sensible en la subzona III (6% de daños mayores y 33% de daños fuertes). El terremoto de intensidad IX puede destruir la mayoría de edificaciones de las subzonas I y II y la mitad de edificaciones en la subzona III.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Colima, capital del estado de Colima, México, está ubicada en una zona de alto riesgo sísmico (Figura 1). La zona de subducción de la Trinchera Mesoamericana y el sistema de fallas tectónicas locales pueden producir terremotos fuertes con intensidad hasta de IX en Colima (Singh *et al.*, 1985; García Acosta y Suárez Reynoso, 1996). Durante este siglo, debido a los terremotos del 20 de enero de 1900, del 3 y 18 de junio de 1932, y del 15 de abril de 1941, originados en la zona de subducción, se produjeron efectos destructivos en la ciudad.

El objetivo de este artículo es presentar un estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones residenciales de la ciudad de Colima y construir las matrices de daños esperados para el pronóstico de los efectos de terremotos de intensidad de VI a IX (escala Mercalli Modificada, MM). El método de aplicación de matrices de daños para pronóstico de efectos destructivos de estructuras es popular en las investigaciones de riesgo sísmico y microzonificación (Soares López y Acosta Chang, 1998; Whitman, 1988), pero aún no han sido construidas matrices de vulnerabilidad para Colima.

METODOLOGÍA Y DATOS

La vulnerabilidad sísmica es el valor probabilístico de daño en la estructura para cada una de las intensidades posibles del movimiento del terreno (Caicedo *et al.*, 1996). La metodología del estudio de vulnerabilidad sísmica consta de tres etapas: (1) clasificación de las edificaciones, (2) inventario de las edificaciones, y (3) construcción de matrices de probabilidad de daños producidos con un terremoto (Whitman, 1988).

La ciudad de Colima es una ciudad típica de la parte central de México. Sus edificios residenciales son en su mayoría construcciones de uno o dos pisos. Por eso, la clasificación de mampostería es simple y tiene los tres grados: tipo A (buena calidad), tipo B (calidad intermedia) y tipo C (mala calidad) (Tabla 1). El estudio de efectos macrosísmicos del terremoto del 9 de octubre de 1995 (Mw 8.0), que ocurrió a distancia epicentral de 100 Km y fue sentido en la ciudad con la intensidad de IV a VI, mostró la dependencia de la intensidad observada contra el tipo de mampostería en Colima: para las edificaciones tipo A la intensidad promedio fue de 0.5 grados menos que para edificaciones tipo B y de 1.0 grados menos que para edificaciones tipo C (Zobin y Ventura-Ramírez, 1998).

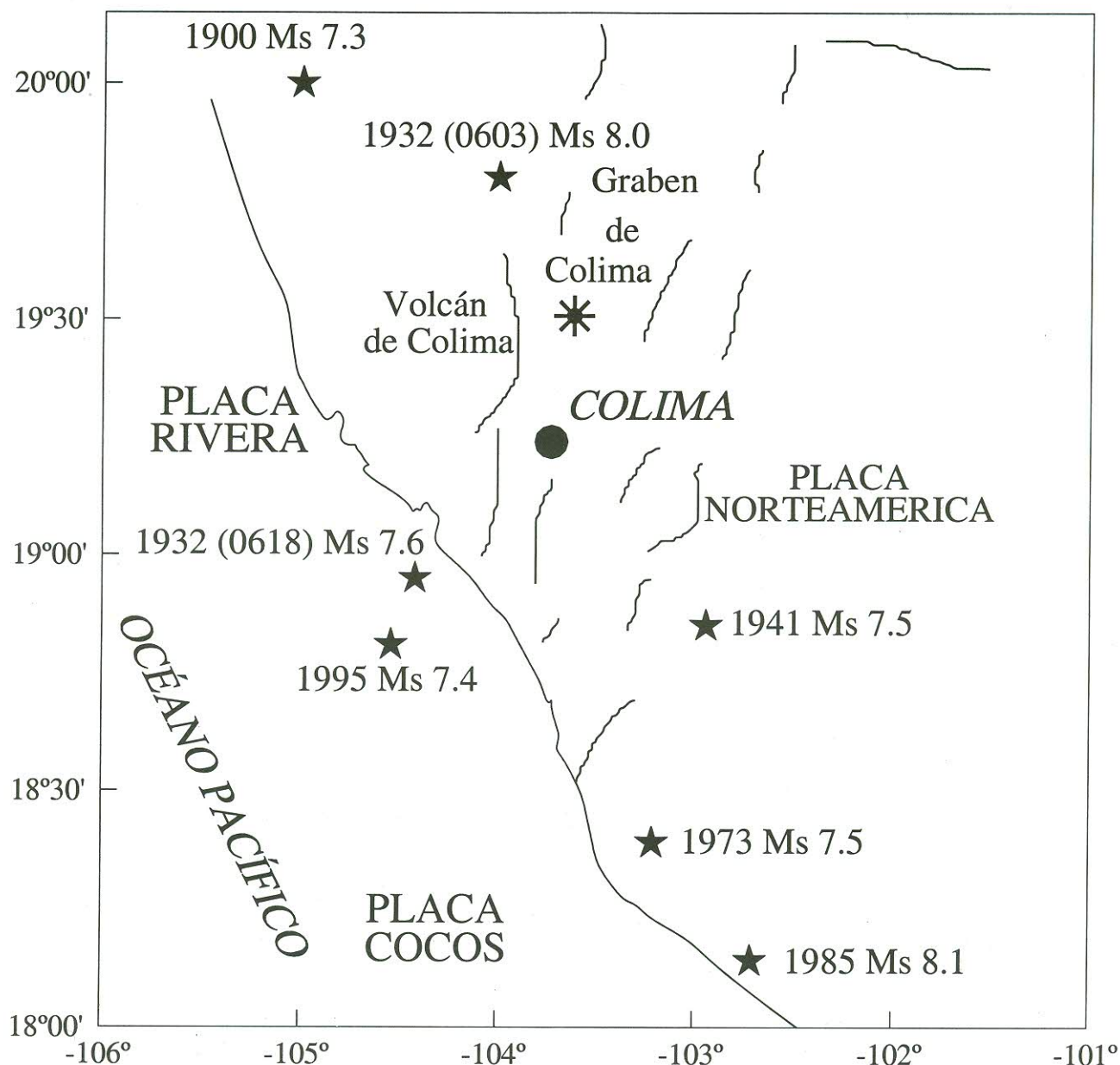


Figura 1. Situación sismotectónica en los alrededores de la ciudad de Colima. Las estrellas muestran los epicentros de los terremotos más grandes del siglo, con los datos y las magnitudes. Los epicentros y las magnitudes provienen del catálogo de Pacheco y Sykes (1992). Se muestra también (con el sistema de líneas) la zona de las fallas del Graben de Colima.

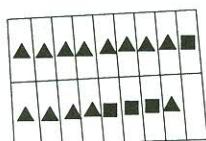
Tabla 1. Mampostería de edificaciones en Colima (Por Jesús Ríos Aguilar, Carlos Hugo Gutiérrez Lozano, Roberto Ríos Flores, Antonio Moreno Trujillo)

Tipo	Descripción
A	<i>Buena calidad:</i> Cimientos de mampostería de piedra con un mínimo de 70 cm de ancho en la base, para terreno regular a bueno con cadenas o dalas de concreto armado de 15 cm de ancho por 20 cm de alto, con castillos separados de 2.5 a 3 m como máximo, losa de 10 cm como mínimo de espesor de concreto armado, muros de 15 cm de espesor como mínimo, comúnmente con dos niveles de construcción.
B	<i>Media calidad:</i> Edificios reforzados construidos con diseños deficientes, materiales de media a buena calidad, comúnmente con muros de tabique de 15 cm, techos de concreto elaborados con control deficiente en la supervisión y regular aplicación de los materiales utilizados, tanto en los refuerzos como en los cementantes.
C	<i>Mala calidad:</i> Construcciones viejas construidas con adobe, construcciones recientes con bastante deficiencia en su calidad, así como carentes de elementos estructurales como castillos, ó dalas de cerramientos, con cubiertas de teja o láminas sin anclajes considerables.

154

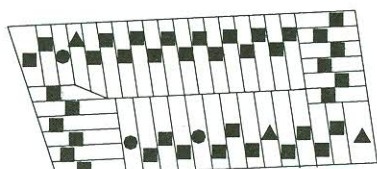
MANZANA TIPO, SUBZONA III

A 13 B 4 C 0



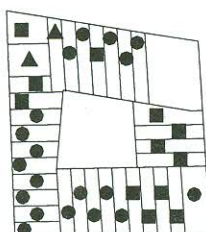
MANZANA TIPO, SUBZONA II

A 3 B 38 C 3



MANZANA TIPO, SUBZONA I

A 2 B 12 C 19



- ▲ MAMPOSTERÍA TIPO A
- MAMPOSTERÍA TIPO B
- MAMPOSTERÍA TIPO C

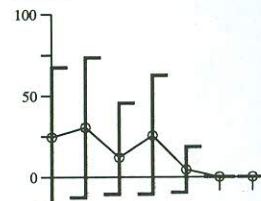
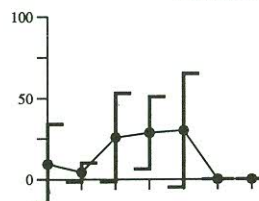
Figura 4. La distribución de mampostería de tres tipos dentro de cada manzana típica. El número de cada tipo de mampostería dentro de cada manzana está escrito cerca de cada manzana.

La Tabla 4 presenta los resultados de los cálculos de probabilidad de daños durante terremotos que producen intensidades VI a IX en Colima, para cada subzona. Tres categorías de daños (fuertes, mayores y totales) son las más peligrosas para la vida de la ciudad. Se puede apreciar que la intensidad VI prácticamente no va a producir daños significativos. La intensidad VII puede ser dañina en la subzona I (11% de daños mayores y 41% de daños fuertes) y bastante sensible (18% de daños fuertes) en la subzona II. El terremoto de intensidad VIII presenta real peligro de destrucción de la mitad de edificaciones en la subzona I (9%

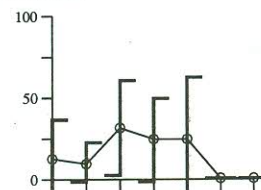
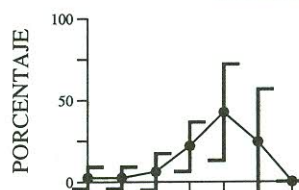
INTENSIDAD VIII

INTENSIDAD VII

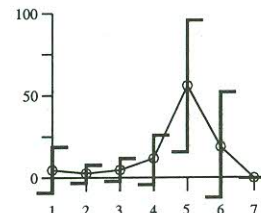
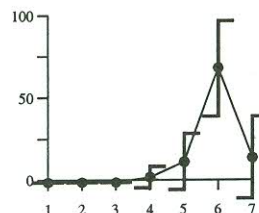
MAMPOSTERÍA TIPO A



MAMPOSTERÍA TIPO B



MAMPOSTERÍA TIPO C



ESTADO DE DAÑOS

1 NINGUNO 2 MENOR 3 LIGERO 4 MODERADO
5 FUERTE 6 MAYOR 7 TOTAL

Figura 5. Desviación estándar de las probabilidades de daños pronosticadas con el método de expertos, para tres tipos de mampostería, e intensidades MM VII y VIII.

de destrucciones totales y 49% de daños mayores), puede ser dañina (25% de daños mayores y 40% de daños fuertes) para edificaciones de la subzona II y bastante sensible en la subzona III (6% de daños mayores y 33% de daños fuertes). La intensidad IX puede destruir la mayoría de edificaciones de las subzonas I y II y la mitad de edificaciones de la subzona III.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El pronóstico de daños está basado en las observaciones visuales del tipo de mampostería y las matrices de probabilidad

Tabla 2. Clasificación del estado de daños (Según Whitman, 1988)

Estado de daño	Factor central de daño (%)	Descripción
Ninguno	0	Sin daño.
Menor	0.5	Daño que no necesita reparación.
Ligero	5	Daños que requieren de una reparación simple.
Moderado	20	Daños que requieren de una reparación importante.
Fuertes	45	Daños que requieren de una reparación costosa.
Mayores	80	Daños que requieren de un estudio de demolición y/o reparación.
Totales	100	Destrucción total de la mayoría de los elementos.

Nota: Factor central de daño es un costo promedio del daño expresado en porcentaje de costo actual.

La ciudad de Colima es un ejemplo de ciudad desarrollada como los anillos de árbol: la zona más antigua constituye el centro de la ciudad, las zonas más modernas están ubicadas en la periferia. Para el inventario de la mampostería de la ciudad fue elegida una zona que constituye aproximadamente el 20% del área residencial y representa todas las etapas de desarrollo urbano de ésta (Figura 2). El inventario preliminar de 150 edificaciones de la zona de estudio, en conjunto con datos de desarrollo urbano, nos permite dividirla en tres subzonas (Figura 3): subzona I (antigua, construida antes de 1950), subzona II (intermedia, construida en los años 1950 a 1970) y subzona III (moderna, construida después de 1970). Dentro cada subzona se realizó el inventario completo para una manzana típica (Figuras 3 y 4). La selección de la manzana típica fue producida de acuerdo con datos estadísticos de la distribución comparativa de las edificaciones de tipos diferentes en cada subzona de la ciudad. Los valores de daños probables fueron calculados para todas las edificaciones de las manzanas y después generalizados para las subzonas y toda la zona.

LA CONSTRUCCIÓN DE MATRICES DE DAÑOS

Las matrices de daños, o funciones de la vulnerabilidad, caracterizan las probabilidades de daños esperados para cada tipo de mampostería durante el terremoto, en función de su intensidad. Para la construcción de las matrices se usó el método de grupo de expertos. Ocho expertos colimenses con gran experiencia de trabajo en ingeniería sísmica (de 6 a 22 años) respondieron los cuestionarios sobre probabilidades de daños para tres tipos de mampostería afectados por terremotos de intensidades MM de VI a IX. Estos cuestionarios fueron preparados para los siete grados de daños (Tabla 2). Después de un estudio estadístico, los valores promedios de probabilidades asociadas a cada grado de daño, para todos los tipos de mampostería considerados, y las intensidades MM de VI a IX, constituyen la matriz de daños probables (Tabla 3). La Figura 5 muestra la desviación estándar de los valores individuales para las intensidades VII y VIII.

PRONÓSTICO DE DAÑOS EN LA CIUDAD DE COLIMA

La Tabla 3 es la básica para el pronóstico de daños para edificaciones colimenses. Para el cálculo de daños probables en cada subzona, podemos usar el siguiente procedimiento. Construimos las fórmulas:

$$P = k(A)p(A) + k(B)p(B) + k(C)p(C);$$

$$k(A) = N(A) / N(A+B+C);$$

$$k(B) = N(B) / N(A+B+C);$$

$$k(C) = N(C) / N(A+B+C).$$

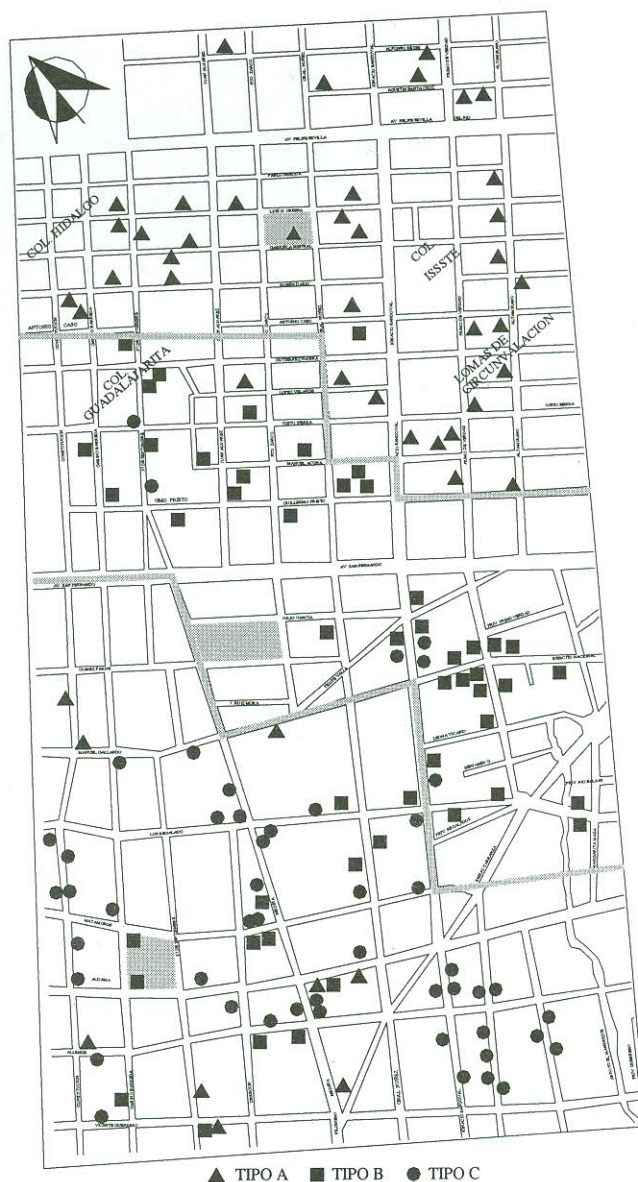


Figura 3. La distribución de los tres tipos de mampostería (A, B y C) dentro de la zona de estudio. Las fronteras entre las tres subzonas se muestran con líneas grises continuas. Tres manzanas típicas se muestran con áreas de sombra. La flecha en la parte izquierda de la figura indica la dirección al norte.

Donde P es la probabilidad del estado de daños para una intensidad MM y un estado de daños de la Tabla 2, $p(A, B, C)$ es la probabilidad del estado de daños de la mampostería tipo A, B o C para esa intensidad de la Tabla 3; y $k(A, B, C)$ es el coeficiente de peso para cada tipo de mampostería en una manzana típica con el número de edificaciones $N(A+B+C)$ de mampostería tipo A, B, y C.

Entonces, con cálculos según esas ecuaciones, para el terremoto que produce una intensidad VII en la manzana típica de la subzona I, donde de las 33 edificaciones tenemos 2 de tipo A, 12 de tipo B y 19 de tipo C, podemos estimar que la probabilidad de los daños fuertes es de 41% y la de daños mayores de 11%.

Tabla 3. Matriz de probabilidad de daños (en %) para tres tipos de mampostería e Intensidades MM VI a IX

Estado de daños	Tipo A				Tipo B				Tipo C			
	VI	VII	VIII	IX	VI	VII	VIII	IX	VI	VII	VIII	IX
Ninguno	65	25	9	6	33	12	3	0	13	5	0	0
Menor	7	31	9	3	32	9	3	1	20	3	0	0
Ligero	22	13	31	2	20	31	5	4	10	5	0	0
Moderado	6	26	25	11	15	24	22	7	34	12	3	0
Fuerte	0	5	26	29	0	24	43	20	23	56	13	0
Mayor	0	0	0	49	0	0	24	59	0	19	69	43
Total	0	0	0	1	0	0	0	9	0	0	15	57

Tabla 4. Pronóstico de daños de edificaciones residenciales en la ciudad de Colima (en %) para intensidades MM de VI a IX en las subzonas I, II y III

Estado de daños	VI			VII			VIII			IX		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Ninguno	24	34	57	8	11	22	1	2	7	0	0	5
Menor	24	29	13	6	9	24	2	3	5	1	1	3
Ligero	18	20	22	16	31	18	4	8	22	2	4	2
Moderado	25	16	8	11	24	26	11	21	27	3	7	15
Fuerte	9	1	0	41	18	10	24	40	33	9	19	24
Mayor	0	0	0	0	11	1	49	25	6	49	57	49
Total	0	0	0	0	0	0	9	1	0	36	12	2

de daños preparadas con grupo de expertos. Los criterios más importantes para la estimación del tipo de mampostería con observaciones visuales fueron muy simples: la calidad de materiales, el diseño y la edad de las casas. Estos criterios son suficientes para trabajar con la Tabla 1.

Los errores en la estimación del tipo de mampostería dependen mucho de los errores individuales de cada investigador. Por eso, es mejor usar las observaciones de la misma persona. El estudio de las intensidades del terremoto del 9 de octubre de 1995 en la ciudad de Colima (Zobin y Ventura-Ramírez, 1998) mostró que se puede esperar un error en la clasificación de edificaciones de aproximadamente 5-10%.

El grupo de expertos preparó los valores de probabilidades de daño con una diferencia en juicio más significativa. Este efecto es normal para trabajo de expertos (ver, por ejemplo, Figura 6 en Whitman, 1988). Ellos pueden determinar claramente el grupo de daños más probables, pero sus opiniones sobre la probabilidad del estado de daño más probable puede ser diferente. La Figura 5 ilustra que la mayor diferencia en sus opiniones se presenta para los estados de daño más decisivos. Para los efectos de la intensidad VIII podemos ver que en el caso de mampostería tipo A la diferencia mayor se produce para el pronóstico de daños con mayor probabilidad: ligeros, moderados y fuertes. Para mampostería tipo B tenemos la misma situación: la diferencia mayor para estados de daños con probabilidad máxima: fuertes y mayores. Lo mismo para la mampostería tipo C: la mayor diferencia en opiniones del valor de probabilidad de daño la tenemos para daños mayores, más probables.

La comparación de las matrices de daños, construidos para la mampostería de la ciudad de Colima, con las matrices calibradas normativas para el estado de California, EE.UU. (ATM-13, 1985), muestra que nuestras curvas de la distribución de la probabilidad de daño (ver la Figura 5) no son bastante monotónicas con la variación del estado de daño. Probablemente ello es resultado del número bajo de expertos, por un lado, y de la heterogeneidad de las edificaciones dentro de cada uno de los tres tipos de mampostería, por otro lado. Además, la clasificación más detallada en las condiciones de la ciudad de Colima, no va a mejorar significativamente el estudio.

Nuestro pronóstico de daños para la ciudad de Colima se puede comparar con observaciones de efectos destructivos de los terremotos previos. Las descripciones de los eventos de 1932 (efectos conjuntos de los terremotos del 3 y 18 de junio) y de 1941 muestran los daños producidos en Colima por terremotos:

1932. "Es muy posible que alrededor del 50% de las construcciones quedaran prácticamente inhabitables" (Cumming, 1933). Singh *et al.* (1985) han estimado la intensidad de los terremotos de 1932 como VIII para evento del 3 de junio y IX para el 18 de junio.

1941. De 8,000 casas de la ciudad de Colima unas 3 mil (38%) fueron demolidas (El Universal, 1941) y 900 (11%) (Silva, 1978) o 2,000 (25%) (El Universal, 1941) se derrumbaron. El Universal (1941) publicó la intensidad VIII para el evento de 1941.

Como podemos ver, después de los terremotos de 1932 hubo alrededor de 50% de daños mayores y totales; después del terremoto de 1941 hubo 38% de daños mayores y 11% (o 25%) de daños totales. Las estimaciones de daños de los eventos de 1932 y 1941 son comparables con nuestro pronóstico para la subzona I, donde la ciudad estuvo ubicada por esos años. Se puede ver que los daños y estimaciones de intensidad de los eventos de 1932 y 1941 están en buena coincidencia con el pronóstico de efectos de un terremoto que provocara una intensidad VIII en la subzona I (9% daños totales y 49% daños mayores).

De acuerdo con la buena coincidencia de nuestro pronóstico para la subzona I con las observaciones de los efectos de los terremotos de 1932 y 1941, podemos esperar que nuestro pronóstico para las zonas más modernas (II y III) sea también adecuado. Por eso, se puede predecir que las intensidades hasta VII no van a producir daños peligrosos para las casas modernas en la ciudad de Colima. El terremoto que induce una intensidad VIII va a ser dañino, pero no se puede esperar un gran número de víctimas en estas subzonas. Al mismo tiempo, las casas ubicadas en subzona I son peligrosas para la vida de sus habitantes. Es necesario plantear la reconstrucción de casas en la zona antigua de la ciudad de Colima.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Ingenieros J. C. Tejeda Jácome, H. Saucedo Acosta, A. Sandoval Salas, F. Brizuela Gudiño y F. Pérez Ramírez, los Arquitectos F. Olmedo Buenrostro y J. Mendoza Jiménez, el M. en C. G. Cerrato Oseguera, por su participación en el trabajo de grupo de expertos. Los comentarios de J.G. Acosta Chang y Dr. M. Rodríguez fueron muy importantes para mejorar el manuscrito. Este trabajo fue patrocinado por el CONACyT a través del proyecto regional SIMORELOS 97-030-4004.

REFERENCIAS

- ATM 13, Applied Technology Council, 1985. Earthquake Damage Evaluation Data for California. Federal Emergency Management Agency, Redwood City, California.
- Caicedo, C., Yépez, Canas, J.A. y Barbat, A.H., 1996. Vulnerabilidad sísmica de edificios en entornos urbanos para estudios de riesgo. En: F.Vidal, M. Espinar y J.A. Esquivel (editores) Homenaje en Honor al Profesor Fernando de Miguel Martínez, Universidad de Granada. pp. 97-117.
- Cumming, J.L., 1933. Los terremotos de junio de 1932 en los estados de Colima y Jalisco. Revista Mensual de la Universidad de México, mayo-junio, tomo VI, No 31 432, 68-104.
- El Universal, 1941. Año 25, tomo XCVIII, No. 9,424-9,427. 17-20 de abril. México, D.F.
- García Acosta, V. y Suárez Reynoso, G., 1996. Los Sismos en la Historia de México. Ediciones Científicas Universitarias. México. 718 p.
- Pacheco, J.F. and Sykes, L.R., 1992. Seismic moment catalog of large shallow earthquakes, 1900 to 1989, Bull. Seismol. Soc. Amer., 82, 1306-1349.
- Silva, C.M., 1978. Colima Víctima del Terremoto del 15 de abril de 1941. Club del Libro Colimense, Colima.
- Singh, S.K., Ponce, L. and Nishenko, P.S., 1985. The great Jalisco, Mexico, earthquakes of 1932: Subduction of the Rivera Plate, Bull. Seismol. Soc. Amer., 75, 1301-1313.
- Soares López, J. y Acosta Chang, J., 1998. Microzonación sísmica de la ciudad de Ensenada, B.C. GEOS, 18, 265.
- Whitman, R.V., 1988. Earthquake loss estimation methodology. In: A. Vogel and K. Brandes (Editores) Earthquake Prognostics, F. Vieweg & Sohn, Wiesbaden, pp. 259-278.
- Zobin, V.M. and Ventura-Ramirez, J.F., 1998. The macroseismic field generated by the Mw 8.0 Jalisco, Mexico, earthquake of 9 October 1995, Bull. Seism. Soc. Am., 88, 703-711.

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE DESLIZAMIENTOS SALSIPUEDES-CÍBOLA DEL MAR, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Cruz-Castillo, Manuel¹ y Delgado-Argote, Luis A.²

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

E-mail: mcruz@www.imp.mx

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

E-mail: ldelgado@cicese.mx.

RESUMEN

Se estudiaron las rocas sedimentarias del Cretácico Tardío de la Fm. Rosario y las rocas volcánicas miocénicas de la Fm. Rosarito Beach en la zona de acantilados Salsipuedes, entre los kilómetros 84 y 98 de la carretera de cuota Tijuana-Ensenada. En esta región se encuentran deslizamientos, tanto activos como antiguos, asociados a escarpes topográficos, fallamiento regional y a las rocas sedimentarias de la Fm. Rosario. Se describen las fallas regionales que evidencian la intensa actividad tectónica a la que está sometida la zona. La dirección del buzamiento de las rocas sedimentarias coincide con la dirección de desplazamiento de los deslizamientos y, —frecuentemente,— con la dirección de la pendiente. Para el análisis y la interpretación estructural se colectaron 733 datos. Se describen los mecanismos de ruptura en las partes de bloques deslizados y se analiza la deformación regional, que es similar a la observada en el NW de la península y borde continental, regida por fallamiento de desplazamiento lateral derecho.

INTRODUCCIÓN

Los rasgos topográficos escarpados a lo largo de la costa al norte de la ciudad de Ensenada, Baja California, entre los kilómetros 84 y 98 de la carretera escénica Tijuana-Ensenada, sugieren actividad geológica reciente. Morfológicamente la zona está caracterizada por acantilados grandes y deslizamientos de tierra. Algunos acantilados representan cabeceras de deslizamientos antiguos, donde el nivel del terreno se ha desplazado hasta 100 m; estos deslizamientos han generado paisajes espectaculares, especialmente atractivos para la construcción de casas habitación y de la carretera panorámica. Es una zona donde el riesgo de deslizamiento es alto y donde la vulnerabilidad de las obras civiles es mayor. Los cantiles se han desarrollado preferentemente en sedimentos marinos del Cretácico superior, preservados por una cubierta de derrames de lavas del Mioceno medio que los corona.

Debido a que la península de Baja California forma parte del borde de la placa Pacífico, en el área de estudio ocurre una importante actividad tectónica. Esta actividad se concentra en la Zona de Cizalla Semirrígida del Sur de California, definida por Legg *et al.* (1991) y en el límite oriental de la provincia geológica del Borde Continental (Gastil *et al.*, 1975). Esta zona de cizalla es una microplaca que está flanqueada por fallas dextrales que llegan a producir sismos de $M \geq 7.0$; la más cercana de estas estructuras a la zona de estudio es la Falla El Descanso-Estero, localizada en el océano pacífico, a la que también se le asocian patrones sísmicos de enjambre.

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza a 12 km al noroeste de la ciudad de Ensenada, abarca una superficie de 42.5 km² (Figura 1); colinda al sur y al poniente con el Océano Pacífico, al norte con la Mesa El Tigre, formada por derrames de basalto, y al oriente, con lomeríos redondeados de distinta litología (Figuras 2 y 3).

En el modelo fisiográfico de la Figura 2 resaltan los arroyos El Tigre (T), con orientación N-S, la culminación del Arroyo El Carmen (C) con orientación NE y el Arroyo El Junco (J), orientado hacia el NE. Al noroeste se distingue la Cañada Pescadero (CP) orientada al noreste; también sobresalen las mesas flanqueadas por grandes acantilados, como la Mesa El Tigre (MT) ubicada en el norte del área de estudio. Su elevación es de 340 metros sobre el nivel del mar (msnm), y es el elemento topográfico más alto de toda la zona, con pendientes que varían entre 1° y 9°. El límite occidental de la meseta coincide con acantilados costeros que tienen pendientes hasta de 85°, algunos de los cuales corresponden a antiguas cabeceras de deslizamientos. La Mesa San Miguel (MSM), en la parte meridional, tiene aproximadamente 4 km², su altura promedio es de 200 msnm y está disectada por El Cañón El Tigre. Al oriente el relieve lo forman lomeríos con pendientes entre 10° y 30° y elevaciones máximas de alrededor de 160 msnm.

La región que aquí se nombra Acantilados Salsipuedes (AS, Figura 2) presenta un paisaje de fuertes pendientes y tiene la densidad de arroyos más grande de la zona. Las pendientes varían entre 10° y 45° y son más suaves en el interior del área

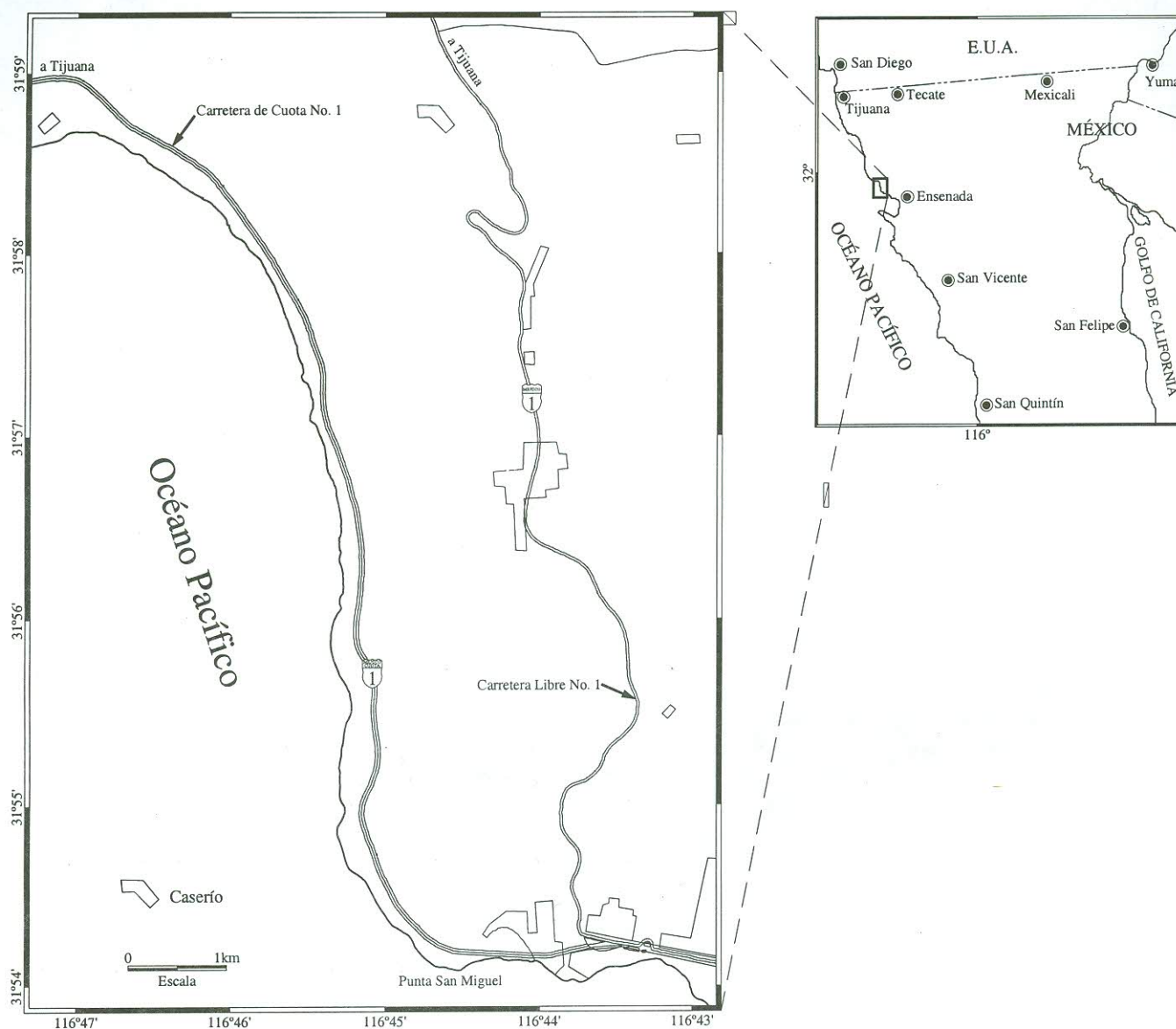


Figura 1. Mapa de la región norte del Estado de Baja California. Se indica el área de estudio que se sitúa a 12 km al NW de la Ciudad de Ensenada y está limitada al poniente por el Océano Pacífico.

que en la costa. En el interior las pendientes varían entre 1° y 30° y las cimas de los cerros alcanzan elevaciones hasta de 320 msnm.

TRABAJOS PREVIOS

Algunos trabajos realizados en el área explican el fenómeno de los deslizamientos en San Miguel; sin embargo, la mayoría de estos trabajos carece de un estudio geológico estructural y se enfocan a localizar los deslizamientos y describir parte de la historia del movimiento del terreno. Una importante contribución han sido las investigaciones hechas por diversos autores, cuyos resultados aparecen en los libros guía de excursiones geológicas en la Baja California que ha publicado la South Coast Geological Society, entre los que

destacan los de Ashby (1989), Miller y Abbott (1989), Abbott *et al.* (1993) y Hart (1993). El Primer trabajo de detalle es el de Rico *et al.* (1969), quienes publicaron los estudios hechos para la Secretaría de Obras Públicas, donde muestran los deslizamientos activos de esa época y concluyen en que la construcción de la autopista reactivó algunos deslizamientos. Minch (1972) realizó un trabajo analizando diapositivas infrarrojas tomadas con bajo ángulo y fotografías aéreas para hacer un mapa de reconocimiento entre el Descanso y Punta San Miguel. Distinguió diferentes tipos de fallas, de las cuales las más importantes son las que se orientan NNW y afectan a los derrames de basalto. Concluyó que el fallamiento regional controla la distribución de los deslizamientos, pues los acantilados son paralelos a uno o más sistemas de fracturas. Posteriormente, Hart (1993) propuso que el deslizamiento de 1976 cerca de la caseta de cobro de San Miguel probablemente

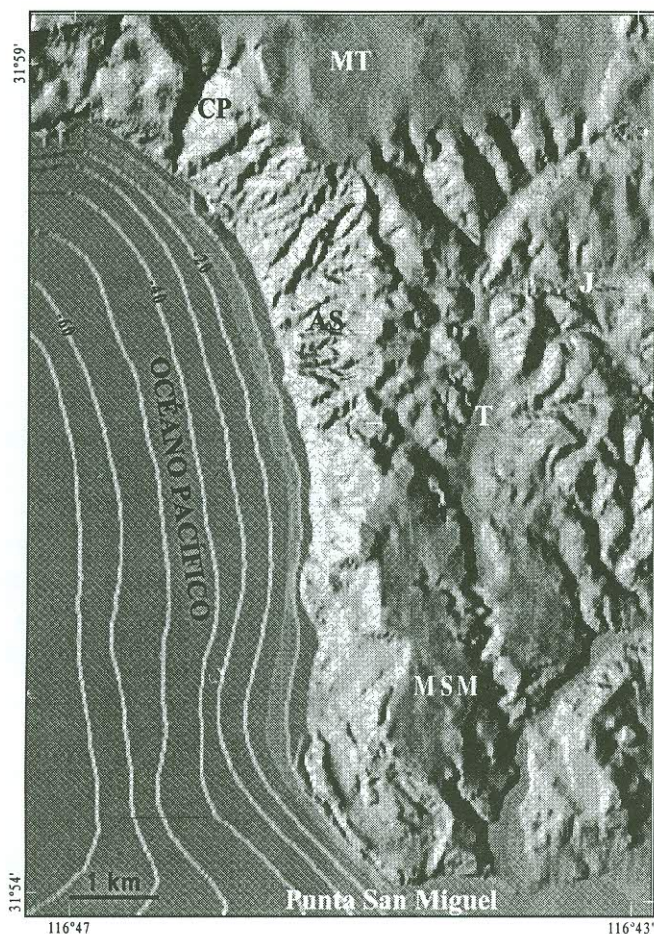


Figura 2. Modelo topográfico exagerado tres veces. En la iluminación artificial el Sol se encuentra en el poniente a 30° sobre el horizonte. Sobresalen la Meseta El Tigre (MT) en el norte, la Mesa San Miguel (MSM) en el sur, grandes acantilados en la costa (Acantilados Salsipuedes, AS), lomeríos redondeados en el este y sureste, Arroyo el Carmen (C), Arroyo El Tigre (T), Arroyo El Junco (J) y Cañada Pescaderos (CP). Isobatas en metros.

se desarrolló a lo largo de una zona de ruptura basal preexistente. Morales-Pérez (1995) detalló la litología del sitio y caracterizó los deslizamientos, principalmente el cercano a la caseta de cuota, donde encontró que los factores que los controlan se asocian a fallas y fracturas, a la estratificación y su dirección de buzamiento, a la litología y a pendientes mayores al 20%.

MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio se localiza en la provincia geológica del Borde Continental (Gastil *et al.*, 1975), formada por rocas sedimentarias de la Fm. Rosario del Cretácico tardío que descansan 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 (Figura 3).

Enseguida se describen estas unidades litológicas en orden estratigráfico ascendente.

FORMACIÓN ALISITOS

El basamento en la zona está constituido por rocas volcánicas y volcaniclásticas metamorizadas en la facies de esquistos verdes de la Formación Alisitos. En otras localidades, algunas facies sedimentarias de esta formación contienen fauna del Aptiano-Albiano (Minch, 1967; Almazán-Vázquez, 1988). Los afloramientos más importantes de esta formación se encuentran en la margen occidental de Baja California, en una franja definida desde el límite con Estados Unidos hasta la mitad de la península. En la zona de estudio la formación está pobremente expuesta, sin embargo, aflora ampliamente hacia el oriente del área de trabajo y en la zona de Ensenada. En la zona de estudio la unidad está representada por algunos depósitos de lapilli acrecional, mientras que hacia el sur predominan los depósitos volcanoclásticos.

FORMACIÓN ROSARIO

En el área de estudio la Fm. Rosario sobreyace discordantemente a la Fm. Alisitos. Está formada por una alternancia de sedimentos marinos del Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano (Abbott *et al.*, 1993) que cambia a facies continentales y marinas profundas. Contiene fósiles marinos, está pobremente consolidada y poco deformada. Yeo (1984) la dividió en los miembros inferior, medio y superior. Los dos últimos afloran en la zona de estudio.

Miembro medio

Aflora principalmente en el Arroyo El Carmen y a lo largo de casi toda la línea de costa. En Punta San Miguel (Figura 2) se pudo diferenciar una facies no consolidada distribuida en aproximadamente 4 km². Litológicamente es una arenisca de grano medio a fino, color pardo claro. Entre sus constituyentes son abundantes los fragmentos de roca de la Fm. Alisitos. 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 los estratos de conglomerados de espesores variables. 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. 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 ellas 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. La parte central de este miembro 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

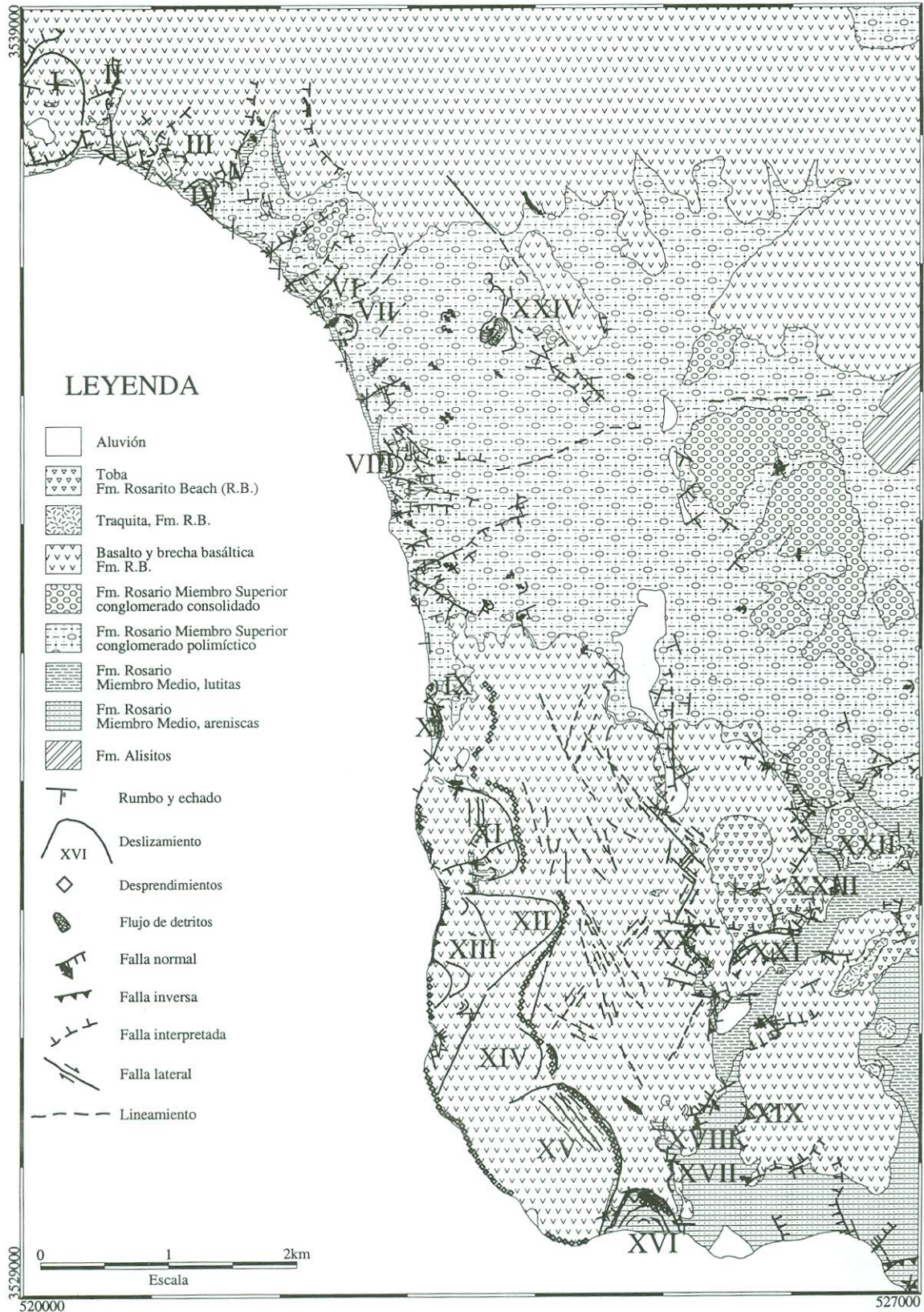


Figura 3. Mapa geológico del área de estudio. Los deslizamientos están numerados del I al XXIV, de los cuales, son activos el VIII, XVI y XX. La unidad litológica dominante en el área corresponde a los derrames de basalto de la Fm. Rosario Beach y debajo de éstos, en los acantilados, la Fm. Rosario aflora ampliamente. Las fallas con línea continua fueron medidas en el campo y las punteadas fueron interpretadas de fotografías aéreas o son extensión de las observadas.

paleocanales y los cambios bruscos en la sedimentación indican que se trata de una secuencia de Bouma incompleta, que se observa muy bien en el km 92 de la carretera de cuota Tijuana-Ensenada (Yeo, 1984a). El *Baculites occidentalis* sugiere un ambiente sublitoral interior y profundo y condiciones marinas normales (Miller y Abbott, 1989).

Miembro Superior

Esta unidad aflora en el centro y norte del área cartografiada, ocupando casi el 50% de la zona. Es un conglomerado polimíctico de color pardo-blanco, que intemperiza a pardo rojizo y se caracteriza por su gradación inversa. Sus clastos miden entre 2 y 20 cm de diámetro, predominando los de 10 cm. Los fragmentos están bien redondeados, mal seleccionados y bien consolidados en una matriz arenosa rica en cuarzo. Sus estratos son de diferente espesor (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 de hasta 1 m de diámetro del Miembro Medio. Los contactos entre el Miembro Medio y Superior son transicionales, pero se manifiestan morfológicamente por un ligero cambio de menor a mayor pendiente del terreno, debido a la mayor competencia del Miembro Superior.

FORMACIÓN ROSARITO BEACH

En el área de estudio la Fm. Rosarito Beach sobreyace discordantemente a la Fm. Rosario. La Fm. Rosarito Beach se distribuye en la costa occidental de Baja California, entre la Sierra Peninsular y el Borde Continental. Está formada por derrames de basalto, brechas y arenas con matriz de lodo, tobas de lapilli, tobas cristalinas, areniscas tobáceas, sedimentos diatomáceos, areniscas, calizas y conglomerados, característicos de ambientes fluviales, lacustres y de plataforma marina somera (Minch *et al.*, 1984; Ashby 1989). La Formación se divide en 10 miembros (Ashby, 1989), de los cuales siete fueron originalmente descritos por Minch (1967) y los otros tres por Minch *et al.* (1984). El miembro más antiguo (La Misión) aflora desde la localidad de La Misión hasta el área de estudio. Los derrames de basalto ocupan el 25% de ésta y afloran extensamente en el sur y norte, ocupando las partes topográficas altas (Figura 3).

Miembro La Misión

En los derrames del Miembro La Misión predomina la textura porfirítica vesicular; la laminación es común en algunos flujos y el fracturamiento columnar se desarrolla principalmente en la cima. El espesor se estima en 200 m (Minch *et al.*, 1984). Es común el basalto de olivino, que es más cristalino en la parte superior de los afloramientos y los derrames brechados con arena y limo atrapado durante el flujo. En la parte SE del área aflora traquita color rosa coronando algunas lomas. Los derrames de basalto forman grandes mesetas de decenas de km²; algunos de ellos contienen diques

de arena de 5 a 20 cm de anchura emplazados en fracturas. Se interpreta que el emplazamiento de los diques se debe a actividad hidrotermal y presión confinante del cuerpo de basalto al depositarse sobre arenas saturadas con agua.

Ashby (1989) propuso que estas rocas extrudieron en la margen occidental de la Cuenca Rosarito Beach. La parte meridional de la cuenca se expone en San Miguel, donde ocurrió una acumulación progresiva de derrames de basalto. Su origen está relacionado a la deformación transtensional de la plataforma continental de California y Baja California, durante el Oligoceno Superior y el Mioceno Inferior a Medio (Minch *et al.*, 1984; Ashby, 1989). De acuerdo con 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).

En el contacto entre las rocas sedimentarias y volcánicas existe una serie de tobas líticas, pumicíticas y arenosas de color rosa-blanco con espesores que varían entre 10 y 200 cm. Están distribuidas en estratos irregulares que siguen la antigua topografía y que han sido quemados por los derrames de basalto. Las tobas son más abundantes hacia la parte oriental de la zona de estudio.

ESTRUCTURAS REGIONALES Y SISMICIDAD

El área de estudio se localiza al oriente de la provincia estructural y fisiográfica Borde Continental Californiano (Gastil *et al.*, 1975), que se caracteriza por un cizallamiento dextral durante el Cenozoico Tardío (Legg *et al.*, 1991). Regionalmente, la zona está afectada por fallas con arreglo paralelo orientadas N30°W y N40°W (Figura 4). De acuerdo con Legg *et al.* (1991) esta provincia es una zona tectónicamente activa que forma parte de la Zona de Cizalla del Sur de California (Southern California Shear Zone), que rota en sentido opuesto al de las manecillas del reloj. El movimiento general está gobernado por el Sistema San Andrés-Golfo de California en donde se han identificado fallas que pueden generar sismos hasta de magnitud (M) = 7 (Frez y González, 1991). Dentro del Borde Continental los sismos son escasos, pero los epicentros se alinean con las fallas (Legg *et al.*, 1991).

Las fallas activas que rodean a la zona de estudio se presentan en la Figura 4 y se describen a continuación:

Sistema San Miguel-Vallecitos-Calabazas. Este conjunto de fallas es sísmicamente muy activo; forma un sistema con arreglo *en echelón* entre las fallas Calabazas, Vallecitos y San Miguel (sureste de la Figura 4). A la Falla Vallecitos se le asocia el temblor de Guadalupe M = 5.7 de 1949, mientras que a la Falla San Miguel se le asocian los temblores de 1954 de M = 6 y 6.3 (Frez y González, 1991) y los de San Miguel, que provocaron un rompimiento de 20 km el 9 y 14 de febrero de 1956, con magnitud local (M_L) = 6.8 (Shor y Roberts, 1958; Gastil *et al.*, 1975; Reyes *et al.*, 1975; Frez y González, 1991; Suárez *et al.*, 1991).

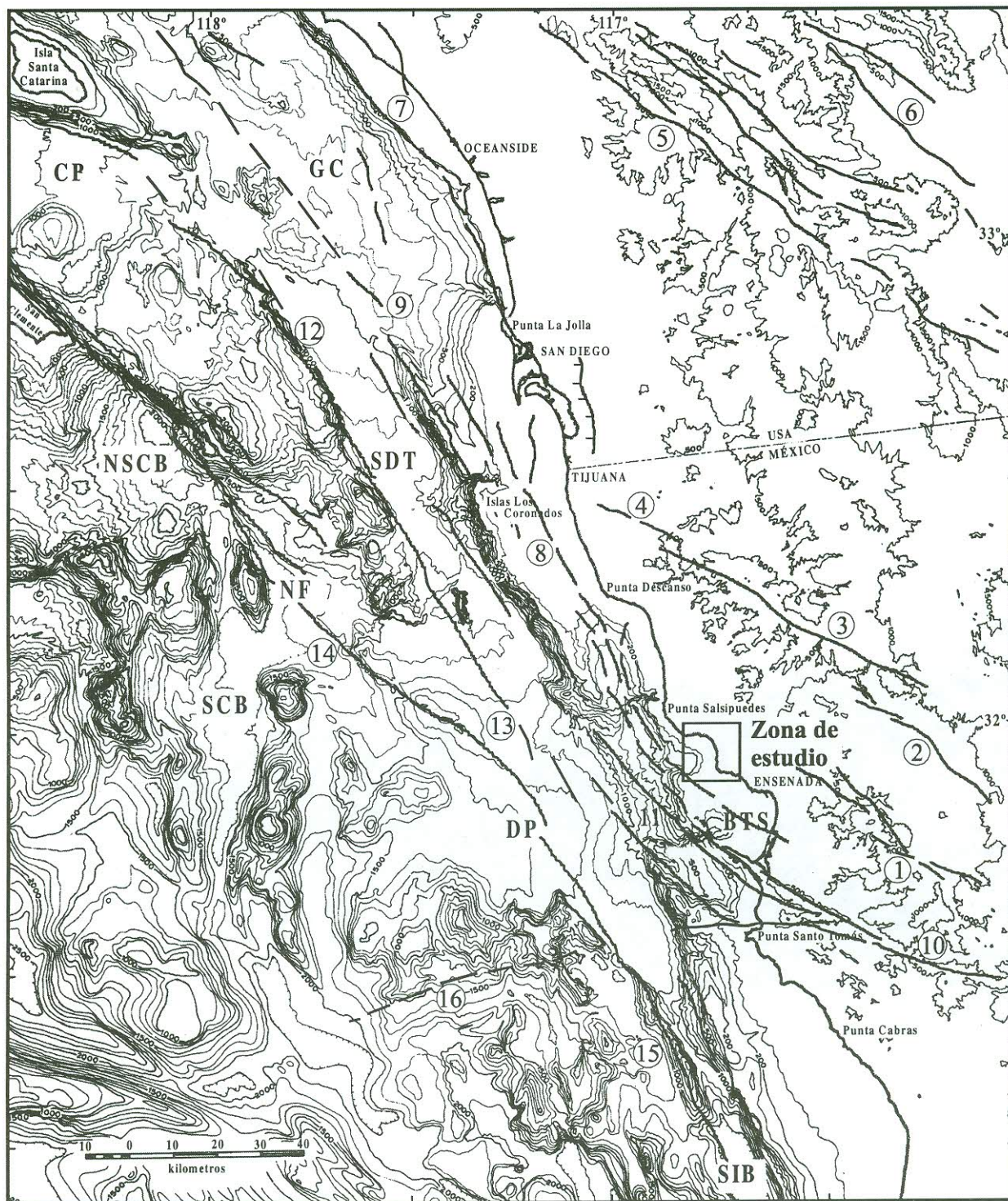


Figura 4. Fallamiento regional alrededor de la zona de estudio. Las fallas se separan en peninsulares y de borde continental (localizadas en ambiente marino); las fallas inferidas se indican con línea discontinua. Es notorio que las fallas del borde están más cerca al área de estudio. 1. Falla Tres Hermanos, 2. Falla San Miguel, 3. Falla Vallecitos, 4. Falla Calabazas, 5. Falla Elsinore-Laguna Salada, 6. Falla San Jacinto, 7. Falla Newport-Inglewood-Rose Canyon, 8. Falla El Descanso-Estero, 9 y 10. Falla Coronado Bank-Falla Agua Blanca, 11. Falla Maximinos, 12 y 13. Falla Depresión de San Diego-Bahía Soledad, 14 y 15. Falla San Clemente-San Isidro y 16. Falla Santo Tomás. De la batimetría sobresale la correlación entre algunas fallas y los relieves acentuados, así como los montículos interpretados como volcánicos. Las cuencas más profundas son: CB = Cuenca Santa Catalina, GC = Golfo de Santa Catalina, NSCB = Cuenca Norte de San Clemente, SDT = Depresión de San Diego, NF = Abanico Navy, SCB = Cuenca Sur de San Clemente, DP = Planicie Descanso, BTS = Bahía de Todos Santos, ET = Depresión Ensenada y SIB = Cuenca San Isidro (modificado de Legg *et al.*, 1991).

Falla Tres Hermanos. Esta falla se considera parte del sistema de fallas San Miguel-Vallecitos (Suárez *et al.*, 1991); sin embargo, su asociación no es muy clara y no ha sido estudiada en detalle. Su localización se ha obtenido de la interpretación de fotografías aéreas e imágenes de satélite, así como del alineamiento de sismos.

Falla Elsinore-Laguna Salada. Esta es una falla activa dextral oblicua que probablemente rompió el 23 de febrero de 1892, provocando un sismo de $M = 7-7.5$ (Shor y Roberts, 1958; Mueller y Rockwell, 1991).

Falla El Descanso-Estero. Entre Punta Salsipuedes y la costa meridional de Ensenada, la Falla El Descanso-Estero está identificada con certeza a partir de perfiles batimétricos y sísmicos de reflexión y se puede continuar a lo largo del tramo SE del escarpe meridional de la zona de Ensenada (Legg *et al.*, 1991). Es la falla más cercana a la zona de estudio y se identifica de tipo lateral derecho. Su extensión hacia la bahía de Ensenada no es clara y consiste de numerosas discontinuidades subparalelas con arreglo *en echelón* en tramos menores a 10 km.

La zona de **Falla Coronado Bank-Agua Blanca** es la más compleja por sus numerosas discontinuidades subparalelas con arreglo *en echelón*, saltos derechos e izquierdos y anastomosados, bien definidos por el relieve. La Falla Coronado Bank se une con la Falla Agua Blanca, caracterizada por su baja sismicidad (Allen *et al.*, 1960; Rockwell *et al.*, 1987; Ortega, 1988; Frez y González, 1991; Suárez *et al.*, 1991; Suárez, 1993). La Falla Coronado Banks tiene una orientación $N30^{\circ}W$ y el rumbo de la Falla Agua Blanca es $N70^{\circ}W$ dentro de la península.

Falla Maximinos. Esta falla lateral derecha con componente normal se interpreta como subsidiaria de la Falla Agua Blanca por su paralelismo y cercanía. Se localiza al sur de la península Punta Banda.

Falla Depresión de San Diego-Bahía Soledad. La depresión de San Diego-Zona de Falla Bahía Soledad tiene una longitud aproximada de 50 km y está formada por fallas continuas que cortan a sedimentos cuaternarios cercanos a la costa (Legg *et al.*, 1991).

Falla San Clemente-San Isidro. El sistema de fallas San Clemente tiene más de 300 km de longitud. Se localiza en el extremo occidental del interior del Borde Continental y abarca la zona de cizalla definida por las fallas San Clemente y San Isidro y por fallas laterales subparalelas. Las evidencias morfológicas indican movimiento lateral derecho que ha sido documentado por medio de perfiles sísmicos de reflexión. Su porción meridional se ha interpretado como transtensiva (Wong *et al.*, 1987; Legg *et al.*, 1991; Legg, 1991). Debido a que esta estructura corta sedimentos jóvenes, Legg *et al.* (1991) infieren que su movimiento principal ha ocurrido desde el Cuaternario. La Falla San Isidro ha presentado enjambres de temblores con magnitudes cercanas a 5 en un área localizada

a unos pocos kilómetros al NW del poblado de San Quintín, ubicado a 200 km al sur de Ensenada.

Las fallas anteriores son todas de tipo lateral derecho y presentan velocidades de desplazamiento desde 1 mm hasta 6 cm por año, aunque los desplazamientos de las fallas del Borde Continental son difíciles de estimar (Rockwell *et al.*, 1987; Ortega, 1988; Armijo y Suárez, 1981; Legg *et al.*, 1991; Legg, 1991; Suárez *et al.*, 1991; Suárez, 1993). La presencia de estas fallas hace que la zona sea de alto riesgo sísmico; los mecanismos focales son consistentes con el sentido de desplazamiento inferido y los epicentros son paralelos a las trazas de las fallas (Legg *et al.*, 1991).

Al occidente de la península de Punta Banda hay una zona de pliegues en sedimentos del Cuaternario con ejes orientados E-W mostrando una dirección N-S de máximo acortamiento asociado a un segmento de la Falla San Isidro (15 en la Figura 4). La intensidad del fallamiento y del plegamiento se incrementa al NW, en el Borde Continental (Legg *et al.*, 1991).

Numerosas elevaciones de terrazas marinas en Punta Banda, Isla Todos Santos y alrededor de la Punta Santo Tomás indican un levantamiento importante que ha ocurrido en áreas adyacentes al sistema de la Falla Agua Blanca (Rockwell *et al.*, 1989). Por esta razón, la península de Punta Banda es interpretada como un horst (Gastil *et al.*, 1975).

La actividad sísmica en el área de estudio es de baja magnitud, pero no deja de ser importante debido a la inestabilidad propia del terreno, dadas las altas pendientes y la poca competencia de las rocas. En la Figura 5 se muestra la actividad sísmica registrada alrededor de la zona por la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM). A partir de la base de datos utilizada en las determinaciones epicentrales, los resultados son de calidad regular (C) y mala (D), lo que provoca que los epicentros tengan errores de localización hasta de 10 km y que la mayoría de sus errores cuadráticos medios (RMS) sea menor a 0.50. En la Figura 5 también resalta la sismicidad asociada con la Falla San Miguel y el enjambre sísmico en la Bahía Todos Santos. El patrón predominante para la región de Salsipuedes es de algunos enjambres, como los registrados en mayo-junio de 1939 ($M_L = 3-5$), cuando se presentaron 2 en un lapso de 55 días. Otro enjambre ocurrió en los meses de abril y mayo de 1968, localizado muy cerca de los Acantilados Salsipuedes (Wong *et al.*, 1987). En este último se registraron dos sismos moderados, $M_L = 4.5$ y 4.3 (Tabla I) en un lapso de 12 minutos. Los sismos de $M > 3$ cercanos a la zona se consignan en la Tabla I.

La Falla Agua Blanca representa un riesgo sísmico importante en la zona, pues tiene posibilidades de generar un temblor de $M > 6$, debido a que ha estado en silencio sísmico por un tiempo largo y poco conocido; sin embargo, con base en estudios de suelo, geomorfológicos y observaciones estructurales, se encontró que la falla ha presentado sismos de $M_L > 6$. Además, se ha documentado que se ha estado desplazando con una velocidad promedio de 4 mm/año, sin generar sismos grandes (Rockwell *et al.*, 1987).



Figura 5. Mapa de la distribución de epicentros sísmicos en los alrededores de la zona de estudio, elaborado con la base de datos de RESNOM. Sobresale la sismicidad entre las fallas San Miguel y Tres Hermanas y el enjambre sísmico en la Bahía de Todos Santos. Estas determinaciones tienen una incertidumbre de aproximadamente 10 km.

En la Figura 5 se puede observar que el área con mayor actividad corresponde a la traza de la Falla San Miguel-Vallecitos, donde se concentran y alinean la mayoría de los sismos y definen una zona sismogénica potencial que en un momento dado podría disparar deslizamientos en la región de los Acantilados Salsipuedes.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Para el cálculo de los esfuerzos regionales en el área de estudio, los datos estructurales fueron manipulados con el programa de Sperner *et al.* (1993).

ESTRATIFICACIÓN

Las únicas rocas con estratificación continua en toda el área de estudio pertenecen a la Fm. Rosario. Las tobas de la

Fm. Rosarito Beach tienen una estratificación pobremente desarrollada y su extensión es restringida (Figuras 2 y 4).

Para este trabajo se colectaron 175 datos de estratificación, de los cuales, 146 corresponden a la Fm. Rosario y 29 a la Fm. Rosarito Beach. En la roseta de la Figura 6a se muestran los datos de estratificación correspondientes a la Fm. Rosario, mismas que no se separaron por áreas ni por orientaciones ya que no muestran tendencias particulares. Los buzamientos se orientan hacia el suroeste, donde se observan dos concentraciones principales: una entre 180° y 190° y otra centrada entre 240° y 250°. La inclinación de las capas es marcadamente menor a 20° (Figura 6b).

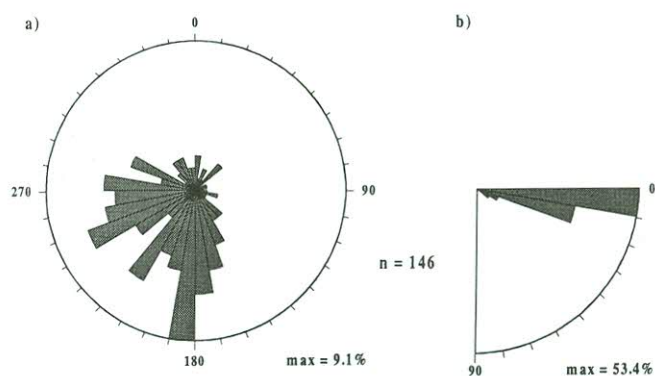


Figura 6. Actitud de 146 datos de buzamiento de la estratificación en la Fm. Rosario. a) Roseta que indica la dirección del echado de los estratos. Aquí se aprecia que los echados en su mayoría se orientan hacia el S y el SW. b) Inclinación preferente del echado en los estratos de la Fm. Rosario. Las capas buzcan en su mayoría de 0 a 10 grados.

En la Formación Rosarito Beach el buzamiento de las tobas no muestra alguna tendencia preferente (Figura 7a). En la roseta de la Figura 7b se observa que las inclinaciones son menores a 20°.

ANÁLISIS DE FALLAMIENTO

Las premisas para calcular el tensor de esfuerzos de acuerdo con la teoría de Coulomb son: 1) que el vector del deslizamiento (estría) es paralelo al vector de cizalla máxima sobre el plano de falla, el cual es producido por un tensor regional de esfuerzos; 2) que el medio es homogéneo; 3) que cada falla actúa aisladamente y 4) que no hay rotación de bloques discretos (Angelier, 1984; Angelier, 1990; Nieto-Samaniego, 1996). Con respecto al último punto, es importante aclarar que, a pesar de que el área de estudio se

Tabla I. Sismos con $M > 3$ localizados en el área de estudio y muy cercanos a ella. A.B.= Falla Agua Blanca, T.H.= Falla Tres Hermanas, B.T.S.= Bahía Todos Santos.

AÑO	MES	DÍA	HORA	LAT. N	LONG. W	Z	M_L	FUENTE	LUGAR
1968	abril	10	104237.8	31.992	116.917	10	4.5	Legg, 1991	B.T.S.
1968	abril	10	105503.2	31.939	116.883	10	4.3	Legg, 1991	B.T.S.
1968	abril	23	131825.4	32.113	116.783	10	4.2	Legg, 1991	B.T.S.
1968	abril	23	132234.8	31.970	116.683	10	4.0	Legg, 1991	B.T.S.
1995	sep.	9	105047.0	31.716	116.688	10	3.72	RESNOM	A. B.
1996	marzo	5	2:21	31.872	116.509	7.5	3.8	RESNOM	T. H.

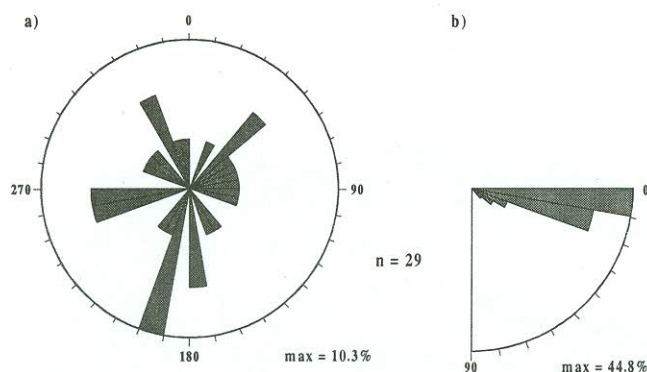


Figura 7. Actitud de 29 datos de buzamiento de la estratificación de las tobas de la Fm. Rosarito Beach. a) Dirección del echado de la estratificación que aparentemente sigue la paleotopografía. b) Inclinación del echado de los estratos de las tobas de la Fm. Rosarito Beach. Se observa que la mayoría se inclina menos de 10°.

encuentra en una zona de cizalla regional, las únicas rotaciones observadas se localizan solamente en los bloques desplazados.

FALLAS

En este trabajo se presentan 733 datos de fallas con estrías, de los cuales 459 se encuentran en la Fm. Rosario, 217 en la Fm. Rosarito Beach y 57 afectan a ambas unidades litológicas. En las zonas donde se reconocieron conjuntos de fallas con orientaciones distintas se supuso que ocurrieron eventos de deformación distintos. Para el análisis del campo de esfuerzos se dividieron las fallas en dos grandes grupos: 1) las asociadas a los deslizamientos y 2) las asociadas con el campo de esfuerzos regional.

DEFORMACIÓN POR GRAVEDAD

Las fallas asociadas a los deslizamientos son aquellas que se encuentran dentro de los cuerpos desplazados. En los casos en los que la solución del análisis dinámico de estas discontinuidades estructurales no corresponde con la orientación del tensor regional de esfuerzos se ha interpretado que su origen se asocia con los mismos deslizamientos.

En la Figura 8 se muestra el análisis dinámico de las fallas cartografiadas en el interior de bloques sujetos a deslizamientos. Cuando se trata de un deslizamiento activo, la orientación de σ_3 se distingue fácilmente porque en todos los bloques es la misma. Se observó que en el interior de los bloques el fracturamiento es paralelo a las cabeceras. En la misma figura es notable el estereograma del sitio F, que

corresponde al deslizamiento activo de la caseta de cobro de San Miguel y define muy bien el movimiento del bloque hacia el sur (XVI en Figura 8). En este sitio todas las estrías se midieron en la cabecera y dentro del cuerpo del deslizamiento.

Los estereogramas de los sitios D, E y G de la Figura 8 muestran un fallamiento inverso localizado al pie de su deslizamiento correspondiente, donde ocurre compresión horizontal, tal y como se muestra esquemáticamente en la Figura 9. En el estereograma del sitio A (Figura 8) la solución del análisis dinámico indica fallamiento normal, el cual fue obtenido utilizando datos en la traza principal de la falla y en el fallamiento secundario asociado. En el estereograma K de la Figura 8 se muestran las fallas medidas en los flancos del deslizamiento, cuya solución concuerda con la indicada en el esquema de la Figura 9.

De las soluciones dinámicas obtenidas en los estereogramas de los sitios A, D, F y G, correspondientes a los deslizamientos I, XIII, XVI y XVIII (Figura 8) y de las observaciones hechas en el campo, se encontró que presentan las estructuras características que se muestran esquemáticamente en la Figura 9 y que se sintetizan en la Tabla II. En los sitios B, C, H, I y J de la Figura 8, se observan soluciones de fallamiento normal medidos en el cuerpo de los respectivos deslizamientos.

DEFORMACIÓN REGIONAL

El fallamiento asociado con el campo de esfuerzos regional se muestra en las Figuras 10 y 11. Los datos de falla se separaron en dos figuras debido a que pertenecen a campos de esfuerzo diferentes. Este análisis se hizo sin discriminar las diferentes litologías y se utilizaron los datos medidos en el sitio que se señala, así como estructuras medidas hasta a 100 m de distancia.

A continuación se presenta el análisis dinámico de los sitios del área de estudio. Para ponderar los datos se consideraron el tamaño de las fallas y su continuidad, desplazamiento neto o aparente, grosor de la salbanda, entre otros. La presentación de los resultados está dividida en grupos de sitios cuyas soluciones resuelven diferentes tipos de fallamiento.

DEFORMACIÓN POR UN PAR DE FUERZAS

En la Figura 10 se distinguen cuatro tipos de fallas, diferenciadas con base en el tipo de fallamiento y que indican una mecánica de deformación compleja, por lo que su conjugación es necesaria para que nos lleve a una solución

Tabla II. Partes de un deslizamiento y sus fallas asociadas

Parte del deslizamiento	Estructura asociada	Deformación observada
Corona	Fallas normales y fracturamiento extensional	Extensión
Cabecera	Fallas normales	Extensión
Cuerpo	Fallas normales y bloques levantados con ángulo alto	Extensión
Flanco	Fallas laterales	Movimiento lateral
Frente	Fallas inversas	Compresión

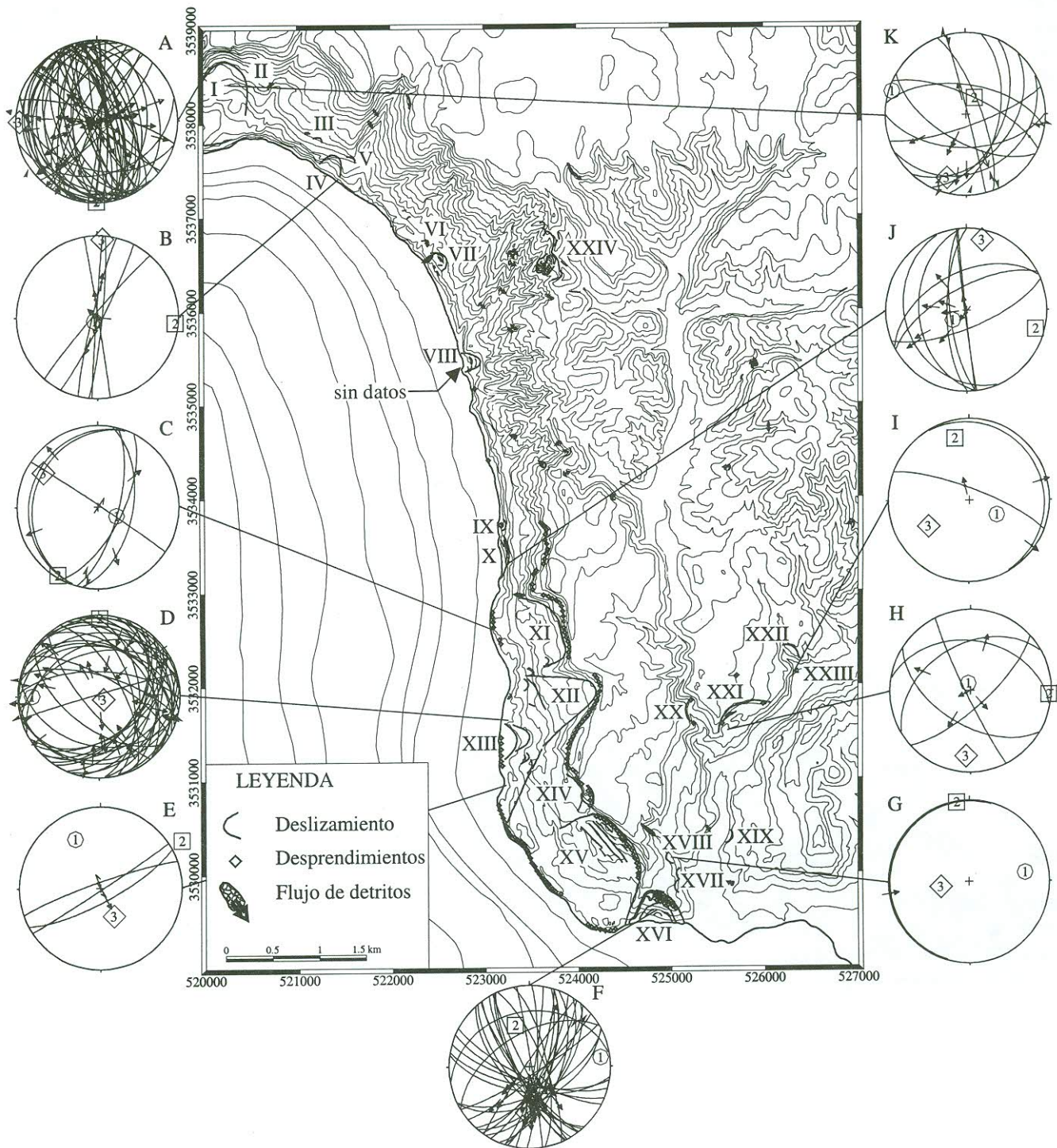


Figura 8. Análisis de esfuerzos en zonas afectadas por deslizamientos. La mayoría de los conjuntos tienen pocos datos de estrías, excepto los sitios A, D y F. El estereograma del sitio F corresponde al deslizamiento activo cercano a la caseta de San Miguel (XVI), en el cual se define muy bien el movimiento del terreno hacia el sur. El estereograma del sitio D muestra un fallamiento inverso al pie del deslizamiento XII.

satisfactoria. El primer tipo está representado por las fallas laterales derechas del estereograma 2 de la Figura 10; tienen un rumbo NNW y desplazamiento de algunos metros. El segundo tipo notable de fallas, en este caso, de desplazamiento lateral izquierdo y escaso normal, está representado en el

estereograma 3. En este, no se observa un agrupamiento preferente en el rumbo de las fallas debido a que se trata de estructuras secundarias. En este caso el desplazamiento también alcanza varios metros y afecta a varias unidades litológicas. A este grupo pertenecen las fallas de los sitios 1,

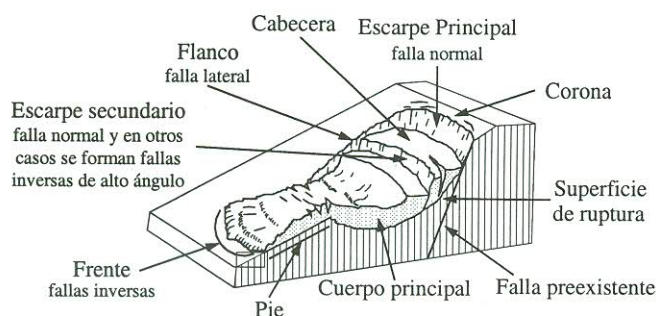


Figura 9. Esquema de un deslizamiento de tipo rotacional donde se muestran sus partes y el tipo de fallas asociadas a ellas (modificado de Varnes, 1978).

5, 6, 10, 13 y 15, cuya orientación dominante se encuentra entre $N40^{\circ}W$ y $N40^{\circ}E$. Las fallas medidas en los derrames de basalto de la Fm. Rosarito Beach no están bien preservadas, por lo que no se pudo estimar la magnitud de su desplazamiento. Estas fallas tienen un arreglo general *en echelón* con salto a la derecha, como se observa en la región de la Mesa San Miguel.

El tercer tipo está representado por fallas normales de rumbo dominante hacia el NNW y afecta a las rocas de la Fm. Rosarito Beach. Los sitios en que se observan estas estructuras son: 7, 8, 9, 14 y 16 (Figura 10). En los estereogramas 7, 8 y 9, σ_3 muestra una clara dirección ENE-WSW, mientras que en los sitios 14 y 16 la orientación de σ_3 es hacia el SSE y N con σ_2 en el plano ENE-WSW.

El cuarto tipo de fallas está integrado por fallas inversas con rumbo E-W, con saltos aparentes entre 0.40 y 4 m. Estas estructuras se intercalan con fallas normales de pequeño salto aparente (4 cm), similares a las del sitio 12. Los sitios donde se identificaron estructuras compresionales son el 4 y el 11.

Los cuatro tipos de fallas son más o menos consistentes con la geometría de una zona de cizalla derecha orientada $N40^{\circ}W$, como la representada en el elipsoide de deformación de la Figura 10, donde las fallas normales están dispuestas de forma paralela a la dirección de compresión regional (Tchalenko, 1970; Hancock, 1985).

OTRA DEFORMACIÓN

Se observó una deformación diferente a la descrita en los párrafos anteriores. Esta se presenta en la Figura 11, donde sobresale el fallamiento normal en dos direcciones, uno con rumbo al ENE representado en los sitios 19, 21, 22 y 25, donde las fallas muestran saltos aparentes hasta de 4 m, con excepción del sitio 25, donde la solución dinámica indica un régimen oblicuo. En el sitio 21, en la villa Cíbola del Mar, dos fallas principales son responsables de la deformación en esa zona. Estas fallas normales tienen desplazamientos mayores a 5 m y afectan a las rocas volcánicas de la Fm. Rosarito Beach y a las sedimentarias de la Fm. Rosario. En el sitio 22 se cartografiaron fallas normales de bajo ángulo con rumbo ENE-WSW que afectan a rocas sedimentarias de la Fm.

Rosario y son similares en orientación y dimensiones a las observadas en el sitio 19. El fallamiento oblicuo del sitio 25 tiene la misma orientación que las fallas normales del sitio 19 en el Acantilado Salsipuedes; sin embargo, el sentido de movimiento horizontal, aunque importante, no se puede definir debido a la escasez de los datos. Los desplazamientos verticales aparentes en la mayoría de estas fallas son del orden de los 4 m.

El segundo tipo de fallamiento tiene rumbo E-W pero con menor inclinación, como se muestra en el sitio 20. Este sitio se localiza en el Arroyo El Tigre y el análisis dinámico indica una extensión en dirección N-S, que no se puede asociar a la geometría de cizalla representada en la Figura 10, por lo que esta zona con fallamiento de bajo ángulo puede representar a un bloque discreto que corresponde de manera distinta al patrón regional de esfuerzos.

La deformación en los sitios 18, 23, 24 y 26 es poco consistente con las tendencias observadas en las zonas aledañas, por lo que se considera local o secundaria, generada por el acomodo de bloques. En el sitio 18 se observaron fallas con desplazamientos del orden de los 5 cm que afectan únicamente a la Formación Rosario, por lo que se asocian con el fallamiento normal del sitio 19. En el sitio 24 las fallas tienen desplazamientos hasta de 60 cm y afectan sólo a la Fm. Rosarito Beach. Con respecto al sitio 23, el fallamiento es normal de rumbo NNW-SSE, con desplazamientos mayores a los 2 m y sólo afecta a rocas de la Fm. Rosario. La dirección de extensión en esta zona es similar a la obtenida en el sitio 14 (Figura 10), pero no se asocia al par de fuerzas dextrales debido a que están localizadas en el deslizamiento XXIII (Figura 8).

INTERPRETACIÓN

El buzamiento de la estratificación de las rocas de la Fm. Rosario en el área de estudio es menor a 10° , persistente hacia el SW. Este comportamiento estructural favorece el desarrollo de los deslizamientos gravitacionales a lo largo de la costa, ya que el echado de las capas y la dirección de la pendiente coinciden.

En la zona costera de la zona de estudio (sitio 1, Figura 10) y en la parte central del área, representada por los sitios 2 y 3 (Figura 10) se observa una deformación similar a la reportada en el borde continental (Legg et al, 1991; Legg, 1991). El fallamiento en estos sitios tiene la particularidad de que se encuentra junto a las cabeceras de los deslizamientos antiguos definiendo una clara relación entre las fallas regionales y los límites de las cabeceras de los deslizamientos.

De la descripción de la geometría de deformación tectónica indicada en la Figuras 10 y 11 se pueden identificar 8 estilos de deformación relacionados con la cizalla derecha:

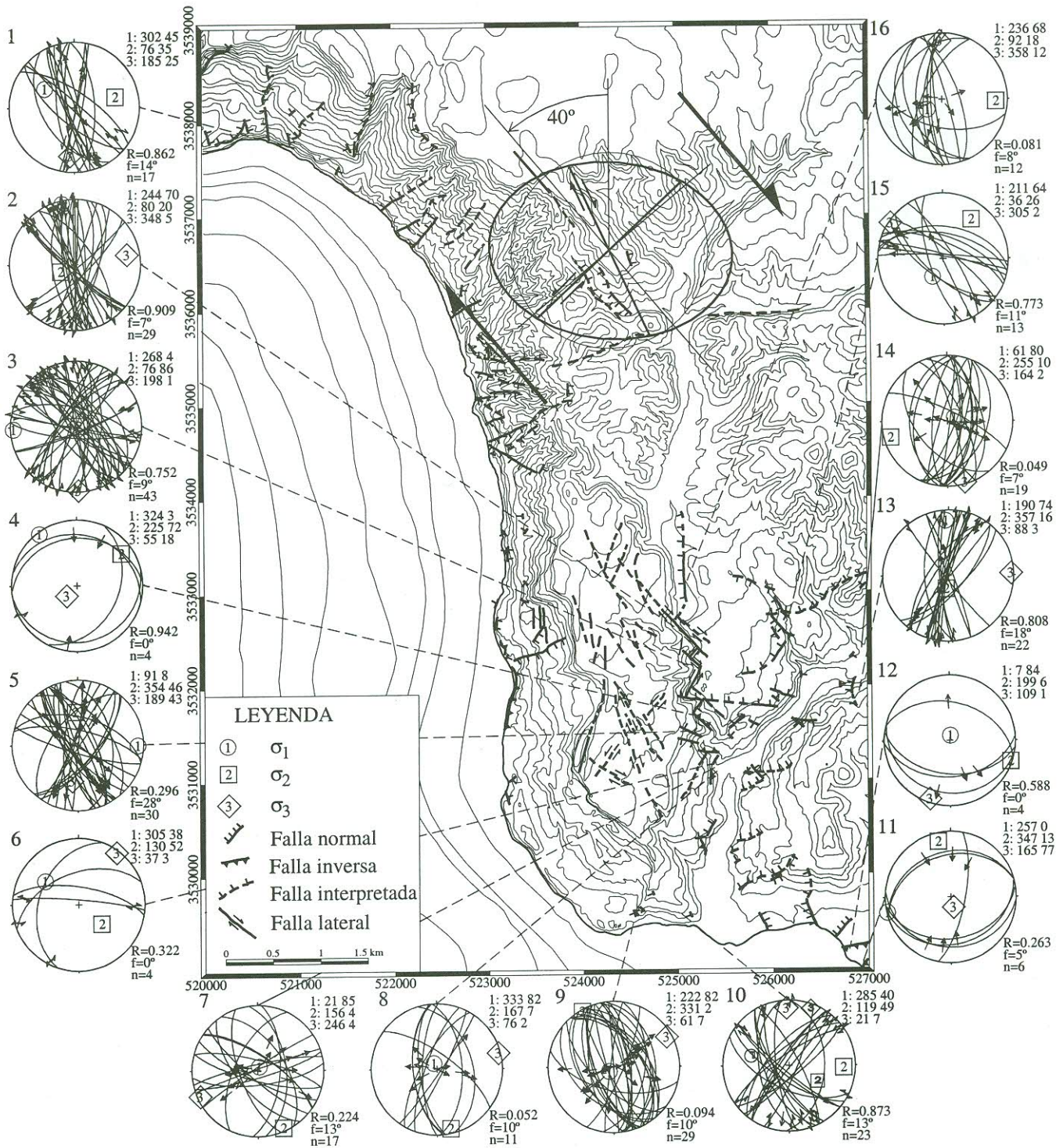


Figura 10. Análisis de la deformación regional del área de estudio, la cual se ajusta a un sistema de cizalla derecha paralela a la deformación del Borde Continental. Las fallas correspondientes al sistema son laterales derechas con dirección NW, normales con dirección perpendicular al eje de máxima extensión e inversas con dirección perpendicular al eje de máxima compresión en la elipse de deformación. Las estrías de falla están agrupadas de acuerdo con su movimiento y la asociación estría-litología no se contempla en el análisis.

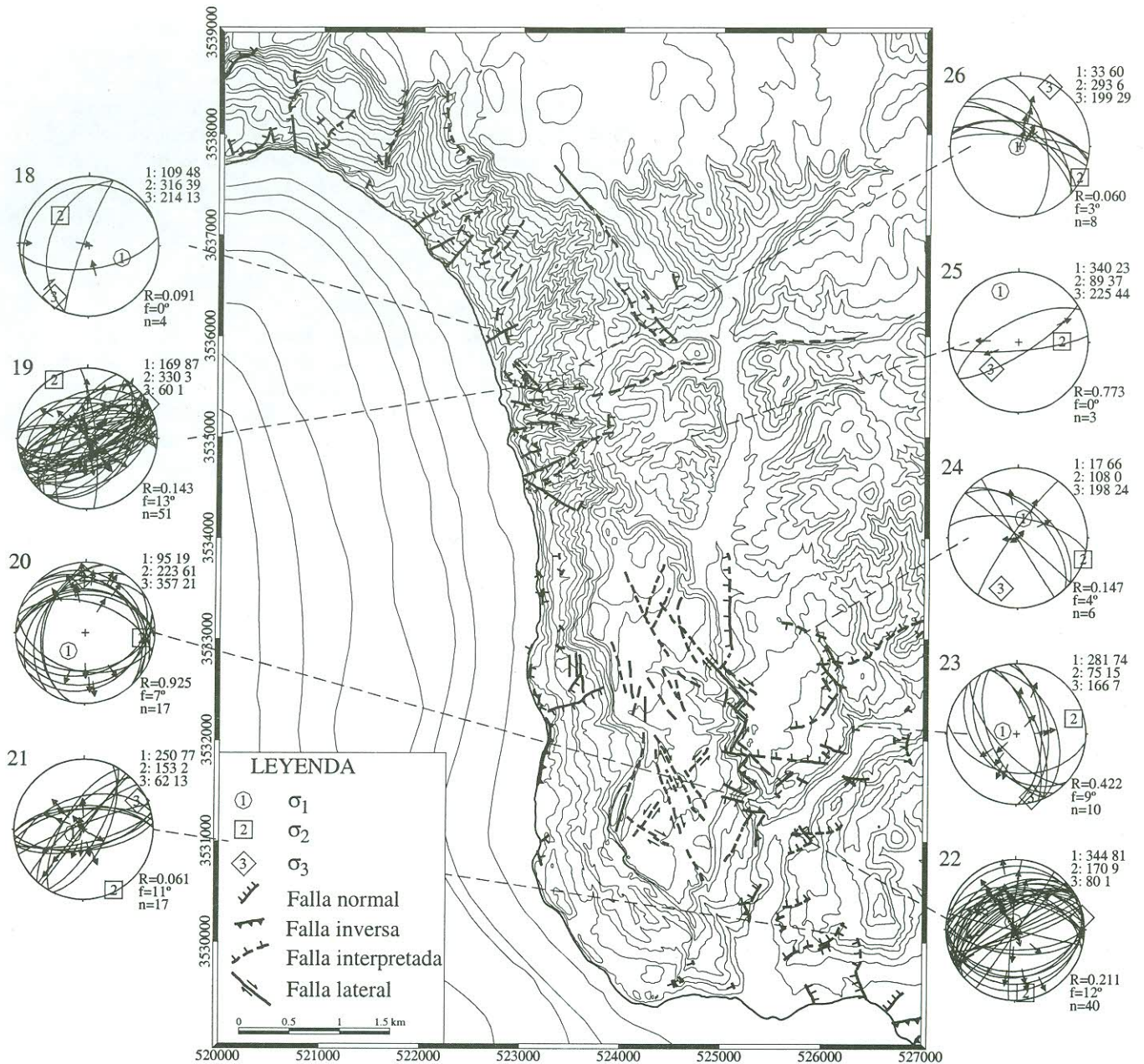


Figura 11. Análisis de la deformación regional del área de estudio que no se ajusta a la deformación regional actual. La deformación es menos intensa que la consignada en la Fig. 10. Sobresale el fallamiento orientado al NNE. El estereograma 23 indica una geometría similar a la de la Fig. 10. Las estrías de falla están agrupadas de acuerdo con su sentido de movimiento.

- Cizalla lateral en los sitios 1, 2, 3, 6, 10, 13 y 15
- Inverso con compresión N-S en los sitios 4 y 11
- Normal con extensión ENE-WSW en los sitios 7, 8, 9 y de NNW a NNE en los sitios 14 y 16

Los otros 5 casos de deformación se presentan en la Figura 11. Estos no se relacionan con el modelo de cizalla derecha discutida anteriormente. Las soluciones pueden agruparse de la siguiente forma:

- Normal con extensión NW-SE en los sitios 19, 21 y 22
- Normal con extensión NE en los sitios 18, 24 y 26
- Normal con extensión en dirección ENE en el sitio 25
- Normal de bajo ángulo con extensión N-S en el sitio 20
- Normal con extensión SSE en el sitio 23

Del resultado del análisis estructural se desprende que la mayoría de las fallas se asocian a un sistema predominantemente lateral derecho, característico del noroeste de Baja California.

Los sistemas de fallas que no coinciden con la solución anterior son menos abundantes y sugieren varios eventos de deformación, o bien, que corresponden a bloques discretos con un comportamiento distinto.

Existen dos sistemas de fallas que son importantes y que toman el carácter de regionales. Uno es de tipo normal orientado ENE-WSW y el otro corresponde a un sistema de fallas que se resuelven a través de una cizalla derecha orientada NW-SE. El fallamiento normal más importante puede ser anterior al Mioceno, posiblemente contemporáneo a la deformación extensional del *Basin and Range*. El segundo corresponde a un fallamiento que se manifiesta desde el Plioceno hasta el Reciente. La cizalla derecha que mejor explica al segundo sistema de fallas se ajusta al fallamiento actual del Borde Continental Californiano y al estado de esfuerzos actuante en la región NW de Baja California.

Por razones históricas, es probable que la falla El Descanso-Estero siga presentando actividad sísmica de tipo enjambre; sin embargo, no se descarta la posibilidad de que cambie su comportamiento sísmico. Esta falla junto con las fallas Agua blanca y San Miguel, representan una amenaza sísmica para la zona y son el producto del mismo estado de esfuerzos.

Las rocas de la Fm. Rosario tienen una persistente inclinación de sus estratos hacia el SW (Figura 6). Se observó que los contactos entre dichos estratos facilitan el deslizamiento de la masa sobreyacente, sobre todo cuando existen horizontes de lutitas. La actitud de la estratificación de la Fm. Rosarito Beach no tiene una dirección preferente y no favorece la generación de deslizamientos (Figura 7).

El fallamiento asociado a los deslizamientos es escaso, por lo que no fue necesario hacer un análisis poblacional de sus fallas. Las zonas A, D y F de la Figura 8 son la excepción. Allí se observó que el deslizamiento desarrolla fallas inversas en el frente, normales en la cabecera y de desplazamiento lateral en los flancos. Las estructuras anteriores y rasgos morfológicos asociados, tales como los lóbulos en los frentes y los escarpes curvilíneos en las partes superiores, permitieron identificarlos como deslizamientos antiguos de grandes dimensiones que no son evidentes de una inspección simple del área.

Los deslizamientos activos pueden reconocerse fácilmente; presentan un agrietamiento característico y su modo de deslizamiento no se confunde con ningún otro fenómeno (XVI, Figura 8). En estos casos sobresalen las fallas normales y las de desplazamiento lateral, mientras que las fallas inversas en los frentes están pobremente desarrolladas por la abundancia y poca competencia del material removido. Es característico también el fracturamiento paralelo a la cabecera en el interior del bloque (VIII, Figura 8).

CONCLUSIONES

En la zona comprendida entre los kilómetros 84 y 98 de la carretera Escénica Tijuana-Ensenada, la ocurrencia de deslizamientos por gravedad afecta principalmente a zonas donde predominan las rocas sedimentarias de la Fm. Rosario. La poca competencia de estas rocas y su buzamiento hacia el W-SW, además de la presencia de lutitas interestratificadas, facilitan el deslizamiento en la dirección de las pendientes.

El área de estudio es una zona sísmica, donde pueden llegar a presentarse sismos someros y de tipo enjambre, incrementando la inestabilidad de la zona. La región en su conjunto tiene una sismicidad moderada y las localizaciones epicentrales no se pueden asociar directamente con las estructuras cartografiadas debido en parte a la inexactitud de la localización. Se interpreta que la intensa actividad tectónica ha provocado un rápido levantamiento y la formación de un relieve escarpado, principalmente en la zona costera.

El fallamiento dominante reciente está orientado hacia el NW y es de desplazamiento lateral y normal. El fallamiento normal se observa en toda la zona de estudio afectando la columna estratigráfica completa. También se observó un fallamiento orientado E-NE, considerado más antiguo que los dos anteriores en vista de que sólo afecta a la Fm. Rosario.

La deformación reciente está relacionada con un régimen de cizalla derecha orientada paralelamente al activo sistema de falla El Descanso-Estero, localizada en el mar a aproximadamente 5 km de la costa. A su vez, este sistema es paralelo al sistema San Miguel-Vallecitos-Calabazas, en el interior de la península. En el área de estudio, la región donde se observa más claramente esta relación estructural es en el Arroyo El Tigre, cuya expresión topográfica *en echelón* corresponde a la cizalla gobernante.

Los rasgos estructurales que caracterizan a los deslizamientos son el fracturamiento intenso en el interior de los bloques, el desarrollo de fallas laterales en los flancos, así como fallas normales en las cabeceras. En menor cantidad se identificaron fallas inversas en el frente de los deslizamientos. Las cabeceras de la mayoría de los deslizamientos se alinean paralelamente con el fallamiento NW y al sistema de cizalla del arroyo El Tigre en el centro de la Mesa San Miguel.

En toda el área, a lo largo de la costa, se observa que el miembro medio de la Fm. Rosario es el que presenta mayor potencial a deslizarse, ya que es el menos consolidado y contiene lutitas interestratificadas que lo hacen inestable. Se ha identificado que estas últimas definen superficies de deslizamiento eficientes bajo condiciones de pendientes mayores a los 9° con inclinación hacia la costa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el CICESE. 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. Agradecemos también la colaboración de Verónica A. Cruz Casas por haber revisado la primera versión del texto y a Francisco Suárez y un revisor anónimo por sus comentarios y críticas al documento. Finalmente, agradecemos a Víctor Manuel Frías C. su participación en la edición final de las figuras.

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., Editors, Geologic investigations in Baja California, Mexico. Annual field-trip guide book No. 21, South Coast Geological Society, Inc., Santa Ana, CA, USA., p. 194-216.
- Allen, C.R., Silver, L.T. and Stehli, F.G., 1960. Agua Blanca fault - a major transverse structure of northern Baja California, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, V. 71, p. 457-482.
- 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, p. 41-51.
- Angelier, J., 1984. Tectonic analysis of slip data sets. *Journal of Geophysical Research*, V. 89-B7, p. 5835-5848.
- Angelier, J., 1990. Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress-III. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophysical Journal International*, V. 103, p.363-376.
- Armijo, R. and Suárez-Vidal, F., 1981. Neotectonics of northern Baja California Geological Society of America Abstracts with Programs, V. 13-2, p. 42.
- Ashby, J.R., 1989. A resume of the Miocene stratigraphic history of the Rosarito Beach Basin, northwestern Baja California, Mexico. *En*: Patrick L. Abbott, editor, Geologic studies in Baja California, Book 63, p. 37-45.
- Frez, J. and González, J.J., 1991. Crustal structure and seismotectonics of northern Baja California. *En*: Paul Dauphin and Bernard Simoneit, Editors, The gulf and peninsular province of the Californias. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, 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.
- Hancock, P.L., 1985. Brittle microtectonics: principles and practice. *Journal of Structural Geology*, V.7-3/4, p. 437-457.
- Hart, M.W., 1993. Geologic investigations in Baja California, Mexico. Annual field trip guide. *En*: Abbott, P.L., Sanguines, E.M. and Rendina, M.A., Editors, Geologic investigations in Baja California, Mexico. Annual field-trip guide book No. 21, South Coast Geological Society, Inc., Santa Ana, CA, USA., p. 43-48.
- Legg, M. R., 1991. Sea beam evidence of recent tectonics activity in the California Continental Borderland. *En*: Paul Dauphin and Bernard Simoneit, Editors, 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*: Paul Dauphin and Bernard Simoneit, Editors, 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*: Patrick L. Abbott, Editors, 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*, V. 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*: J.A. Minch and J.R. Ashby, Editors, Miocene and Cretaceous depositional environments, northwestern Baja California, Mexico: Pacific Section, American Association of Petroleum Geologists, V. 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.
- Mueller, K. and Rockwell, T., 1991. Late quaternary structural evolution of the western margin of the Sierra Cucapa, Northern Baja California. *En*: Paul Dauphin and Bernard Simoneit, Editors, The gulf and peninsular province of the Californias. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, p. 249-260.
- Nieto-Samaniego, A.F., 1996. Principios teóricos del fallamiento frágil por cizalla parte I. La deformación bidimensional. *GEOS*, V. 16-3, p. 146-151.
- Ortega, A., 1988. Neotectónica de un sector de la falla de Agua Blanca, Valle de Agua Blanca (Rancho La Cocina-Rancho Agua blanca) Baja California, México: Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 146 pp.

- Reyes, A., Brune, J. and Barker, T., 1975. A microearthquake survey of the fault zone, Baja California, Mexico. *Geophysical Research Letters*, V. 2-2, p. 56-59.
- 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, México, 213 pp.
- Rockwell, K.T., Hatch, E.M. and Shug, L.D., 1987. Late Quaternary rates Agua Blanca and borderland faults: Final Technical Report USGS, contract No. 14-08-0001-22012, 122 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: Patrick 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., Fifth edition, New York, 837 pp.
- Shor, Jr. G.G. and Roberts, E., 1958. San Miguel, Baja California Norte earthquakes of February 1956: Seismological Society of America, Bulletin, V. 48, p. 101-116.
- Sperner, B., Ratschbacher, L. and Ott, R., 1993. Fault-striae analysis: a turbo pascal program package for graphical presentation and reduced stress tensor calculation. *Computers & Geosciences*, V. 19-9, p. 1361-1388.
- Suárez-Vidal, F., Armijo, R., Morgan, G., Bodin, P. and Gastil, G., 1991. Framework of recent and active faulting in northern Baja California. *En: Paul Dauphin and Bernard Simoneit, Editors, The Gulf and Peninsular Province of the Californias. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, p. 285-300.*
- Suárez-Vidal, F., 1993. Marco estructural de la Falla Agua Blanca, Baja California, México. *En: Delgado-Argote, L. A. y Martín-Barajas, A., Editores, Contribuciones a la Tectónica del Occidente de México, Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 1, p. 24-39.*
- Tchalenko, J.S., 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geological Society of America Bulletin*, V. 81, p. 1625-1640.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes, *En: Robert L. Schuster and Raymond J. Krizek, Editors, 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: Patrick L. Abbott, Editors, Upper Cretaceous depositional systems, Southern California-Northern Baja California (field trip), Los Angeles CA, Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, p. 109-120.*
- Yeo, R.K., 1984a. Stratigraphic sections of the northern Baja California field area. *En: Patrick L. Abbott, Editors, Upper Cretaceous depositional systems, Southern California-Northern Baja California (field trip), Los Angeles CA, Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, p. 121-140.*

CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS SOLUCIONES DE PLANO DE FALLA SÍSMICA OBTENIDAS MEDIANTE EL PROGRAMA FPFIT

F. Alejandro Nava y José Frez

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

E-mail: fnava@cicese.mx

E-mail: jofrez@cicese.mx,

RESUMEN

La no unicidad en soluciones de plano de falla, ocasionada por posibles deficiencias en la cobertura de estaciones, errores en la localización hipocentral y en el modelo de velocidades, así como por la presencia de ruido en los sismogramas, es causa de incertidumbre respecto a la representatividad del mecanismo determinado. El programa FPFIT (Reasenber y Oppenheimer, 1985), ampliamente utilizado para la obtención de soluciones de plano de falla, proporciona además de los parámetros de la solución preferida, un listado de orientaciones de los ejes de tensión y presión, T y P, para las soluciones alternativas. Proponemos que el área relativa cubierta por estas soluciones alternativas sobre la semiesfera focal puede usarse como una estimación cuantitativa de dicha incertidumbre.

INTRODUCCIÓN

Conocer características del fallamiento de los sismos, como son la orientación (rumbo y echado) del plano de falla y la dirección del deslizamiento relativo entre las caras de la falla, es de importancia capital para estudios de sismotectónica y de riesgo y peligro sísmicos. Un método clásico para determinar dichas características consiste en encontrar el mecanismo que sea consistente con las polaridades de los primeros arribos de las ondas P observadas en estaciones sismológicas situadas a diferentes distancias y azimuths de la fuente. Este método se conoce como *solución de plano de falla*.

No expondremos aquí la teoría completa de los métodos de solución de plano de falla o de sus diferentes representaciones, pues están ampliamente descritos y discutidos en numerosos textos (v.g. Aki y Richards, 1980; Lay y Wallace, 1995; Udías y Mezcuca, 1996), ni los algoritmos utilizados para implementarlos y que aparecen en artículos y manuales (v.g. Reasenber y Oppenheimer, 1985; Núñez-Cornú, 1987). Solamente expondremos algunos conceptos esenciales para la comprensión del presente trabajo.

Cuando observamos longitudes de onda suficientemente largas como para poder representar un ruptura sísmica como una fuente puntual, entonces los esfuerzos responsables del deslizamiento cosísmico en la falla pueden representarse como un doble par de fuerzas y la orientación de este doble par determina cómo son las polaridades de las ondas en distintas direcciones. Por ejemplo, supongamos que colocamos el origen de un sistema de coordenadas cartesianas en el hipocentro (donde suponemos que está la fuente puntual) y orientamos este sistema de manera que el plano de falla corresponda a F_1F_3 , y el deslizamiento sea paralelo al eje F_1 de

la Figura 1 (el eje F_3 es vertical); el plano F_2F_3 se llama *plano auxiliar*. Las fuerzas que causaron la aceleración del medio pueden representarse como el doble par de pequeñas flechas ilustrado: el par paralelo a F_1 corresponde al esfuerzo de cizalla que causó el deslizamiento en la falla (transcuriente izquierdo en esta ilustración), mientras que el par paralelo a F_2 corresponde a la reacción del medio que evita la rotación de la falla.

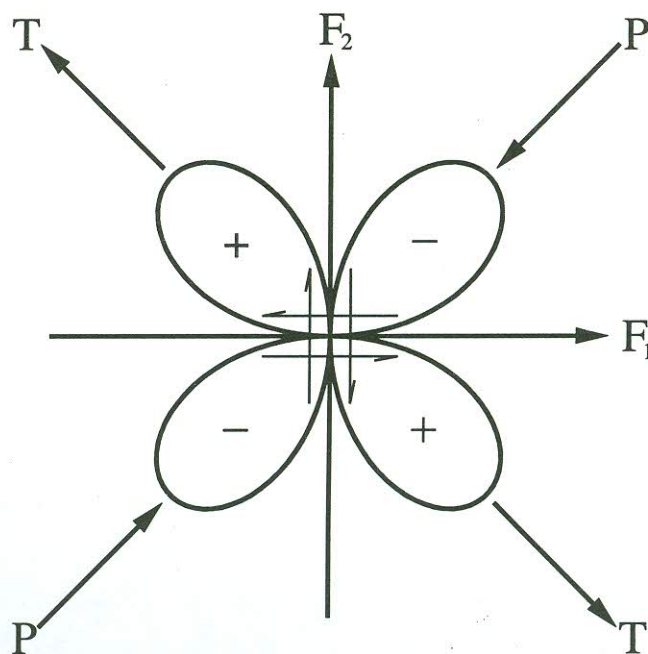


Figura 1. Vista desde el eje F_3 (vertical) del patrón de radiación debido a una dislocación puntual en el plano F_1F_3 en la dirección F_1 , o en el plano F_2F_3 en la dirección F_2 . Se ilustra el doble par de fuerzas y los cuadrantes de compresión y dilatación, así como los vectores de presión y tensión equivalentes al doble par.

La aplicación de dicho par causa compresión en dos cuadrantes, indicados por el signo '+', y dilatación en los cuadrantes alternos, indicados por el signo '-'. Para cada dirección fuente-receptor dada, la amplitud del desplazamiento causado por la onda P es proporcional a la distancia del origen al trebol en dicha dirección; las amplitudes son máximas en planos orientados a 45° de nuestros ejes y mínimas (teóricamente nulas) para planos perpendiculares a éstos. Por tanto, las estaciones que reciben ondas provenientes de cuadrantes compresionales tienen polaridades positivas (según la convención de que la polaridad del sismograma concuerde con la del movimiento del terreno), las estaciones correspondientes a cuadrantes tensionales tienen polaridades negativas, y las polaridades en las estaciones en las direcciones de los planos nodales están indeterminadas, pues las señales tienen amplitudes nulas.

Cuando el sistema de coordenadas tiene alguna otra orientación los cuadrantes de compresión y tensión estarán rotados pero, en principio, con base en las polaridades observadas puede determinarse la orientación relativa de los

planos de falla y auxiliar y de allí determinar también la dirección del deslizamiento. La Figura 2 muestra a la izquierda tres ejemplos de observaciones de polaridades, obtenidos durante un estudio de microsismicidad en el norte de Baja California (Frez *et al.*, 1999); las polaridades han sido llevadas a la esfera focal y proyectadas (equiárealmente) en el hemisferio superior de ésta; los círculos pequeños indican compresiones y las cruces indican dilataciones; los arcos de círculo indican la intersección de los planos de falla y auxiliar con la esfera focal.

Sin embargo, no puede saberse cuál plano es cuál, ya que el patrón de radiación sería idénticamente igual para una falla en el plano F_2F_3 y deslizamiento transcurrente derecho paralelo a F_2 (en cuyo caso F_1 sería el plano auxiliar), por lo que no se puede distinguir un plano del otro con base en las polaridades observadas.

Como puede verse de la Figura 1 y demostrarse mediante una simple rotación, aplicar el doble par de fuerzas es equivalente a aplicar sobre el origen dos fuerzas tensionales

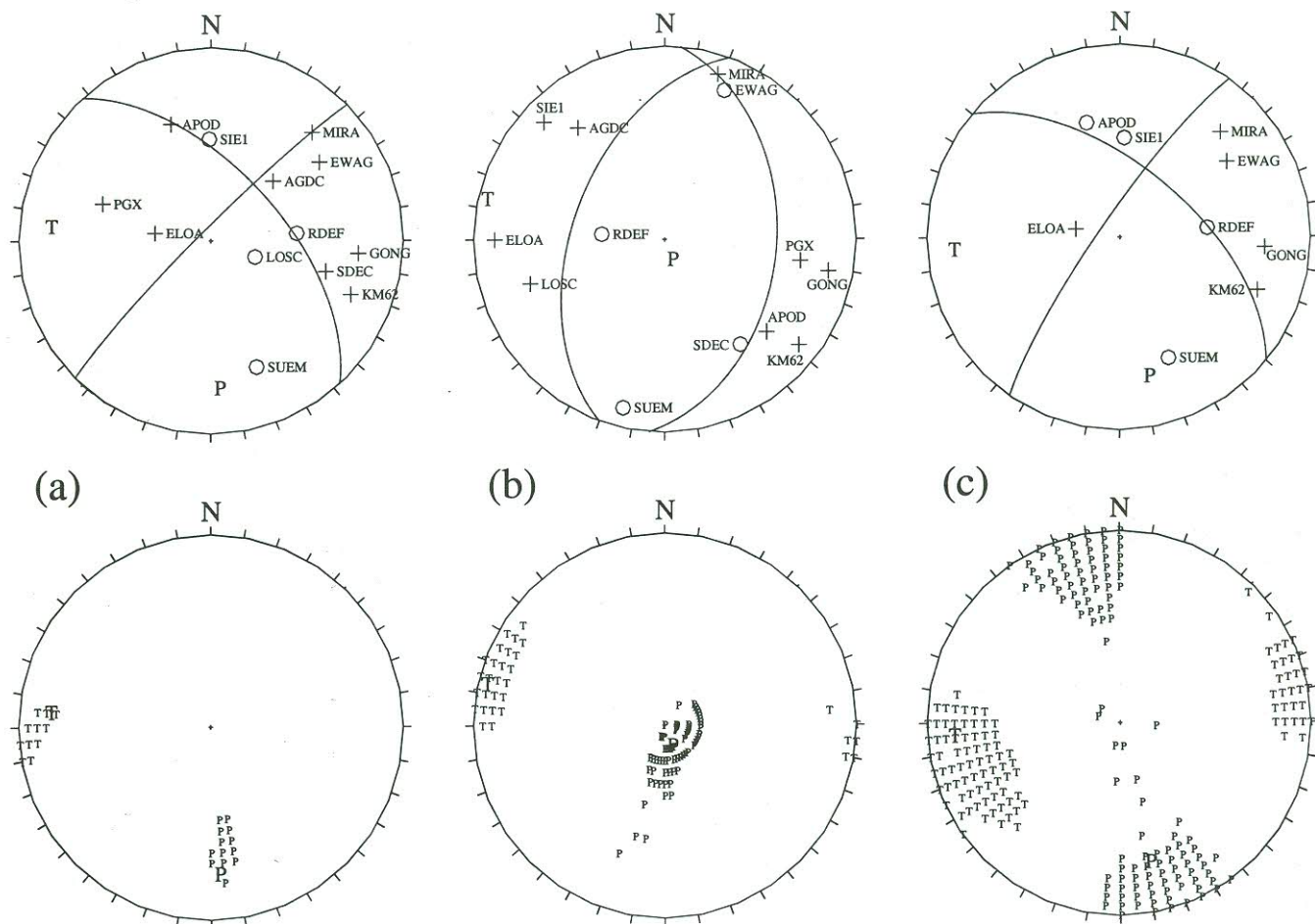


Figura 2. Ejemplos de soluciones de plano de falla proyectadas sobre el hemisferio superior: (a) buena, (b) regular y (c) mala. A la izquierda las polaridades se representan como círculos para compresión y cruces para dilatación, los arcos representan los planos de falla y auxiliar de la solución preferida, y las letras T y P indican la posición de los correspondientes ejes de tensión y presión (modificadas de Frez *et al.*, 1999). A la derecha se indica con letras T y P la posición de los ejes de la familia de soluciones, con negritas los ejes mostrados a la izquierda.

(T) y dos compresivas (P), todas de la misma magnitud, orientadas según los vectores (línea gruesa) de la figura a lo largo de dos ejes, T y P, que están en el plano F_1F_2 y forman ángulos de 45° con F_1 y F_2 por lo que coinciden con las direcciones de máxima amplitud de radiación de ondas P. La orientación de los ejes T y P, indicada en la Figura 2 por las letras respectivas, no depende de cuál plano es de falla y cuál auxiliar y puede aportar información valiosa respecto al campo de esfuerzos en la región focal.

Arriba se dijo que, en principio, se puede determinar una solución de plano de falla a partir de las polaridades observadas. En la práctica es muy común que una cobertura de estaciones insuficiente, errores en el modelo de velocidades usado para la determinación de hipocentros y para el cálculo de ángulos de emergencia de las ondas observadas, errores en los tiempos de lectura usados para localizar el hipocentro, ruido que oscurece las determinaciones de polaridad y otros factores, hagan que la solución no sea única. Para coberturas razonables con localizaciones y modelo de velocidades razonablemente correctos, los datos admiten usualmente una familia de soluciones cuyos miembros no difieren substancialmente entre sí. Sin embargo, en caso de errores graves y, sobre todo, para coberturas instrumentales pobres, los datos pueden admitir dos o más familias de soluciones que pueden llegar a corresponder a mecanismos muy distintos.

En cualquier caso, por múltiples razones expuestas más adelante, es importante poder evaluar cuantitativamente la incertidumbre respecto a las soluciones obtenidas. A continuación presentamos un método diseñado por nosotros para hacer dicha evaluación para soluciones de plano de falla obtenidas mediante el ampliamente utilizado programa FPFIT. Ilustraremos el método con la aplicación a tres mecanismos focales, tomados de Frez *et al.* (1999), que son ejemplos de determinaciones buenas, regulares y malas.

MÉTODO Y EJEMPLOS

Para determinar la solución de plano de falla, el FPFIT lleva a cabo una búsqueda sistemática sobre el espacio de soluciones, evaluando el acuerdo entre polaridades teóricas y observadas mediante la función:

$$F^i = \frac{\sum_k |p_o^k - p_t^{i,k}| w_o^k w_t^{i,k}}{\sum_k w_o^k w_t^{i,k}}, \quad (1)$$

donde el superíndice i indica el i -ésimo modelo, F^i es el error (norma uno) para dicho modelo, p_o^k y $p_t^{i,k}$ son la polaridad observada y la teórica en la k -ésima estación (valuados como +0.5 para compresión y -0.5 para dilatación), w_o^k es un peso asignado por el científico a la lectura y $w_t^{i,k}$ es un peso teórico

calculado como la raíz cuadrada de la amplitud normalizada de la radiación de la onda P en la dirección de la estación. Para perfecta concordancia entre el modelo y las observaciones $F^i = 0$, y para perfecta discordancia $F^i = 1$.

El FPFIT refina el modelo con mínimo F^i para obtener una solución preferida a cuya medida de discordancia llamaremos F_{min} , y a continuación desecha todos los modelos tales que $F^i > F_{min} + \Delta F$ (ΔF es parámetro de entrada, usualmente alrededor de 0.05). En los ejemplos mostrados en la columna derecha de la Figura 2 las posiciones de los ejes para la solución preferida aparecen como letras T y P negritas, mientras que las letras T y P pálidas muestran las posiciones de los ejes para soluciones alternas. Los modelos no desechados son posibles soluciones alternas que satisfacen los datos casi tan bien como la solución preferida y que, considerando las posibles deficiencias en la cobertura de estaciones, las incertidumbres en la localización hipocentral y en el modelo de velocidades, así como la presencia de ruido, podrían contener la verdadera solución. Por tanto, es necesario poder cuantificar el espacio que abarcan las soluciones alternativas y que corresponde al de la incertidumbre en la solución preferida.

Para crear la familia de modelos, el FPFIT muestrea la semiesfera focal en azimuth (o longitud) φ y ángulo polar (o colatitud) θ con incrementos $\Delta\theta = \Delta\varphi = 0.5^\circ$, de manera que si φ_i y θ_i son las orientaciones de un eje T o P (línea gruesa en la figura 3) para cada solución aceptada, a dicho eje corresponde un área δA_i (sombreada en la Figura 3) que abarca de $\varphi_i - \Delta\varphi/2$ a $\varphi_i + \Delta\varphi/2$ y de $\theta_i - \Delta\theta/2$ a $\theta_i + \Delta\theta/2$ sobre la semiesfera focal de radio unitario:

$$\delta A_i = \int_{\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}}^{\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}} \int_{\varphi_i - \frac{\Delta\varphi}{2}}^{\varphi_i + \frac{\Delta\varphi}{2}} \sin\theta \, d\theta \, d\varphi = 2\Delta\varphi \sin\frac{\Delta\theta}{2} \sin\theta_i = 0.00007613 \sin\theta_i, \quad (2)$$

excepto, en principio, para puntos en el ecuador y el polo.

Para el ecuador, $\theta_i = 90^\circ$:

$$\delta A_i = 2 \int_{\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}}^{\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}} \Delta\varphi \sin\theta \, d\theta = 2\Delta\varphi \sin\frac{\Delta\theta}{2} = 0.00007613,$$

valor que concuerda con el obtenido de (2) al substituir θ_i del ecuador.

Para el polo, $\theta_i = 0^\circ$:

$$\delta A_i = 2 \int_{\theta_i - \frac{\Delta\theta}{2}}^{\theta_i + \frac{\Delta\theta}{2}} \Delta\varphi \sin\theta \, d\theta = 4\Delta\varphi \sin^2\frac{\Delta\theta}{4} = 0.000000166. \quad (3)$$

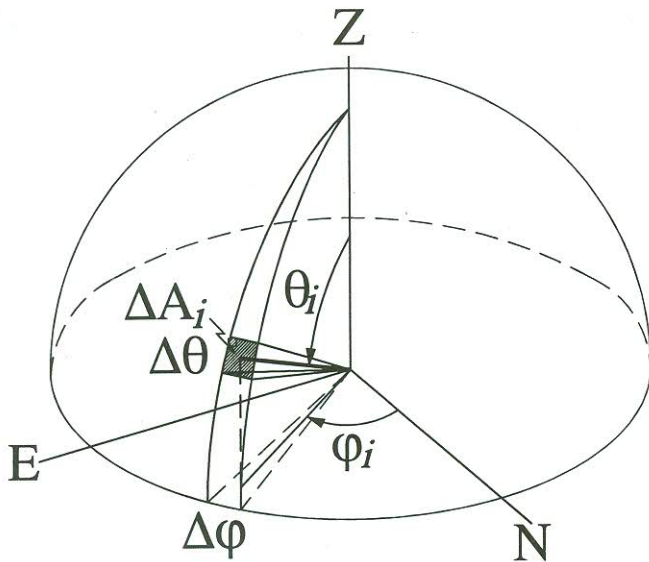


Figura 3. Hemisferio focal superior que muestra la localización (ϕ_i, θ_i) de un eje T o P (línea gruesa) y el área ΔA_i correspondiente (sombreada), para intervalos de muestreo $\Delta\phi$ y $\Delta\theta$.

La suma de las áreas correspondientes a las soluciones alternas, evaluadas mediante (2) y (3), dividida entre el área total de la semiesfera:

$$A_I = \frac{\sum_i \delta A_i}{2\pi} \quad (4)$$

da el área relativa de incertidumbre para la solución. Esta área, expresada como fracción o como porcentaje, permite cuantificar la incertidumbre en la determinación de cada uno de los ejes o de ambos.

Para los ejemplos mostrados en la Figura 2, obtenidos con los valores mencionados arriba de ΔF , $\Delta\phi$ y $\Delta\theta$, las áreas relativas A_I aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1

Solución	A_I T	A_I P	A_I T+P
Buena (a)	1.4%	1.5%	2.9%
Regular (b)	4.7%	2.2%	7.0%
Mala (c)	11.7%	13.6%	25.3%

CONCLUSIONES

La fracción del área de la semiesfera focal cubierta por los ejes P y T de las soluciones aceptables, A_I , obtenida fácilmente a partir de un archivo de salida del FPFIT y de las ecuaciones (2) a (4), es una buena medida de la incertidumbre en la solución de plano de falla. Es un dato valioso para el analista que generalmente conjunta la información mencionada (solución "preferida", soluciones auxiliares, etc.) con información adicional (polaridad de onda S, amplitudes de

ondas P y S, comparación con sismogramas sintéticos, etc.) para mejorar la estimación de plano de falla.

A_I puede usarse para calificar una solución determinada, como criterio para aceptar o rechazarla; puede usarse también como criterio para juzgar qué tan buena es la cobertura de una red sísmica o, para una cobertura densa y obviamente apropiada, para juzgar qué tan apropiado es el modelo de velocidades.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a dos árbitros anónimos sus atinadas sugerencias. Este trabajo fue hecho como parte del proyecto CONACYT 25-309-T.

REFERENCIAS

- Aki, K. and Richards, P. (1980) *Quantitative Seismology*, vol. I. W.H. Freeman & Co., USA, 574 pp.
- Frez, J., González, J.J., Acosta, J.G., Nava, F.A., Méndez, I., Carlos, J., García-Arthur, R.E. and Alvarez, M. (1999). A detailed microseismicity study and current tectonics in the Peninsular Ranges of northern Baja California, Mexico: The Ojos Negros valley. *Bull. Seism. Soc. Am.*, sometido.
- Lay, T. and Wallace, T. (1995). *Modern global seismology*. Academic Press, Inc., USA, 517 pp.
- Núñez-Cornú, F. (1987) Un programa interactivo en BASIC para cálculo de mecanismos focales. *Rev. Geofis.* 43, 209-212.
- Reasenber, P. and Oppenheimer, D. (1985). FPFIT, FPLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions, Open-File Report No. 85-739, US Geological Survey, Menlo Park, California, 46 pp.
- Udías, A. y Mezcua, J. (1996) *Fundamentos de sismología*. UCA Editores, El Salvador, 200 pp.

INTERCAMBIO BIÓTICO TERRESTRE ENTRE NORTE Y SUD AMÉRICA

Marisol Montellano-Ballesteros

Depto de Paleontología, Instituto de Geología, UNAM

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

INTRODUCCIÓN

El intercambio biótico ocurre cuando especies de dos o más biotas previamente separadas se mezclan geográficamente. Este fenómeno es interesante desde diferentes puntos de vista. Por un lado, está el aspecto biológico, donde se analiza cómo afectó el intercambio a las faunas indígenas, es decir, si hubo competencia, hibridación, desplazamiento o extinción. También se analiza el patrón de intercambio estableciéndose quiénes fueron los heraldos, quiénes migraron, y la simetría del intercambio. Por otro lado está el aspecto geológico, el cual establece las condiciones geográficas de las áreas que ocupaban las biotas, el carácter de la barrera que las mantenía separadas y la cronología del intercambio.

Uno de los eventos de intercambio biótico más estudiado es el que ocurrió a finales del Cenozoico entre las faunas terrestres, principalmente de mamíferos, a través del Istmo de Panamá. Desafortunadamente, la mayor parte de la información de este acontecimiento proviene de los extremos del continente americano. Poco sabemos de las latitudes bajas, donde México y América Central, debido a su posición geográfica y condiciones climáticas, jugaron un papel importante en la evolución de las faunas, además de haber sido parte de la(s) ruta(s) de migración.

HISTORIA DE UNA IDEA

El evento del intercambio faunístico terrestre entre América del Norte y del Sur fue reconocido por los biogeógrafos desde tiempos de Wallace a finales del siglo XIX (Wallace, 1876 en Marshall y colaboradores, 1982). Sin embargo, la información paleontológica era muy escasa. Con los trabajos de exploración paleontológica en ambas regiones hacia finales del siglo pasado y principios del presente (los hermanos Ameghino en Argentina; Marsh, Cope, Matthew, Simpson, en Estados Unidos), se empezaron a juntar las piezas y el intercambio biótico tuvo un trato especial en los estudios clásicos de Simpson (1950, 1980). Simpson (1950) presentó una visión general de la historia geográfica a escala continental, junto con una clasificación de los mamíferos a nivel de familia. Con la información disponible, concluyó que un número mayor de familias norteamericanas de mamíferos tuvo más "éxito" al establecerse en la América septentrional, que aquellas sudamericanas que migraron al Norte. En 1950 las teorías de tectónica de placas y deriva continental no habían sido completamente aceptadas por la comunidad científica, por lo que las ideas de Simpson para explicar la distribución de los

organismos eran netamente dispersionistas. Reconoció tres categorías de rutas de dispersión, dependiendo del grado de dificultad del pasaje: 1) el corredor, que consiste de una franja de tierra firme continua, por el cual especies ecológicamente compatibles podían extender sus distribuciones; 2) el filtro ecológico, es decir, la existencia de una barrera ecológica que permite el paso de algunos grupos; 3) la lotería ("sweepstakes"), que implica cruzar una barrera física y, por lo tanto, es la menos probable. En la visión de Simpson, en el evento del intercambio entre las Américas se pueden distinguir las dos primeras categorías (el corredor y el filtro).

En la segunda mitad de este siglo, el registro fósil de mamíferos terrestres en las Américas se incrementó en gran medida gracias a mejoras en los métodos de recolecta, como el tamizado para la recuperación de taxa de tamaño pequeño y a los fechamientos por medio de potasio-argón y argón-argón, que permitieron establecer correlaciones geocronológicas y cronoestratigráficas detalladas (Figura 1).

ÉPOCAS	Edades mamíferas norteamericanas	Géneros participantes en el intercambio	Edades mamíferas sudamericanas	Millones de años
PLEISTOCENO	TARDÍO	Rancholabreano		
	MEDIO		Lujaniense	
	TEMPRANO	Irvingtoniano	Ensenadense	1
PLIOCENO			?	
			Uquiense	2
	TARDÍO	Blancano	?	3
	TEMPRANO		Chapadmalalense	4
MIOCENO			Montehermosense	5
				6
	TARDÍO	Henfiliano		7
			Huayqueriense	8
		Clarendoniano	Chasicense	9

Figura 1. Correlación entre las edades mamíferas de Norte y Sud América y la cronología y número de géneros que tomaron parte en el intercambio. (Tomado de Webb, 1976).

Los primeros en conducir un análisis taxonómico a nivel de género del intercambio biótico entre las Américas fueron Patterson y Pascual (1972). Más tarde Webb (1976) combinó la información taxonómica de Patterson y Pascual (1972), con las correlaciones faunísticas disponibles en ese entonces, para probar la teoría del equilibrio de MacArthur-Wilson (1967). Esta teoría postula que la diversidad de especies en un área llega a un equilibrio dinámico mantenido por las tasas de origen (o inmigración) y extinción, y que este equilibrio depende del tamaño de la superficie habitada.

Marshall y colaboradores (1982) realizaron un estudio más detallado y, usando la teoría del equilibrio, sugirieron que el intercambio se llevó a cabo hace 2.5 a 1.5 Ma. Ellos también concluyeron que durante el Pleistoceno, el intercambio se volvió asimétrico, con más géneros nortños poblando América del Sur. La misma incógnita planteada por Simpson seguía en pie, ¿a qué se debía esta asimetría en el intercambio? También fue evidente la paradoja de que la fauna de mamíferos cenozoicos de Centro América era más parecida a la norteamericana, contrariamente a lo que sucede actualmente.

Para explicar la asimetría del intercambio, Webb (1991) propuso un modelo basado en los patrones ecogeográficos del Pleistoceno, los cuales resultaron en la distribución actual de mamíferos en el continente americano. Su planteamiento se basa en considerar que durante la fase húmeda interglacial, los bosques lluviosos se extendieron hasta las zonas tropicales y por lo tanto el principal movimiento migratorio se realizó de la Amazonia hacia América Central y sur de México. En cambio, durante la fase árida glacial, las sabanas se extendieron hasta las latitudes bajas. Debido a que la zona templada nortña (principal fuente de origen de los mamíferos de sabana) era seis veces más grande que la del sur, los inmigrantes nortños sobrepasaron en número a los sureños. Según Webb (1991), este modelo predice que los migrantes nortños alcanzarían latitudes más altas en América del Sur que la contraparte sureña, que alcanzaría sólo latitudes bajas de América del Norte. Esta predicción es en parte confirmada por la distribución actual de los migrantes sureños, que no pasan del Istmo de Tehuantepec (a excepción del armadillo y las zarigüeyas). Esta predicción explica la llamada Paradoja de Centro América, que es la conquista de esta región por la fauna de bosque lluvioso de origen sudamericano. Otra de las predicciones de este modelo, establece que algunos de los grupos de mamíferos que habitaban en las latitudes bajas de América del Norte desarrollaron adaptaciones que más tarde les permitirían ser exitosos en la parte tropical de América del Sur. Tal parece ser el caso de algunos carnívoros y ciervos (Webb, 1991).

EDAD DEL PUENTE DE PANAMÁ

Las reconstrucciones de la región del Caribe se pueden dividir en dos grupos estables y móviles (Rich y Rich, 1983). El estable precedió a las nociones de la teoría de la tectónica

de placas y considera a América Central como una franja de tierra que no había modificado mucho su geomorfología salvo por cambios en el nivel del mar y la elevación de cadenas montañosas. A partir de la aceptación de la teoría de la tectónica de placas, se postularon nuevos modelos incorporando datos de paleomagnetismo, radiometría, estratigrafía, geoquímica, y paleobatimetría entre otros. De una manera general estos modelos proponen que durante el Mesozoico y Cenozoico, las cuencas del Atlántico, el Golfo de México y el Caribe se desarrollaron y crecieron en tamaño.

Malfait y Dikelman (1972) sugieren que durante la expansión de estas cuencas oceánicas, el área de América Central estuvo afectada por el movimiento de parte de la placa pacífica. Otros investigadores (e.g. Gose y Scott, 1979; Anderson, 1978) prefieren definir pequeñas placas en el Pacífico oriental y en el Caribe, que tuvieron rotación y translación relativas unas respecto a otras, uniéndose durante el Cenozoico formando lo que ahora llamamos América Central. Aunque no se sabe cuál de las hipótesis es correcta, lo que es claro es que desde finales del Mesozoico hasta algún momento en el Plioceno no hubo una conexión terrestre entre América del Norte y del Sur, vía América Central.

Keigwin (1978) con base en los foraminíferos planctónicos recuperados en los sitios 154 A y 157 del Proyecto de perforación marina profunda (Deep Sea Drilling), establece que el cierre del istmo de Panamá empezó hace 3.5 millones de años y que para 3.1 ya estaba completamente cerrado.

Por otro lado, Savin y Douglas (1985) al analizar los cambios eustáticos de nivel del mar durante los últimos 15 millones de años, encontraron que durante el Mioceno tardío y Plioceno temprano, los cambios en el volumen global del hielo ocasionaron variaciones de decenas de metros en el nivel del mar, lo que provocó que bajara el nivel del mar y emergiera una barrera que impedía la libre circulación de las aguas entre el Caribe y el Pacífico, como es sugerido por los resultados de Duque-Caro (1990, ver abajo). Además está la evidencia del aislamiento de faunas de invertebrados marinos a los lados del istmo aproximadamente hace 3-3.5 millones de años (Jones y Hasson, 1985).

Resultados de análisis de microfósiles en el noroeste de América del Sur (Duque-Caro, 1990) indican dos eventos importantes en la evolución del Istmo de Panamá. El primero ocurrió a fines del Mioceno medio (ca. 15 Ma), cuando una barrera impedía la conexión entre las aguas del Océano Pacífico y el Mar Caribe. El segundo evento se llevó a cabo en el Plioceno temprano (3.7-3.1 Ma.) cuando se estableció el istmo de Panamá, conexión terrestre que permitió el intercambio de faunas terrestres e impidió el intercambio de faunas marinas.

EL GRAN INTERCAMBIO FAUNÍSTICO ENTRE LAS AMÉRICAS

ANTES DEL INTERCAMBIO

Durante el Cenozoico, América del Norte fue afectada por la inmigración de mamíferos placentados o euterios asiáticos y europeos en varias ocasiones, por lo que a finales de esta era la diversidad de mamíferos estaba representada por estos grupos. En cambio, América del Sur estuvo aislada durante toda la era cenozoica, después del rompimiento de Pangea a finales del Mesozoico. Por ello se le considera "isla continente". Su fauna estaba compuesta principalmente por marsupiales. Debido al aislamiento geográfico, los marsupiales sufrieron una radiación adaptativa ocupando los mismos nichos que tenían su contraparte en los placentados de América del Norte. También existían, aunque en una menor proporción, algunas formas raras de mamíferos placentados.

Simpson (1950) reconoció tres horizontes en la historia de la fauna de mamíferos sudamericanos: 1) el basal, donde se encuentran los grupos que estaban presentes antes o al principio del Cenozoico. Estos grupos incluían marsupiales, proteuterios, xenartra (edentados), condilartros, y una serie de herbívoros extintos tales como litopterna (parecidos a caballos), notoungulata (grupo muy diverso de herbívoros), astrapoteria (parecidos a rinocerontes anfibios), pyrotheria (con características de elefantes), xenungulata (parecidos a los dinocerata norteamericanos y asiáticos de tamaños gigantescos), trigonostylopoidea (parecido a astrapoterios). 2) el segundo horizonte está caracterizado por los grupos que llegaron o hicieron su aparición cuando América del Sur era todavía una isla continente. Este horizonte incluye primates platinos y roedores caviomorfos, grupos que aparecieron en rocas del Oligoceno temprano (Deseadense, 34-21Ma.). El origen de estos grupos está en debate: hay quienes proponen que son africanos (p.e. Hoffstetter, 1981; Lavocat, 1971), mientras que otros proponen que son norteamericanos (Wood, 1985). 3) El tercer horizonte es el más joven e incluye aquellos taxa que fueron los participantes en el intercambio faunístico.

LOS HERALDOS O PRIMEROS VIAJEROS

El registro fósil indica movimiento de ciertos grupos antes de que se estableciera el puente panameño. Se ha supuesto que estos primeros participantes eran inmigrantes aleatorios y que se dispersaron ya sea en balsas de vegetación o brincando a lo largo de los arcos de islas. Entre los primeros migrantes norteamericanos está *Cyonasua*, un tipo de prociónido (mapache) que se encontró en rocas de edad miocénica tardía (Huayqueriense, 8-9 Ma.) en Argentina (Kraglievich y Reig, 1954). También se han encontrado fósiles de roedores cricétidos en rocas del Plioceno temprano (Montehermosense?-Chapadmalalense, 6 Ma.), los cuales por su diversificación debieron llegar antes de este período. En sentido contrario la migración de los primeros miembros de la familia de perezosos

terrestres que llegaron a América del Norte está representadas por *Pliometanastes* con registro fósil en California y Florida en rocas miocénicas tardías (Henfiliano temprano, 8-9 Ma.) (Hirschfeld y Webb, 1968; Hirschfeld, 1981). Otro género de perezoso terrestre *Thinobadistes*, un milodóntido, se encontró en rocas miocénicas de hace 8 millones de años en Florida (Marshall, 1985). Grupos relacionados a los perezosos, roedores primates también alcanzaron las Grandes Antillas durante Eoceno-Oligoceno (MacPhee e Iturralde-Vinent, 1995) sugiriendo la capacidad de dispersión de estos grupos (Webb y Marshall, 1982).

Este primer intercambio se presentó después del evento de interrupción de circulación marina propuesta por Duque-Caro (1990) hacia finales de Mioceno medio.

¿QUIÉNES CRUZARON Y HASTA DÓNDE LLEGARON?

Ruta hacia el Norte

En México, los registros más antiguos que se tienen de inmigrantes sudamericanos provienen del estado de Guanajuato, donde se tiene registro de dos tipos de perezosos terrestres en rocas pliocénicas de 4.8 Ma (Henfiliano): un milodóntido indeterminado y *Megalonys* (Carranza y Miller, 1997; comunicación personal); y *Neochoerus* (capibaras), *Glossotherium* (perezoso terrestre) y *Pampatherium* (tipo de armadillo) en rocas de 3.9 Ma. (Carranza y Miller, 1997 y comunicación personal). En el estado de Hidalgo también hay registro de *Megalonys*, en rocas de edad henfiliana tardía (Carranza, 1994; Carranza y Espinosa, 1995). Es de esperarse que con más prospecciones paleontológicas en México, se encuentren registros mucho más antiguos que los de Estados Unidos, ya que por su posición geográfica, los inmigrantes sureños tuvieron que pasar antes por el territorio mexicano.

En Estados Unidos, los mamíferos sudamericanos más antiguos que se suponen que cruzaron "caminando" el puente panameño están registrados en rocas del Plioceno tardío (Blancano, 2.8-2.6 Ma.). Diez géneros de mamíferos que representan siete familias y una ave no voladora *Titanis* aparecen casi simultáneamente en localidades desde California a Florida. Entre los grupos que se registran están dos tipos de roedores: capibaras y puerco espines; varias clases de armadillos y tres tipos de perezosos terrestres (Tomado de Webb, 1976 y 1991).

Para el Pleistoceno temprano (Irvingtoniano, 1.4 Ma.) hacen su aparición en Estados Unidos ocho géneros más que representan cinco familias, un capibara *Hydrochoerus*; algunos edentados: *Eremotherium*, *Nothrotheriops*, *Holmesina*, un oso hormiguero; la zarigüeya *Didelphis* y un ungulado toxodonte. Durante este período también llegan los manatíes y los vampiros aunque a éstos no se les considera mamíferos terrestres dado que el primero es de hábitos marinos y los segundos son voladores (Tomado de Webb, 1976, 1991).

Ruta hacia el Sur

El registro en América del Sur de los taxa norteños se encuentra en los depósitos de la parte meridional del continente, principalmente en Argentina. En rocas del Plioceno tardío (Uquiense, 2.5 Ma.) de la zona templada de América del Sur, se tiene el registro de 10 géneros representando cuatro familias: roedores cricétidos, prociónidos (mapaches), mustélidos (zorrillos) y tayasuidos (cerdos) (Marshall y colaboradores, 1982; Webb y Marshall, 1982).

En el siguiente medio millón de años durante el Pleistoceno temprano (Ensenadense, 1.2-0.8 Ma.), aparecieron 11 géneros más, representando ocho familias: félidos (gatos), cánidos (perros), úrsidos (osos), camélidos (camellos), cérvidos (ciervos), équidos (caballos), tapires, y gonfoterios (tipo de elefantes). De origen norteamericano, pero cuyo registro es muy reciente se incluyen cuatro familias más de micromamíferos. Aquí no se considera al hombre.

En resumen, 21 géneros representando 12 familias norteamericanas alcanzaron América del Sur del Plioceno tardío al Pleistoceno temprano (Figura 1). En sentido inverso, 18 géneros representando 12 familias sudamericanas llegaron a Norte América en el mismo lapso. El clímax del intercambio ocurrió en un lapso de 1 millón de años de 2.5 a 1.5 Ma., que corresponde del Blancano tardío al Irvingtoniano temprano en América del Norte, y durante el Uquiense en América del Sur. Para el Pleistoceno medio ya se había completado el intercambio (Webb, 1976; 1985).

¿CUÁLES GRUPOS NO PARTICIPARON EN EL INTERCAMBIO?

Hay varios grupos a ambos lados del continente que no participaron en el intercambio (Tabla 1); 11 familias sudamericanas no extendieron sus alcances geográficos hacia el Norte y nueve familias norteamericanas no pasaron al sur. Hasta ahora no se ha encontrado ningún aspecto biológico común a estos grupos y que explique por qué no participaron en la migración. Probablemente sea necesario buscar razones particulares a cada grupo. Por ejemplo, las dos familias de marsupiales sudamericanas que no migraron (microbotéridos y caenolestidos) al igual que los roedores tenían un área de distribución muy pequeña y estaban restringidos a zonas templadas. En otras formas sudamericanas no migrantes, el único factor común es que su distribución geográfica no incluía el noroeste de América del Sur (Webb, 1991). Formas norteamericanas como los antilocápridos (tipo de ciervos), estaban más bien restringidas a las latitudes templadas y adaptadas a hábitats semiáridos. Hubo otras formas norteamericanas como *Mammuthus* y *Bison*, que alcanzaron latitudes bajas como Honduras y Nicaragua, pero nunca cruzaron el istmo (Webb, 1991).

Tabla 1. Familias de mamíferos que no participaron en el intercambio faunístico. (Tomado de Webb, 1991).

AMÉRICA DEL SUR	AMÉRICA DEL NORTE
Marsupialia	Insectivora
Microbiotheriidae	Talpidae
Caenolestidae	
	Rodentia
Rodentia	Aplodontidae
Octodontidae	Castoridae
Ctenomyidae	Geomysidae
Abrocomidae	
Chinchillidae	Lagomorpha
Dinomyidae	Ochotonidae
Caviidae	
	Proboscidae
Litopterna	Mammutidae
Macraucheniiidae	Elephantidae
Notoungulata	Artiodactyla
Mesotheriidae	Antilocapridae
Hegetotheriidae	Bovidae

CONSECUENCIAS DEL INTERCAMBIO

El establecimiento del puente panameño tuvo consecuencias importantes a escala global. Por un lado, cambió la circulación de las corrientes marinas, ya que interrumpió el paso de las aguas entre el Caribe y el Pacífico, ocasionando un cambio en la salinidad y densidad del océano Atlántico. Según algunos autores, estos factores tuvieron un impacto en la dirección y velocidad de la corriente del Golfo, que de alguna manera influyó en una baja de temperatura en el Ártico (Stanley 1996 en Flanagan, 1998). El establecimiento del puente se convirtió en una barrera geográfica para la biota marina, mientras que permitía el paso de la biota terrestre. El análisis de la consecuencia del encuentro entre dos faunas de composición taxonómica e historia diferente es muy interesante. Ya se había mencionado que de manera general se observa un desequilibrio en el intercambio, y que la fauna terrestre norteamericana fué mucho más "exitosa", al emigrar, que su contraparte sudamericana.

El impacto de los taxa norteamericanos en las faunas sudamericanas ha recibido atención. Sin embargo aún debe ser visto como un problema sin resolver. Simpson (1950) relacionó la diversificación exitosa de las formas norteamericanas en América del Sur con el concepto del reemplazo de las formas nativas. Se argumentaba que los marsupiales sudamericanos se vieron desplazados por las formas norteamericanas debido a su inferioridad biológica; este concepto prevaleció por mucho tiempo y fue desechado al demostrarse que los marsupiales representan otra estrategia reproductiva y no por eso son necesariamente inferiores (Lillegraven, 1984).

Marshall y Cifelli (1990) analizaron los cambios de diversidad taxonómica en América del Sur durante el Cenozoico. Estos autores sugieren que la diversidad de familias se mantuvo en equilibrio por largos períodos, que

fueron interrumpidos abruptamente en dos momentos, mismos que corresponden con los eventos de migración. En cambio, la diversidad de géneros se enriquece gradualmente, acelerándose en los momentos de migración. Este incremento gradual de la diversidad genérica está relacionado con el incremento de la heterogeneidad ecológica que se desarrolló durante el Cenozoico a consecuencia de la orogenia Andina, la cual provocó aridez y el establecimiento de sabanas y pastizales. Ya hacia finales del Terciario y durante el Cuaternario, se suman los cambios generados por las glaciaciones.

Cuando llegaron los grupos inmigrantes norteamericanos, empezaron a diversificarse y dispersarse, por lo que tuvieron interacciones importantes con los grupos nativos. Una de ellas es la competencia, la cual ocurre cuando el inmigrante explota el mismo recurso natural que la forma nativa.

Se ha propuesto como ejemplo de competencia y reemplazo el que se dio entre los ungulados sudamericanos y los taxa inmigrantes norteños. En el registro fósil representante del intercambio, se observa una reducción de géneros de pacedores cursoriales autóctonos representados por los notoungulados y litopternos y al mismo tiempo un incremento en el número de géneros de origen norteño, como caballos que ocupan el mismo nicho (Webb, 1976; 1991). Otro caso propuesto de competencia es en la zona adaptativa de carnívoros de mediano tamaño, la cual estaba ocupada en América del Sur por los marsupiales didélfidos (parientes de las zarigüeyas) quienes fueron desplazados al llegar los carnívoros placentados del norte tales como cánidos, mustélidos y félidos (Pascual y Bond, 1986; Webb, 1991).

Otra de las interacciones en el establecimiento de nuevas relaciones presa-predador es la aparición de nuevos predadores con otras técnicas de caza, lo cual puede ser fatídico para las presas, que son diezmadas hasta que desarrollan nuevas técnicas de evasión o huida ante los nuevos cazadores. Tal es el caso de varios grupos de herbívoros sudamericanos ante los carnívoros norteamericanos (Marshall y Cifelli, 1990).

Un evento notable en América del Sur, fue la evolución de géneros autóctonos a partir de los inmigrantes. Un ejemplo muy representativo es el de un grupo de camellos tipo llama *Hemiauchenia* que llegó a América del Sur durante Pleistoceno temprano y durante el resto del Pleistoceno se diversificó en los cuatro géneros autóctonos: *Lama*, *Palaeolama*, *Eulamops*, y *Vicugna*, en la zona andina (Webb, 1974). Lo que es más interesante es que el género *Palaeolama* regresó a América del Norte, donde a finales del Pleistoceno se extinguió y sólo sobrevive en América del Sur y en el viejo continente.

De las 17 familias norteamericanas de mamíferos que llegaron a la parte austral del continente, seis evolucionaron lentamente y no produjeron géneros autóctonos, dos se extinguieron en América del Sur después del Pleistoceno (caballos y elefantes) y nueve se diversificaron moderadamente rápido y produjeron géneros autóctonos. El grupo que

experimentó una explosión adaptativa fue el de los roedores cricétidos de los cuales existen actualmente en América del Sur 47 géneros y ocupan una gran variedad de hábitats (Hershkovitz, 1972).

AMÉRICA DEL NORTE

Para el contingente sudamericano en América del Norte la historia es diferente: no hay ni un caso para hablar de competencia y su impacto ha sido relativamente poco importante. Los edentados conforman un grupo raro, que incluye a los perezosos gigantes que probablemente se solaparon con algún otro herbívoro grande en el tipo de alimento, pero sin ocasionar grandes cambios. Los otros inmigrantes de América del Sur eran tan distintos y su distribución no llegó a latitudes muy altas en América del Norte, a excepción de algunos como el perezoso terrestre *Megalonyx* que llegó hasta Alaska. Por ello es razonable aceptar el punto de vista de Patterson y Pascual (1972) que proponen que los inmigrantes sureños eran "insinuadores" o "infiltradores", más que competidores. De las formas sudamericanas que entraron a América del Norte se extinguieron los toxodóntidos, tres familias de perezosos terrestres, los gliptodontes, y los capibaras (aunque éstos sobreviven en América del Sur).

Muchas de las formas sudamericanas que cruzaron el puente se quedaron en las latitudes bajas, como en América Central y sur de México, donde actualmente forman parte de la biota tropical como los osos hormigueros, y los perezosos (Figura 2). Otros, como el armadillo y la zarigüeya, han alcanzado latitudes más templadas (Nowak y Paradiso, 1983).

COMENTARIO FINAL

El intercambio faunístico es uno de los eventos biogeográficos más interesantes por la diversidad de aspectos que involucra. La fauna de mamíferos actual del continente americano es el resultado en gran medida del evento que se inició apenas hace 3.5 millones de años. Aunque el intercambio ha sido estudiado por varios años todavía hay puntos sin resolver y faltan piezas para completar el rompecabezas.

El estudio de este evento es complicado ya que la información en la que está basado es sesgada, debido a la naturaleza del registro fósil y a la intensidad de la prospección paleontológica. La evidencia fósil proviene principalmente de dos áreas que están muy separadas del continente, por un lado en localidades de Estados Unidos y por otro en Argentina. Poco se conoce de las formas que habitaban áreas de bajas latitudes (zonas tropicales de América Central y sur de México) y lo mismo se puede decir de la parte norte de América del Sur. Aunque tenemos una mejor idea de la diversidad de la megafauna, es muy poca la información sobre las formas pequeñas.

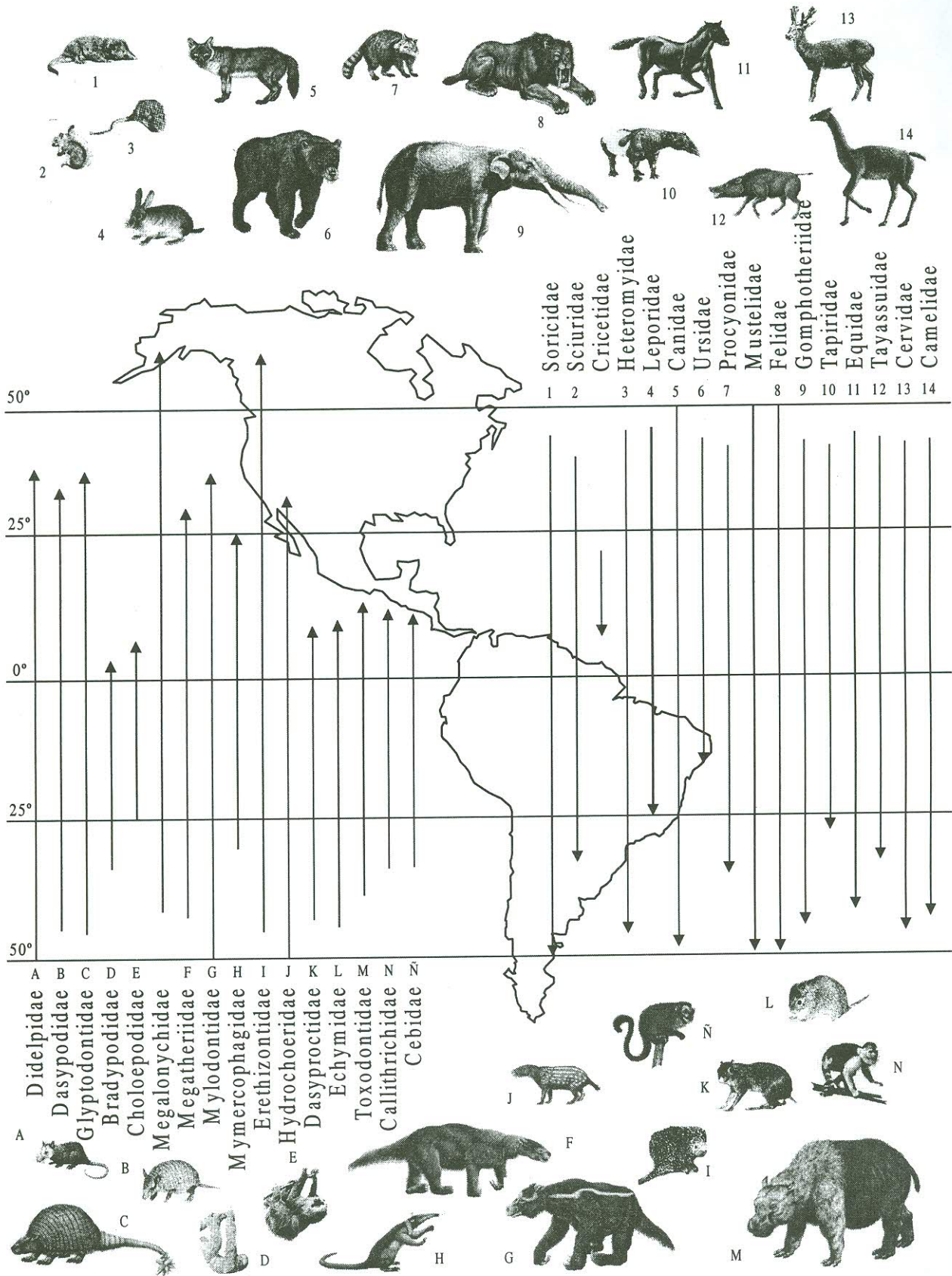


Figura 2. Alcances geográficos máximos de las familias que tomaron parte en el intercambio faunístico (Tomado de Pascual y Patterson, 1972; Webb, 1991).

La determinación de edades por medio de métodos radiométricos ha permitido establecer correlaciones más detalladas entre América del Sur y América del Norte. Aún así todavía existen huecos, sobre todo en la parte austral del continente, que afectan la interpretación de las tasas de evolución de los grupos.

Tampoco podemos olvidar el factor taxonómico, el cual modifica la cuantificación de los patrones y tendencias de diversidad faunística. Hay ciertos grupos como los caballos que han sido intensamente estudiados y cuya taxonomía, diversidad y distribuciones están claras, pero existen otros grupos que están pobremente estudiados.

El intercambio faunístico entre las Américas es un tema que ha sido y sigue siendo apasionante por todas las facetas que involucra y todo lo que falta por hacer. En este sentido, México juega un papel importante, ya que se encuentra en una posición geográfica y climática privilegiada y seguramente encierra respuestas a algunas de las interrogantes. Por un lado fue parte de la ruta de migración de los animales hacia el norte y sus registros se encuentran en el territorio nacional, como se ha podido comprobar con las prospecciones paleontológicas realizadas en los últimos años. También debió haber sido lugar de adaptaciones y de evolución de mamíferos norteamericanos a zonas tropicales los cuales más tarde pudieron haber cruzado el istmo. Además, muchas de las formas que venían en sentido sur-norte pudieron haberse quedado en estas latitudes.

REFERENCIAS

- Anderson, T.H. 1978. Mesozoic crustal evolution of Middle America and the Caribbean: Geological considerations. *EOS* 59:404.
- Carranza-Castañeda, O. 1994. Mastofauna del Mioceno tardío de la cuenca carbonífera de Zacualtipán, Hidalgo, México: Pachuca, Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Revista de Investigación. Pancromo* 23, 1:40-49
- _____, and L., Espinosa Arrubarena. 1995. Late Tertiary equids from the State of Hidalgo, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 11: 182-192.
- _____, and W., Miller. 1997. Late Tertiary South American immigrants of Central Mexico. Seventh International Theriological Congress, Abstracts. Acapulco, México, Septiembre 6-11, 1997. p.78
- Duque-Caro, H. 1990. Neogene stratigraphy, paleoceanography and paleobiogeography in northwest South America and the evolution of the Panama Seaway. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 77: 203-234.
- Flanagan, R. 1998. Sea Change. *Earth* February: 42-47.
- Gose, W.A. and G.R., Scott. 1979. The aggregation of Meso-America. *Resúmenes Geological Society of America*, 11: 434.
- Hershkovitz, P. 1972. The Recent mammals of the Neotropical region: a zoogeographic and ecological review. pp. 311-431, in A. Keast, F.C. Erk, and B. Glass (eds.). *Evolution, mammals and Southern continents*. State University New York Press, Albany, NY.
- Hirschfeld, S.E. 1981. *Pliometanastes protistus* (Edentata Megalonychidae) from Knight's Ferry, California with discussion of early Hemphillian megalonychids. *PaleoBios*, 36: 1-17.
- Hirschfeld, S.E. and S.D., Webb, 1968. Plio-Pleistocene megalonychids sloths of North America. *Bulletin, Florida State Museum, Biological Sciences*, 12: 213-296.
- Hoffstetter, R. 1981. Historia biogeográfica de los mamíferos terrestres sudamericanos: problemas y enseñanzas. *Acta Geológica Hispánica*. 16: 71-88.
- Jones, D.S., and Ph. F., Hasson. 1985. History and development of the marine invertebrates faunas separated by the Central American Isthmus. pp. 325-355, in Stehli, F.G., y S.D. Webb (eds.) *The Great American Biotic Interchange*. Plenum Press, NY.
- Keigwin, L.I. 1978. Pliocene closing of the Isthmus of Panama based on biostratigraphic evidence from nearly Pacific Ocean and Caribbean sea cores. *Geology*, 6: 630-634.
- Kraglievich, J.L., y O.A., Reig. 1954. Un nuevo prociónido del Plioceno de Las Playas (Provincia de Córdoba). *Revista Asociación Geológica Argentina*, 9: 209-231.
- Lavocat, R. 1971. Affinités systématique des caviomorphes et des phiomorphes et origine Africaine des caviomorphes *An. Acad. Bras. Cienc.* 43 (Supl.): 515-522.
- Lillegraven, J.A. 1984. Why was there a "Marsupial-Placental dichotomy"? pp. 72-86, in *Short Course on Mammals organizado por P.D. Gingerich y C.E., Badgley*. Paleontological Society.
- Mac Arthur, R.H. and E.O., Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, 203 p.
- MacPhee, R.D. and M. Iturralde-Vinent. 1995. Origin of the Greater Antillean land mammal faunas, 1: New Tertiary fossils from Cuba and Puerto Rico. *American Museum of Natural History. Novitates* 3141, 31 p.
- Malfait, B.T. and M.G., Dikelman. 1972. Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and the evolution of the Caribbean Plate. *Bulletin of the Geological Society of America*, 83: 251-272.
- Marshall, L.G., S.D., Webb, J.J., Sepkoski, and D.M., Raup. 1982. Mammalian evolution and the Great American Interchange. *Science*, 215: 1351-1357.
- Marshall, L.G. and R.L., Cifelli. 1990. Analysis of changing diversity patterns in Cenozoic land mammal age faunas, South America. *Palaeovertebrata*, 19: 169-210.
- Marshall, L.G. 1985. Geochronology and Land-Mammal Biochronology of the Transamerican Faunal Interchange. pp. 49-85, in Stehli, F.G., and S.D. Webb. *The Great American Biotic Interchange*. Plenum Press, NY.

- Nowak, R.M., and J.L. Paradiso. 1983. Walker's Mammals of the world. Vol. 1., 4. ed. John Hopkins University Press, Baltimore and Londres, 568 pp.
- Pascual, R., y M. Bond. 1986. Evolución de los marsupiales cenozoicos en Argentina. Simposio Evolución de los vertebrados cenozoicos. IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Mendoza, nov. 23-27, p. 23-27.
- Patterson, B., and R., Pascual. 1972. The fossil mammal fauna of South America, pp. 247-309, in Keast, A., F.C. Erk, and B. Glass (eds.) Evolution, Mammals and Southern Continents. State University of New York Press, Albany.
- Rich, P.V. and T.H., Rich. 1983. The Central American route: Biotic history and paleogeography. pp 12-34, in Janzen D.H. (ed.) Costa Rican Natural History. University of Chicago Press Chicago.
- Savin, S.M. and R.G., Douglas. 1985. Sea level, climate and the Central American Land Bridge, pp. 303-324, in Stehli, F.G., and S.D., Webb (eds.) The Great American Biotic Interchange, Plenum Press, NY.
- Simpson, G.G. 1950. History of the fauna of Latin America. American Scientist, 38: 261-389.
- Simpson, G.G. 1980. Splendid isolation: the curious history of South America Mammals. Yale University Press, New Haven co. p 266.
- Stehli, F.G., y S.D., Webb. 1985. The Great American Biotic Interchange. Plenum Press, NY 531 p.
- Wallace, A.R. 1876. The Geographical distribution of Animals. MacMillan, Londres.
- Webb, S.D. 1974. Pleistocene llama of Florida, with a brief review of the Lamini, pp. 176-213, in Webb, S.D. (ed.). Pleistocene mammals of Florida. The University of Florida, Gainesville.
- Webb, S.D. 1976. Mammalian faunal dynamics of the Great American Interchange. Paleobiology, 2: 220-234.
- Webb, S.D. 1985. Late Cenozoic mammal Dispersals between the Americas, pp. 357-385, in Stehli, F.G., and S.D. Webb (eds.). The Great American Biotic Interchange. Plenum Press, NY.
- Webb, S.D. 1991. Ecogeography and the Great American Interchange. Paleobiology 17: 266-280.
- Webb, S.D. and L.G. Marshall. 1982. Historical biogeography of recent South American land mammals, pp. 39-52, in Mares, M A., and H.H. Genoways (eds.) Mammalian biology in South America, Special Publication Series. Pymatuning Laboratory of Ecology, University of Pittsburgh.
- Wood, A.E. 1985. Northern waif primates and rodents, pp. 267-282, in Stehli, F.G., and S.D. Webb (eds.). The Great American Biotic Interchange. Plenum Press, NY.

IMÁGENES ELECTROMAGNÉTICAS DEL INTERIOR DE LA TIERRA: PARTE VI

Enrique Gómez Treviño
CICESE, Ensenada, Baja California, México

Parte I:	GEOS, 1996, Vol. 16, No. 3, 152-154
Parte II:	GEOS, 1997, Vol. 17, No. 2, 104-106
Parte III:	GEOS, 1997, Vol. 17, No. 3, 172-176
Parte IV:	GEOS, 1998, Vol. 18, No. 1, 24-30
Parte V:	GEOS, 1999, Vol. 19, No. 1, 29-32

Parte VI.

En este número veremos una técnica más con la que se puede obtener directamente la resistividad de una Tierra homogénea. La técnica consiste en hacer circular corriente eléctrica en la Tierra mediante el efecto de campos magnéticos variables en el tiempo, por lo que no existe contacto material entre la fuente y el terreno como en la técnica de corriente directa, en donde la corriente se inyecta mediante varillas clavadas en el suelo. Trataremos aquí con corrientes que se producen simplemente en respuesta a variaciones temporales de campos magnéticos como en el caso de las corrientes telúricas. Ya vimos en una sección anterior los procedimientos que se han ideado para medir la resistividad mediante el flujo de corriente directa. También consideramos la forma en que se procede en el caso de las corrientes telúricas, particularmente en relación con el uso de variaciones armónicas o sinusoidales. Explicamos que cuando la fuente de los campos magnéticos oscila armónicamente, las corrientes en el terreno, así como los campos que éstas generan, también oscilan en la misma forma, y que el periodo de oscilación es exactamente el mismo para fuentes y corrientes. Ninguna otra forma de variación temporal posee esta importante propiedad, la cual facilita enormemente la aplicación de la teoría electromagnética a una variedad de problemas. Sin embargo, lo anterior no significa que no podamos utilizar otras formas de variación. En la práctica, se realizan más sondeos con variaciones del tipo de escalón o impulso que con variaciones armónicas. En este número explicaremos estos métodos, a los cuales, por lo general, se les denomina métodos del dominio del tiempo o transitorios.

Como en los casos anteriores, nos limitaremos a explicar los procedimientos para obtener la resistividad de un medio homogéneo. Con estos nuevos casos tendremos a nuestra disposición una serie de recetas o fórmulas diferentes que producen exactamente el mismo resultado. Esto es, en todos los casos se obtendrá un único y mismo valor: la resistividad del medio en cuestión. Sin embargo, veremos que cada fórmula se caracteriza por una forma muy particular de realizar el muestreo de la resistividad a diferentes profundidades. Y no sólo las diferentes fórmulas son distintas: la misma fórmula muestrea de diferente forma las profundidades, dependiendo de parámetros como la separación entre electrodos o el periodo

de oscilación. Todos estos aspectos los veremos en su oportunidad, cuando pasemos al caso de medios heterogéneos, lo que a su vez, nos llevará directamente al problema de recuperar la distribución de resistividades del subsuelo. Las imágenes electromagnéticas del interior de la Tierra no serán otra cosa que representaciones gráficas de estas distribuciones de resistividad.

7.3 TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS

7.3.1 CATÁSTROFE DE FIN DE MILENIO

Una de las mil y una catástrofes que se antojan para el fin del milenio es la repentina desaparición del campo magnético de la Tierra. Nadie ha vaticinado este posible desastre porque sus consecuencias no son tan obvias como las de los terremotos y las erupciones volcánicas. Además, los pronósticos de fin de milenio están diseñados para asustar a la gente y difícilmente, se podría asustar a alguien diciéndole que las brújulas dejarían de funcionar. Inmediatamente nos replicarían que las brújulas ya no se usan pues lo moderno es usar el sistema de posicionamiento por satélite. Sin embargo, tal vez ningún evento tendría mayor impacto sobre nuestro planeta que el desvanecimiento del campo magnético. No solo las brújulas dejarían de funcionar, lo que, para geólogos y geofísicos sí representaría una verdadera catástrofe, sino que además las condiciones para la vida desaparecerían muy pronto de nuestro planeta. Entre otras cosas, nuestro querido campo magnético nos protege como una sombrilla cósmica de los efectos del viento solar, lo cual, a pesar de ser un tema muy interesante, excede los fines de este escrito. En realidad, para los propósitos de obtener imágenes electromagnéticas del interior de la Tierra, sería muy conveniente que el campo magnético se desvaneciera y resurgiera de vez en cuando. De esta manera podríamos realizar mediciones de los fenómenos transitorios asociados a la desaparición, que nos permitirían inferir la distribución de la resistividad eléctrica desde la superficie hasta el núcleo mismo del planeta. Así como es, estático, el campo magnético no tiene ninguna utilidad para estudios que involucren el flujo de corriente eléctrica. Esta limitación es producto de las leyes naturales: los campos magnéticos estáticos no hacen fluir corriente en los materiales conductores. Para que esto suceda es necesario que el campo cambie de magnitud o de dirección. Las corrientes aparecen durante el periodo de transición.

La transición entre el tener y ya no tener campo magnético en la Tierra seguramente resultaría muy espectacular, pues no faltarían las luces de colores que iluminarían el cielo en pleno día. La transición estaría caracterizada por la aparición

repentina de gigantescas corrientes eléctricas que circularían en la atmósfera, los océanos y los continentes. Como sabemos, cuando un campo magnético varía en el tiempo, se producen corrientes eléctricas en los materiales conductores que se encuentran presentes, de tal forma que las corrientes son mayores en la medida en que los cambios son más rápidos. Ahora bien, la desaparición repentina de un campo es una de las formas más rápidas de variación que puedan producirse; incluso más rápida que cualesquier variación armónica. Esto significa que la desaparición del campo magnético de la Tierra posee un gran potencial para producir corrientes eléctricas, siempre y cuando estén presentes materiales conductores. Al respecto, sabemos que los continentes son buenos conductores de la electricidad y que los océanos y algunas partes de la atmósfera lo son aún más. Tenemos entonces todos los ingredientes para que aparezcan corrientes eléctricas en *tierra, mar y cielo*. En los continentes, las corrientes más fuertes se concentrarían en lugares donde predominan las rocas sedimentarias, ya que su resistividad tiende a ser menor que la de las rocas ígneas y metamórficas. Por otro lado, independientemente del tipo de roca, en el momento mismo en que se apagara la fuente del campo magnético, las corrientes estarían concentradas en las partes más superficiales. Al transcurrir el tiempo las corrientes se extenderían gradualmente a mayores profundidades, por lo que podríamos literalmente detectar el valor de la resistividad desde la superficie hasta el centro de la Tierra. Esta combinación de variaciones laterales que dependen del tipo de roca, con variaciones verticales que dependen del tiempo, permitirían, en principio, obtener la distribución tridimensional de la resistividad de la Tierra. Podríamos entonces saber muchas cosas sobre la evolución de la Tierra, sobre su régimen térmico, sobre la dinámica de la tectónica de placas y sobre un sinfín de enigmas que aun no tienen respuesta. Sin embargo, por nuestra propia salud mental es muy conveniente que en este preciso instante volvamos a la realidad: nada de esto ocurriría, pues es imposible que el campo magnético de la Tierra desapareciera repentinamente. Además, —para nuestra fortuna— no tenemos control sobre su fuente, por lo que no podemos apagarla ni prenderla a voluntad.

7.3.2 EVITANDO LA CATÁSTROFE

El que quiere puede, reza el dicho. Aunque podemos experimentar con el campo magnético natural de la Tierra, sí podremos experimentar con campos artificiales sin poner en peligro a nuestro planeta. Basta con hacer que circule corriente directa por un cable para producir un campo magnético, y basta con cortar el cable, para que el campo desaparezca, creando así las condiciones de un campo variable capaz de inducir corrientes en el subsuelo. En la práctica generalmente se tienden en el suelo espiras de varios cientos de metros de diámetro por donde se hace circular una corriente de varios amperios. Como el campo magnético no depende de la resistividad del terreno, las líneas de campo se continúan del aire al suelo como si el terreno no existiera. De hecho, el campo en el subsuelo será idéntico al campo de la espira en el vacío

o en el aire. Muy cerca de los cables el campo generalmente es mucho mayor que el campo natural de la Tierra, y tiende a ser mucho menor al alejarse de ellos. Debido a esta disminución del campo con la distancia, el volumen afectado por la espira no es muy grande. Típicamente la penetración del campo no va más allá del doble del diámetro de la espira. En comparación, el campo magnético natural afecta significativamente a toda la Tierra. Ahora bien, al cortar el cable se inducirán corrientes en el terreno, mas no en el aire, ya que este último no es conductor. Como veremos, la intensidad de la corriente en el suelo dependerá de la resistividad eléctrica del terreno, así como del tiempo transcurrido desde la interrupción de la fuente. Típicamente la corriente desciende a cero en menos de un segundo. Generalmente en el centro de la espira se coloca una espira más pequeña mediante la cual se mide el decaimiento de las corrientes que circulan en el subsuelo. Una vez conocido este decaimiento, se procede a utilizarlo en la fórmula que relaciona el tamaño de las espiras con la resistividad del terreno. El proceso de despejar la resistividad del terreno no es nada simple, aun considerando que se trate de un medio homogéneo. De hecho, para el caso que estamos considerando, no existe una fórmula algebraica que exprese la resistividad en términos de las demás cantidades. Conocemos la ecuación que relaciona las diferentes cantidades, pero resulta imposible despejar la resistividad. Por lo general se recurre a aproximaciones o a familias de curvas patrón para recuperar la resistividad del terreno.

7.3.3 AYUDA DEL CIELO

Para ilustrar con un ejemplo sencillo el uso de los transitorios electromagnéticos recurriremos a los campos magnéticos que se originan en el cielo. El caso que veremos permite despejar la resistividad del terreno en términos de las demás cantidades. Como se recordará, en la sección dedicada al método magnetotelúrico mencionamos que en el cielo, en la ionosfera, el viento solar produce corrientes eléctricas que varían en el tiempo en forma caprichosa. También mencionamos que estas variaciones se pueden representar como una suma de variaciones armónicas, y que las amplitudes y las fases de estas variaciones armónicas se pueden obtener directamente de los registros de las señales originales. En otras palabras, que una vez que conocemos estas amplitudes y estas fases, podemos reconstruir las variaciones originales mediante una simple suma de armónicos. Una cosa que no dijimos, pero que mencionaremos ahora, es que podemos reconstruir el decaimiento de corrientes en la Tierra para el supuesto caso de un campo magnético estático que repentinamente desaparece. Esto en realidad no se observa en la naturaleza: ninguna de las variaciones caprichosas que se originan en la ionosfera se aproxima siquiera a esta situación. Sin embargo, es perfectamente posible sumar los armónicos del campo magnético asignando diferentes pesos a cada uno de ellos, de tal forma que la suma resulte en la variación deseada. Sumando ahora los armónicos del campo eléctrico con los mismos pesos usados para el campo magnético, obtendremos el decaimiento

del campo eléctrico que corresponde a la desaparición repentina del campo magnético. A este decaimiento se le conoce generalmente como la respuesta de la Tierra a un escalón de campo magnético. El resultado es equivalente a haberlo medido realmente en la naturaleza. Se trata de un proceso de síntesis muy útil en la práctica. También se puede sintetizar el decaimiento del campo eléctrico cuando el campo magnético aparece repentinamente y enseguida desaparece. A este decaimiento generalmente se le conoce como la respuesta de la Tierra a un impulso de campo magnético. A ambos tipos de decaimiento se les conoce como respuestas en el dominio del tiempo o simplemente como transitorios electromagnéticos.

Los procedimientos de síntesis descritos en el párrafo anterior se refieren a mediciones de campo. Lo que ahora procede para poder utilizar los decaimientos es conocer la forma precisa en que el campo eléctrico depende de la resistividad. Al respecto, ya sabemos la fórmula que expresa esta dependencia en el caso de variaciones armónicas. Se trata de la fórmula que se discutió en la sección sobre el método magnetotelúrico. Siguiendo el mismo razonamiento que en el caso de las mediciones, en donde se sumaron con diferentes pesos las respuestas de diferentes armónicos, podemos sumar igualmente las respuestas de los diferentes armónicos, pero ahora utilizando los valores que predice la teoría. El paso formal de un dominio a otro se realiza mediante la Transformada de Fourier de las fórmulas correspondientes. Para el caso de la respuesta al escalón el decaimiento del campo eléctrico se puede expresar como $E(t)=2H(\mu_0\rho/t\pi)^{0.5}$, donde t representa el tiempo transcurrido desde la desaparición del campo magnético, H es la intensidad del campo magnético antes de su desaparición, μ_0 representa la permeabilidad magnética del aire o vacío, la cual puede encontrarse en casi cualquier libro de Física, ρ es la resistividad de la Tierra y π es simplemente 3.1416. Como puede observarse, el decaimiento del campo eléctrico posee información sobre la resistividad del terreno. Además, en este caso sí se puede despejar ρ de la fórmula. Por otro lado, en el caso de la respuesta al impulso, el decaimiento del campo eléctrico se puede expresar como $E(t)=(H/t)(\mu_0\rho/t\pi)^{0.5}$, donde ahora H representa la amplitud del impulso del campo magnético y las demás variables son como en la fórmula anterior. Puede fácilmente apreciarse que el decaimiento en este caso es más rápido que para el escalón. Sin embargo, la fórmula sigue siendo lo suficientemente simple como para despejar la resistividad del terreno. En ambos casos la resistividad queda expresada en términos de cantidades conocidas o que pueden conocerse a través de las mediciones.

Es interesante observar que las fórmulas anteriores proporcionarán un único y mismo valor independientemente del tiempo t que se utilice, con tal de que éste corresponda al tiempo en que se efectuó la medición. Esto no podría ser de otra manera ya que se trata de un medio homogéneo. Sin embargo, las mediciones a diferentes tiempos no son enteramente equivalentes. Esto se debe a que a diferentes tiempos, las corrientes en el subsuelo fluyen a diferentes

profundidades. A tiempos cortos las corrientes están limitadas a fluir en las partes más superficiales y a medida que transcurre el tiempo, se van extendiendo a mayores profundidades. Como en el caso de las corrientes telúricas, la penetración también depende de la resistividad del terreno. En el presente caso la profundidad de penetración se puede estimar con la fórmula $d=1500(\rho t)^{0.5}m$. Procediendo de manera similar a como se hizo en el caso de las corrientes telúricas, podemos decir que la zona de influencia de una medición en el dominio del tiempo está limitada por una esfera de radio d y centrada en el punto de medición. Tenemos entonces que mediciones realizadas a diferentes tiempos t no son enteramente equivalentes, aun en el caso en que los resultados de las diferentes mediciones arrojen exactamente el mismo valor de resistividad. En realidad, mediciones realizadas a diferentes tiempos estarán siendo afectadas por volúmenes muy diferentes. Esto tiene la gran ventaja de que podemos controlar el volumen que afecta a las mediciones. En muchos otros métodos geofísicos, como el gravimétrico, no se tiene control alguno sobre el volumen que afecta a una medición de gravedad.

DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EN LA VERTIENTE SUR DE LA SIERRA LAS VIGAS-TECUÁN, SAN JUAN COSALÁ, JOCOTEPEC, JALISCO

Carlos Suárez Plascencia, Gustavo Saavedra de la Cruz y Lourdes Sánchez Vázquez
 Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara
 E-mail: csuarez@udgserv.cencar.udg.mx

RESUMEN

El 8 de septiembre de 1997 la localidad de San Juan Cosalá y la Sierra Las Vigas, ubicadas en la margen norte del Lago de Chapala, fueron afectadas por una intensa precipitación de tipo local, estimada en 50 mm en 20 minutos. Esta lluvia generó siete flujos de lodo y roca, que se desplazaron por barrancas cuyas cabeceras se ubican en la parte alta de la Sierra Las Vigas-Tecuán. Los flujos de detritos finos y rocosos se emplazaron en forma de abanico sobre la zona de piedemonte y la planicie en (por lo menos) tres eventos sucesivos con separación de algunos minutos. El proceso dejó un depósito compuesto de lodo, rocas y materia vegetal que alcanzó un espesor entre 0.60 y 3.50 m, afectando el sector poniente de San Juan Cosalá, los fraccionamientos residenciales de tipo campestre Tempisque y Villas El Limón, además de varias hectáreas de cultivos de hortalizas.

Palabras clave: Flujo de lodo y rocas, Sierra Las Vigas, San Juan Cosalá.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra en el Graben de Chapala. Este se define como una depresión alargada y angosta de origen tectónico de 90 km de longitud y 10 km en anchura en su parte más estrecha, y de 25 a 30 km en sus partes más amplias (Delgado, 1992). La localidad de San Juan Cosalá se ubica en el extremo noroeste del sector norte del graben, entre las coordenadas extremas 20°17'30" y 20°18'30" N y 103°20'30" y 103°21'45" (Figura 1), que comprenden la zona norponiente y poniente de la localidad. Esta incluye parte de la Sierra El Tecuán y el piedemonte formado por depósitos coluviales del Cuaternario y la planicie lacustre del Lago de Chapala. La localidad está a una altura relativa de 760 metros con respecto a la cima de la montaña. El conjunto tiene una pendiente promedio de 40°, pero se observan varios escarpes con pendientes de 90°. Esta localidad está habitada por una población indígena que vive en la mayor parte del pueblo y una por extranjeros, predominantemente ancianos de nacionalidad americana y canadiense. Los últimos viven en una serie de fraccionamientos de tipo residencial campestre construidos a partir de la década de los ochenta en la zona de piedemonte de la Sierra Las Vigas y El Tecuán.

METODOLOGÍA

Después del deslizamiento de tierras ocurrido el 8 de septiembre de 1997, se realizaron dos sobrevuelos en helicóptero que sirvieron para cartografiar las áreas afectadas por los flujos de lodo, rocas y materia vegetal provenientes de las laderas altas y medias de la montaña. Se realizó la fotointerpretación de fotografías aéreas verticales escala 1:37,000 del INEGI y de las fotos oblicuas tomadas durante los vuelos de observación. Posteriormente se efectuaron visitas



Figura 1. Localización geográfica de la localidad de San Juan Cosalá, en el municipio de Jocotepec, Jalisco

de campo con tres objetivos: a) verificar la interpretación fotogeológica, b) recopilar información de daños y c) cartografiar a detalle las áreas afectadas, así como las trayectorias de los flujos y zonas de origen. Finalmente, se elaboró la cartografía a escala 1:25,000 y se cuantificaron los daños sobre la mancha urbana y los cultivos agrícolas.

ANTECEDENTES METEOROLÓGICOS

De acuerdo con los datos de la Estación Meteorológica Chapala (20°18'N, 103°12'W y 1560 m.s.n.m.), el clima del lugar es (A)C(M)(w₀)a, (clasificación de Köppen modificada),

es decir, semicálido, con un porcentaje de lluvia invernal de 2.3 % con relación a la precipitación anual; el cociente P/T (precipitación media anual sobre la temperatura media anual) es de 40.7, el más seco de esta clase de climas. El verano es cálido, con temperaturas en el mes más caliente de alrededor de 22.8°C.

De acuerdo con el Segundo Sistema de Thornthwaite, el clima es $C_2w_2B'_3a'$, es decir, ligeramente húmedo, con gran deficiencia de agua invernal y templado cálido de acuerdo a su categoría de temperatura.

De acuerdo con los datos del clima de la Estación Chapala, la precipitación media anual de la región es de 810.9 mm (en 1941 se midieron 1281.0 mm y en 1954 sólo 486.1 mm). El período húmedo, lapso en el cual la precipitación es mayor que la evapotranspiración, es más o menos de 19 semanas y se extiende desde la tercera semana de mayo hasta la primera de octubre. En esta época la precipitación es de aproximadamente 717.6 mm, que equivale al 88 % del total anual.

El área de estudio presenta dos períodos con exceso de humedad; el primero desde principios de junio hasta finales de julio y el segundo, desde la primera semana de agosto hasta finales de septiembre. Por otro lado, hay humedad almacenada en el suelo desde mediados de mayo hasta la última semana de noviembre.

La precipitación histórica máxima media en 24 horas fue de 74.4 mm y se registró el 2 de agosto de 1948; en promedio, la lluvia máxima en un día es de 17.1 mm en mayo, 33.6 mm en junio, 41.4 mm en julio, 36.4 mm en agosto y 34.3 mm en septiembre. Estos datos reflejan la magnitud relativa de la precipitación de 50 mm en 20 minutos, ocurrida el 8 de septiembre de 1997 a las 7:20 A.M. (comunicación personal de la CNA e investigadores del Instituto de Meteorología de la Universidad de Guadalajara).

Durante el temporal de lluvias, en la región de Chapala es común que se presenten zonas de baja presión que generan lluvias intensas y de corta duración sobre las laderas de las sierras que circundan al lago. Este tipo de fenómenos es conocido por los pobladores del área como "culebras" o "trombas".

El fenómeno meteorológico que provocó los flujos de lodo y rocas que afectaron al sector central y poniente de la localidad de San Juan Cosalá, inició el 7 de septiembre con una lluvia de baja intensidad que duró varias horas en la región de Chapala-Jocotepec. Esta lluvia cesó durante algunas horas de la madrugada del 8 de septiembre. A las primeras horas de ese día se formó una zona de baja presión sobre la cima y vertiente sur de la Sierra Las Vigas-Tecuán. Esta anomalía barométrica formó un cumulus nimbo de gran altura que generó a las 7:20 A.M. (12:20 GMT), la precipitación extraordinaria. La cantidad de agua precipitada ese día representa el 37.9% del total mensual. Un fenómeno similar

ocurrió el 10 de septiembre de 1935, cuando se registraron 58 mm en 24 horas, sin reportes de efecto alguno sobre la ladera.

MARCO GEOLÓGICO

El área afectada se encuentra en el Graben de Chapala orientado E-W. Está delimitado por los bloques levantados de la Sierra Las Vigas-Tecuán al norte y la Sierra La Difunta al sur.

Litológicamente, la Sierra Las Vigas y El Tecuán están formadas por una secuencia de rocas denominadas Vulcanitas Indiferenciadas del Mioceno-Plioceno (Delgado, 1994) que incluyen rocas andesíticas, basálticas, brechas basálticas y algunos depósitos de tobas cuya edad varía entre 6.3 y 4.5 Ma. Estas rocas fueron extrudidas por una actividad de tipo monogénico y fisural. Este grupo subyace a rocas volcánicas silíceas del Grupo Chapala, formadas por derrames de lava y depósitos de caída y de flujo, mezclados con sedimentos lacustres del Lago de Chapala.

El piedemonte de la Sierra Las Vigas está formado por una sucesión de depósitos de abanicos de depósitos aluviales y coluviales, en donde predominan los bloques angulosos y semiangulosos con matriz arcillosa de color café. En la parte baja de esta unidad, depósitos coluviales están interdigitados con depósitos lacustres recientes del Lago de Chapala.

Estructuralmente la Sierra Las Vigas está afectada por una serie de fallas normales y lístricas, con orientación general N50-60°E que están bien expuestas en los cauces de las laderas de la montaña. Las fallas han provocado el desprendimiento de rocas, que se han acumulado en los cauces y fueron removidas durante la tormenta del 8 de septiembre de 1997.

GEOMORFOLOGÍA

Atendiendo a indicadores de pendiente, litología y grado de incisión, la ladera sur de la Sierra Las Vigas-Tecuán se divide en cuatro principales geoformas: a) Escarpes de la cima de la sierra. b) Interfluvios con pendiente mayor de 25°, localizados en la ladera sur de la sierra. Los interfluvios forman la principal unidad geomorfológica de la zona de estudio. Son alargados de forma convexa con orientación norte-sur. Las crestas tienen una anchura que alcanza hasta 200 metros y sus pendientes en general son mayores al 36%, incrementándose en las proximidades de la cresta de la montaña, donde se ubican varios escarpes verticales y disminuyen a menos del 15% en la zona de contacto con el piedemonte. c) Cauces que inciden sobre la ladera sur de la sierra y que drenan hacia la localidad de San Juan Cosalá. Morfológicamente, estos cauces son angostos, su profundidad de disección varía entre los 10 y 50 m y las pendientes oscilan entre 10° y 32° (Figuras 2 y 3); las cabeceras activas se ubican en el escarpe que caracteriza la cima de la Sierra. En la Figura

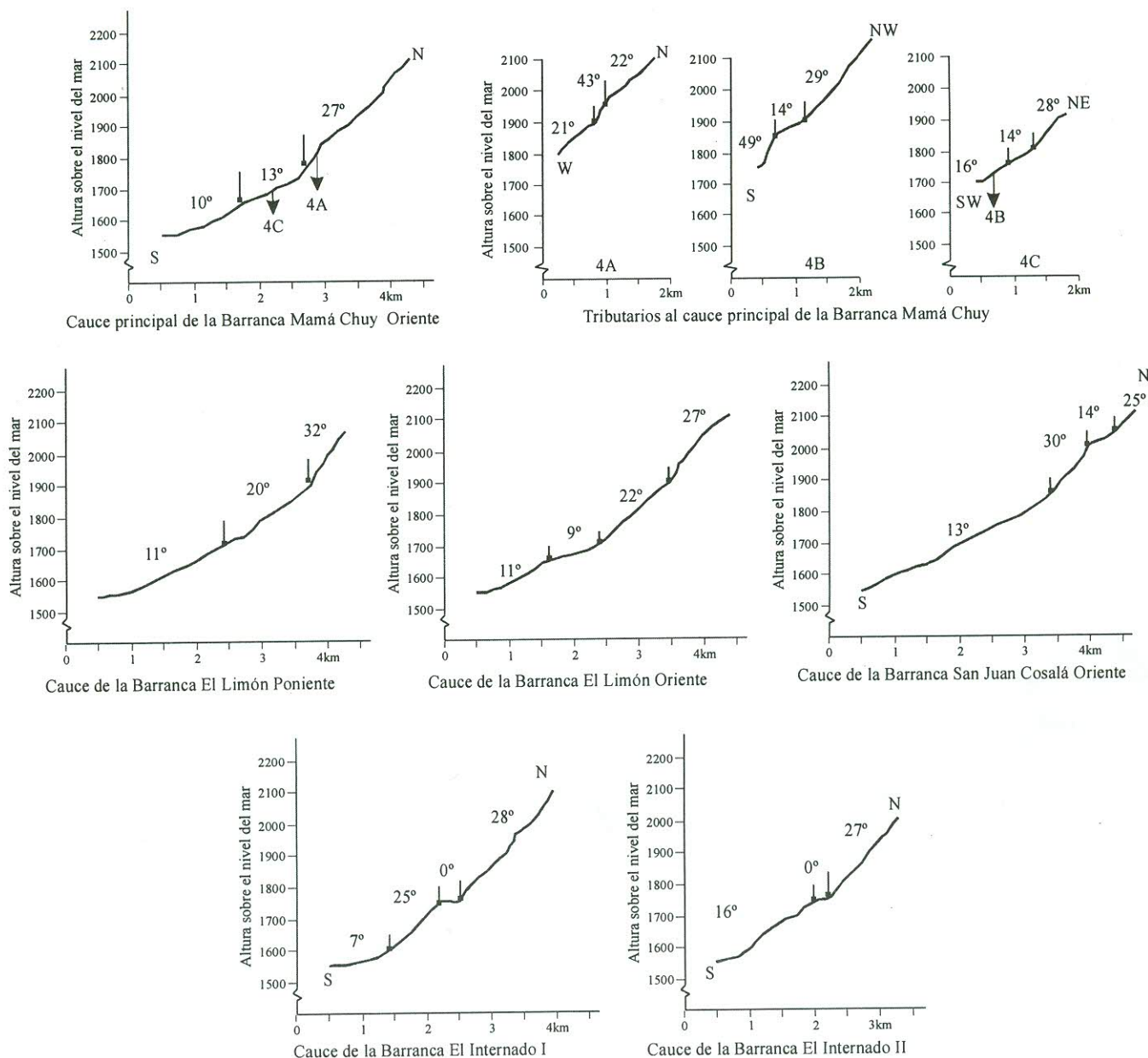


Figura 2. Perfiles topográficos y pendientes de los cauces principales y tributarios de la barrancas que canalizaron los flujos de lodo y rocas del 8 de septiembre de 1997

4 se muestran las siete microcuencas, cuyas características morfométricas se presentan en la Tabla 1. d) La unidad piedemonte acumulativo se ubica a partir de la cota 1650 m aproximadamente y termina en la cota 1550 m, zona donde entra en contacto con la planicie lacustre del Lago de Chapala. El piedemonte tiene una pendiente promedio de 7°, que ha favorecido la creación de fraccionamientos de tipo residencial. Hacia el oriente de San Juan Cosalá, el piedemonte está más extendido y en él inciden cuatro arroyos que drenan hacia el área urbana de la localidad. Cabe mencionar que estos arroyos no transportaron detritos durante el evento de 8 de septiembre de 1997 y, al realizar el recorrido de campo, se observó abundante material detrítico en los cauces. e) La planicie lacustre forma la parte más baja de la localidad de San Juan

Cosalá y se ubica a una altura promedio de 1520 msnm; tiene una pendiente menor al 5% y limita al sur con el Lago de Chapala.

GENESIS DEL FENOMENO

Con base en las observaciones realizadas durante el vuelo en helicóptero el 12 de septiembre de 1997, las visitas de campo a la zona afectada y a los cauces e interfluvios de la ladera sur de la Sierra Las Vigas-Tecúan, así como de las pláticas con los afectados en la zona poniente de San Juan Cosalá, se supo que desde la 9:00 de la noche del 7 de septiembre se inició una precipitación moderada sobre la región

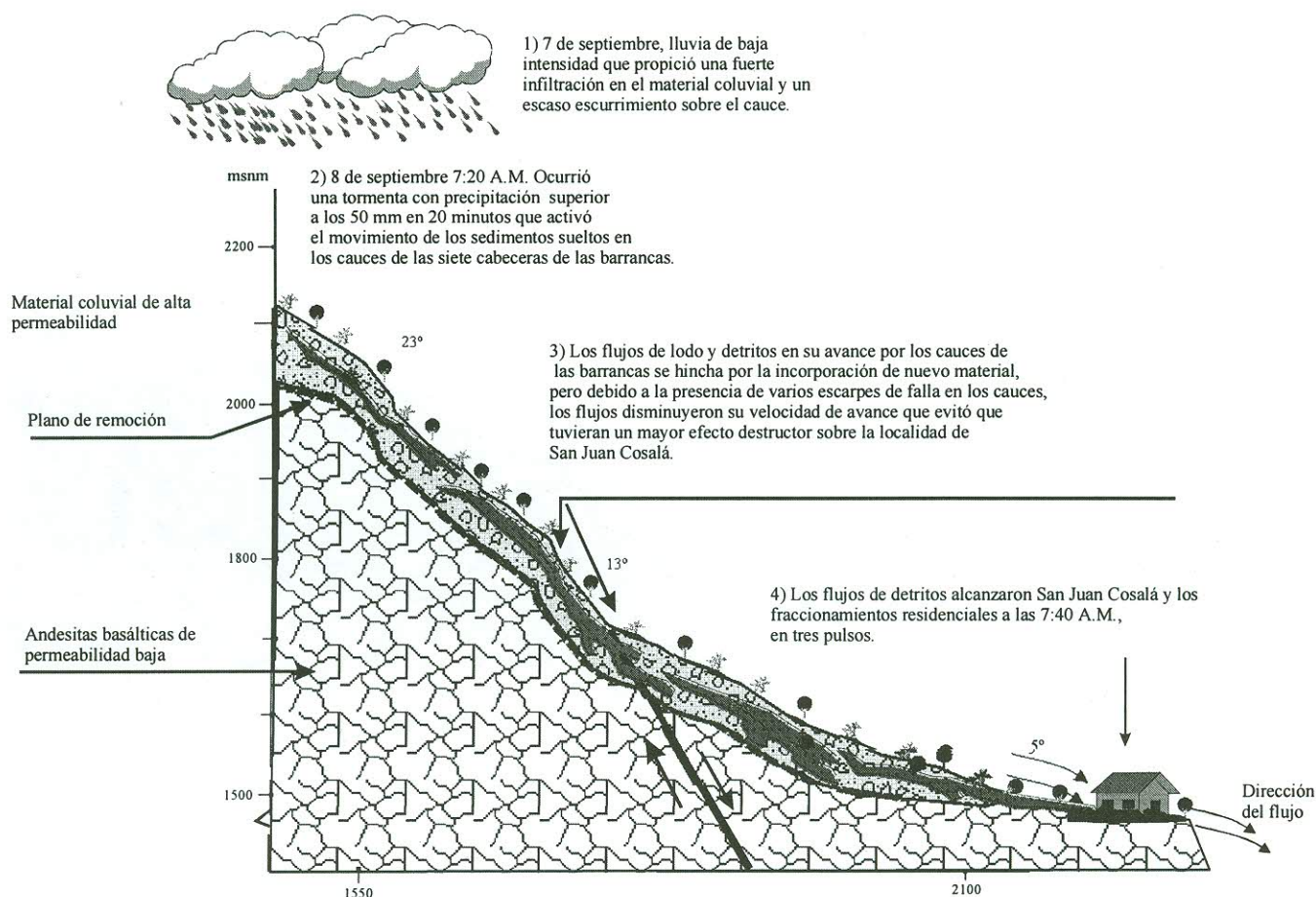


Figura 3. Perfil esquemático de una de las barrancas que inciden en la ladera sur de la Sierra Las Vigas-El Tecuán. En este diagrama se indica el mecanismo de los flujos de lodo y rocas que afectaron a la zona urbana y periurbana de San Juan Cosalá el 8 de septiembre de 1997.

norte del Lago de Chapala, la cual continuó toda la noche hasta el amanecer. A las 7:20 A.M del 8 de septiembre se presentó una intensa lluvia que no fue registrada por ninguna estación meteorológica de la zona pues fue de tipo puntual que afectó con gran intensidad a la zona inmediata a San Juan Cosalá. La precipitación fue de aproximadamente 50 mm en tan sólo 20 minutos, equivalente a 230, 830 m³ de agua en las siete microcuencas. La Tabla 2 muestra una estimación del agua precipitada en cada microcuenca afectada.

FACTORES Y MECANISMOS DE GENERACIÓN DE LOS FLUJOS

Las propiedades físicas de los flujos de lodo y rocas en zonas de altas pendientes están controlados por el tamaño del grano, de los bloques y del contenido de agua (Fisher, 1971), y típicamente incluyen tres aspectos: a) una alta resistencia a punto cedente, b) una densidad total alta (puede alcanzar los 2000 kg/m³) y c) viscosidades altas (Neill, 1976; Costa, 1984). Durante el avance del flujo desde el sector superior de la cuenca hasta alcanzar el valle, se presentaron los siguientes procesos:

Tabla 1. Características morfométricas de las microcuencas que transportaron los flujos de lodo y rocas

MICROCUENCA	SUPERFICIE (hectáreas)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (metros)	DIFERENCIA DE ALTURA	PENDIENTE %
San Juan Cosalá Oriente	74.62	2,355	750 m	31.84
Internado	90.59	2,201	640 m	29.07
Mamá Chuy Oriente	100.51	1,337	590 m	44.12
Mamá Chuy Poniente	25.44	1,987	570 m	28.68
El Limón Oriente	67.88	1,917	680 m	35.47
Tempisque	83.83	1,937	500 m	25.81
Limón Poniente	18.79	1,928	350 m	18.15

Tabla 2. Estimación del agua recibida en cada microcuenca

Microcuenca	Superficie (m ²)	Agua precipitada (m ³)
San Juan Cosalá Oriente	746,200	37,310
Internado	905,900	45,295
Mama Chuy Oriente	1'005,100	50,255
Mama Chuy Poniente	254,400	12,720
El Limón Oriente	678,800	33,940
El Limón Poniente	187,900	9,395
Tempisque	838,300	41,915

1. El flujo de agua incorporó progresivamente más sedimentos del piso y de las paredes del cauce en un proceso conocido como hinchamiento.
2. Conforme el flujo llegó a zona de baja pendiente bajó su densidad, debido al incremento de agua o a la pérdida de sedimentos depositados en la zona inmediata a la boca de la barranca, transformándose en flujos con sedimentos finos, denominados flujos de creciente hiperconcentrados, que presentan entre el 20 y el 60% de sedimentos por volumen.

Con base en lo anterior y el trabajo de campo efectuado, se interpreta que el flujo de lodo y rocas que afectó a San Juan Cosalá se originó a partir de la repentina precipitación y ocasionó que los materiales sedimentarios de las microcuencas, ya saturados de agua desde la noche anterior, sobrepasaran su capacidad normal de infiltración, lo que provocó la remoción de rocas, grava y arena de las cabeceras de los arroyos principales y de sus cauces tributarios. El material acarreado por los flujos de lodo consistió en bloques de andesita y brechas volcánicas de tamaños que variaron de pocos centímetros hasta de 3.5 m aproximadamente, aumentando la capacidad de abrasión sobre el fondo y paredes de los cauces. El flujo también incorporó troncos y maleza. Transcurrieron 25 minutos para que el primer flujo de material compuesto por lodo y grava alcanzara las primeras casas ubicadas en las desembocaduras de los arroyos, según se indica en la Figura 3.

Poco después llegó un segundo pulso de alta densidad formado fragmentos de roca gruesos, bloques, troncos y lodo, que destruyó el suelo de las zonas con cultivos de ladera (coamiles). Varias construcciones ubicadas en las cercanías de los cauces y en lomas bajas fueron afectadas (casas de los suizos) y el flujo alcanzó a las localidades de Villas El Limón, Tempisque y el sector poniente de San Juan Cosalá.

Finalmente, se emplazó un flujo hiperconcentrado de lodo fino de baja viscosidad que alcanzó la carretera Chapala-Jocotepec y a algunos pequeños sectores de la ribera del Lago de Chapala.

El espesor de los depósitos de los flujos en algunos puntos anteriores a la desembocadura de las barrancas fue de cinco a seis metros, mientras que en las desembocaduras fue de tres metros, sepultando automóviles, casas, calles y cultivos. En

la fase distante del depósito el espesor fue de 0.30 m, cerca de la carretera Chapala-Jocotepec

CARACTERISTICAS DE LOS FLUJOS DE DETRITOS Y LODO

El volumen de lodo y rocas depositado en el piedemonte y la planicie fue de 0.0452 km³. Este depósito se dividió en tres secciones:

- a) Sección proximal: Se ubica en la zona del ápice de los arroyos. El depósito se caracteriza por estar formado por bloques, los cuales disminuyen hacia la parte superior de los cauces que quedaron totalmente limpios de material sedimentario.
- b) Sección intermedia: Se ubica entre el ápice de los arroyos y la cota 1550. Los depósitos se caracterizan por la abundancia de bloques con tamaños que varían desde pocos centímetros, a bloques de aproximadamente 1.20 m de diámetro. La cantidad de matriz en los depósitos depende de la cuenca en que se transportó el material. Las cuencas El Internado y El Limón Oriente mostraron una gran cantidad de matriz de limo-arcilla en el depósito, alcanzando una altura en la parte norte de la Villa El Limón de 2.4 m, y en la cuenca El Internado de 0.50 m. En el resto de las cuencas los depósitos se caracterizaron por la abundancia de rocas y se ubicación dentro del cauce.
- c) Sección distal: Se forma por depósitos finos de arcillas y limos que se depositaron aproximadamente a partir de la cota 1550 m, cubriendo el oriente del Internado de Niños con una capa de 0.40 m. En la cuenca El Limón Oriente el flujo de lodo alcanzó la carretera Jocotepec-Chapala y en algunas zonas llegó hasta el Lago de Chapala. El espesor del depósito fue de 0.50 cm en el sector sur del Fraccionamiento Villas el Limón. El Fraccionamiento Mamá Chuy, ubicado en la cuenca del mismo nombre, el depósito distal de lodo se quedó atrapado en la zona urbana, donde su espesor promedio fue de 0.60 cm. Las Figuras 4, 5 y 6 muestran los daños a las casas y zonas de cultivo en el piedemonte de la Sierra Las Vigas-Tecuan.

EFFECTOS SOBRE LA SOCIEDAD

El fenómeno destruyó cinco casas construidas con materiales de baja calidad, afectó las estructuras de otras cinco y catorce casas más resultaron azolvadas. El área de afectación incluye los fraccionamientos Tempisque, Villas El Limón y sector poniente de San Juan Cosalá (Figura 4).

Con respecto a las áreas agrícolas, 28 hectáreas con cultivos de chayote, maíz de temporal y algunos huertos fueron dañados. De éstos, aproximadamente el 30% fue por flujos de bloques y el resto por flujos de lodo. En estas últimas, la

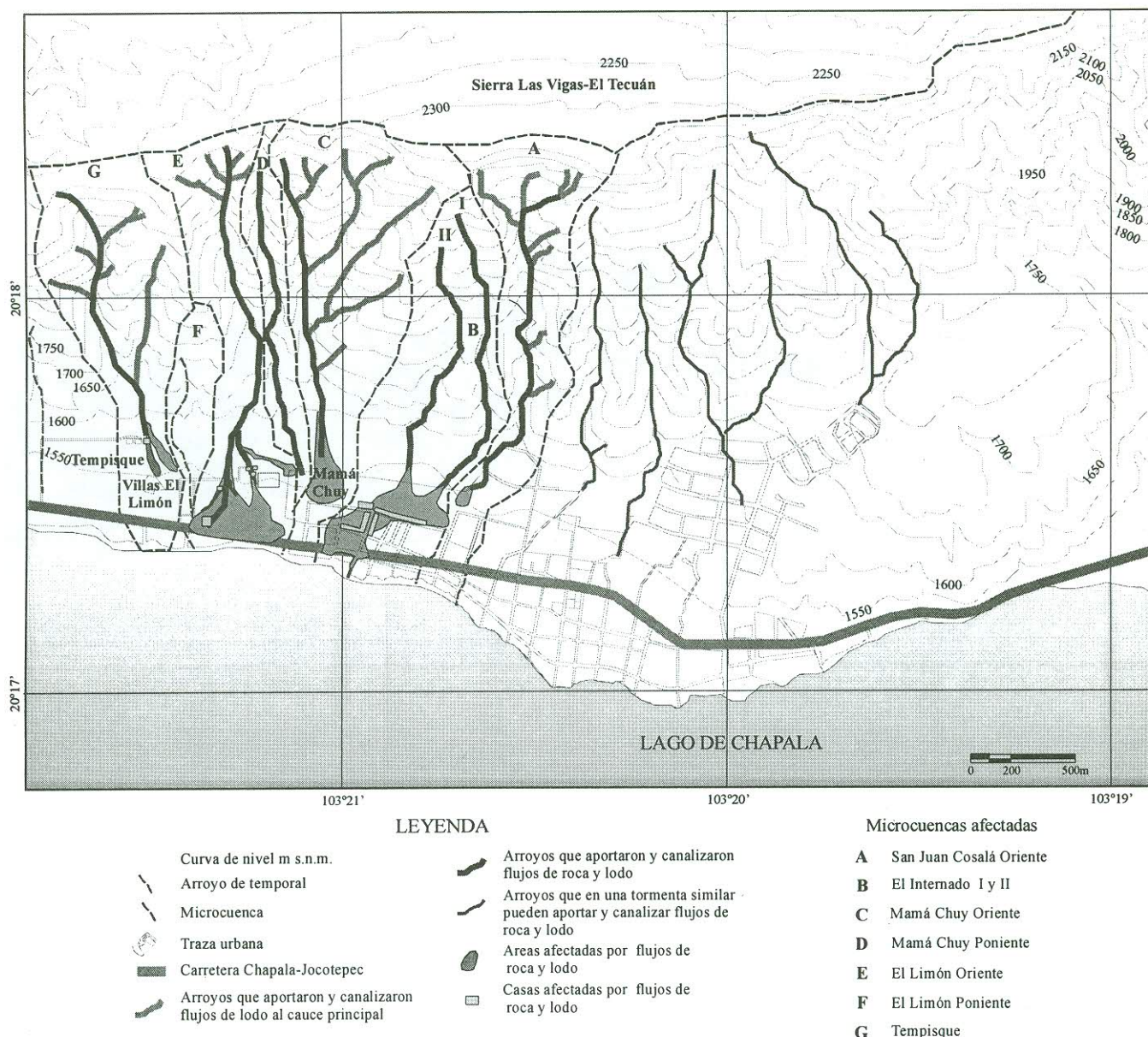


Figura 4. Mapa de las áreas de afectación por flujos de roca y lodo, en la localidad de San Juan Cosalá del 8 de septiembre de 1997

recuperación será rápida ya que el lodo está formado principalmente por arcillas, limos y abundante materia orgánica.

CONCLUSIÓN

El siniestro que afectó a San Juan Cosalá invita a reflexionar sobre los procesos de urbanización en localidades ubicadas al pie de relieves con una alta pendiente, como las localidades situadas en la ladera norte y sur del Lago de Chapala (Chapala, Ajijic, San Antonio Tlayacapan, San Juan Cosalá, San Luis Soyatlán) y otras localidades importantes como son: Ciudad Guzmán, Sayula, Amacueca y Atenquique.

San Juan Cosalá y su periferia han sido urbanizados durante los últimos veinte años y este desarrollo ha obstaculizado los cauces provenientes de la montaña y que drenan al Lago de Chapala.

La conjunción de factores antrópicos y fenómenos naturales extraordinarios (tormentas, sismicidad, etc.) han generado la remoción y transporte de grandes cantidades de roca y lodo y afectan de manera temporal las actividades agrícolas, turísticas y urbanas de la población. De aquí surge la necesidad de hacer estudios de planeación urbana en localidades que se ubiquen en las partes bajas de cuencas de alta pendiente que incluyan el conocimiento de las dinámicas geológico-geomorfológica e hídricas para estimar donde se pueden generar deslizamientos de tierras y flujos de roca y

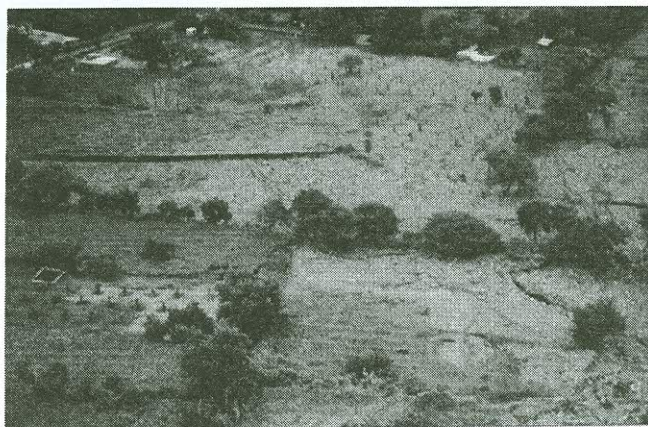


Figura 5. Área afectada en la zona poniente de San Juan Cosalá en donde el flujo de lodo penetró a varias casas y afectó los cultivos de hortalizas y maíz, alcanzando una altura de 0.60 m.

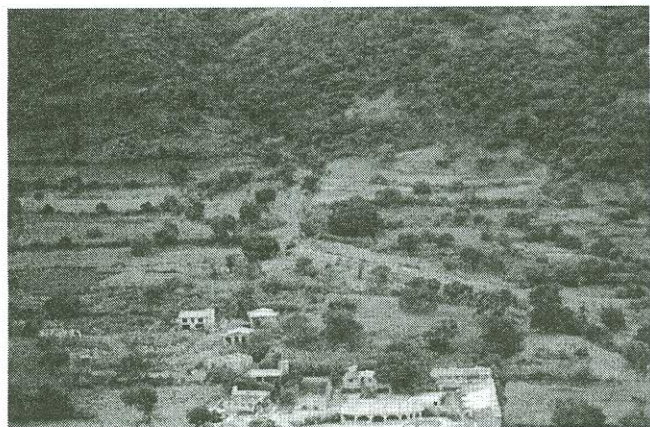


Figura 6. Flujo de lodo y rocas proveniente de la cuenca Mamá Chuy Oriente que afectó en forma de abanico las instalaciones de Mamá Chuy (abajo) y varias casas en construcción.

lodo. Es importante considerar que fenómenos naturales como el de septiembre de 1998 son recurrentes.

Ante tal vulnerabilidad de la zona se recomienda realizar estudios geológicos y geomorfológicos, de vegetación, uso del suelo, clima, e hidrológicos en la ladera norte del Lago de Chapala y en otras áreas con características similares que coadyuven a definir un Plan de Manejo adecuado para cuencas en zonas con alta pendiente, así como planes de desarrollo urbano para las localidades asentadas en estas cuencas.

A partir de la aprobación del Plan de Manejo por los sectores interesados se recomienda:

1. Diseñar un plan de desarrollo Urbano de San Juan Cosalá y otras localidades con riesgos similares.
2. Realizar los Planes de Acción Urbanística para cada zona de San Juan Cosalá, en donde se definan las zonas de conservación natural, el tipo de uso del suelo, el manejo y conservación de cauces. Esto último debe contemplar

el libre escurrimiento a través de la traza urbana y la carretera hacia el Lago de Chapala.

3. Concientizar a los pobladores de los riesgos que involucran a su comunidad el afectar la cobertura vegetal y cauces de la zona.
4. Evitar la construcción de viviendas en la zona donde se observó descarga de fragmentos gruesos en los recientes flujos de detritos no deben considerarse para desarrollos habitacionales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al Dr. Jaime Arturo Paz García, Director de la Unidad Estatal de Protección Civil del Gobierno del Estado de Jalisco, por las facilidades otorgadas para la realización de los vuelos en helicóptero y la visitas de campo a la zona afectada. Agradecemos también los comentarios hechos a nuestro manuscrito por un árbitro anónimo.

REFERENCIAS

- Costa, J.E., 1984. Physical geomorphology of debris flows. In: J.E. Costa and P.J. Fleisher, Eds., Development and applications of geomorphology, Springer-Verlag, New York, p. 268-317.
- Delgado, H., 1992. Tectonics of the Chapala region, México. Report of the Monbuscho Grant for the joint project Japan-Mexico Cooperative Research "subduction volcanism and tectonics of Western Mexican Volcanic Belt", K. Aoki, Ed., p.194-212.
- Delgado, H., 1994. Geomorfología de la Región de Chapala, Jalisco. En: L. Valdivia, C. Suárez y H. Delgado, Eds., Análisis Geomorfológico de Tres Estaciones: Región de Chapala, Sierra de la Primavera y Complejo Volcánico del Tequila, 5-43 p.
- Fisher, R.V., 1971. Features of coarse-grained, high concentration fluids and their deposits. Journal of Sedimentary Petrology, V. 41-4, 916-927 p.
- Neall, V.E., 1976. Lahars as major geological hazards. International Association Engineering Geology Bulletin, V. 14, 233-240 p.

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

REFERENCIAS

-

TIEMPO				COORDENADAS		PROF.	M _p	RMS	NO	REGIÓN
DÍA	HR	MN	SEG	LAT. N	LON. O					
MAYO 1999										
10	20	46	41.45	31°56.17'	115°48.09'	1.23	3.7	0.21	14	Localizado a 13 km al este de RDX. (Falla Sierra Juárez, B.C.).
13	14	19	43.76	30°11.48'	114°39.07'	4.41	4.1	0.18	11	Localizado a 77 km al sur de SFX. (frente a las costas de B.C.).
JUNIO 1999										
01	15	18	02.28	32°22.78'	115°15.18'	7.77	5.1	0.38	33	Localizado a 6.5 km al sureste de CPX. (sentido en el Valle y la Ciudad de Mexicali, B.C. y Valle Imperial, CA., EUA).
19	08	02	17.14	31°53.80'	116°42.38'	14.31	3.5	0.15	16	Localizado a 4.4 km al oeste de ENX. (sentido en el Sauzal y la Ciudad de Ensenada, B.C.).
AGOSTO 1999										
03	09	37	25.08	31°19.30'	114°18.08'	6.21	3.7	0.16	13	Localizado a 63 km al oeste de PPX. (frente a las costas de Sonora, México).
06	02	34	01.32	32°03.36'	114°36.42'	15.30	3.5	0.15	15	Localizado a 34 km al este de LMX.
08	22	34	11.13	32°20.78'	115°16.55'	11.30	3.9	0.12	12	Localizado a 8 km al sur de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido al sureste del Valle y Ciudad de Mexicali, B.C.).
12	20	16	04.40	32°04.46'	114°40.86'	12.00*	3.5	0.17	12	Localizado a 25 km al este de LMX.
17	10	16	51.30	31°59.33'	114°36.83'	12.00*	3.5	0.28	12	Localizado a 35 km al sureste de LMX.
21	11	25	16.67	32°01.53'	114°38.92'	13.00*	3.9	0.20	12	Localizado a 30 km al sureste de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
21	22	22	09.73	32°03.89'	114°38.70'	13.00*	3.6	0.25	17	Localizado a 30 km al sureste de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
22	00	38	41.66	32°01.84'	114°34.35'	14.99	3.9	0.24	18	Localizado a 37 km al sureste de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
24	13	04	09.18	32°03.03'	114°37.09'	15.51	4.9	0.15	19	Localizado a 34 km al este de LMX. (sentido al sureste del Valle y Ciudad de Mexicali, B.C.).
24	16	14	31.08	32°07.68'	114°44.37'	18.39	4.2	0.24	15	Localizado a 22 km al este de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
24	17	04	03.23	32°00.32'	114°35.77'	14.67	3.5	0.23	16	Localizado a 37 km al sureste de LMX.
24	20	52	19.11	32°05.18'	114°29.07'	17.66	3.5	0.18	14	Localizado a 45 km al este de LMX.
25	07	04	15.64	32°03.58'	114°34.64'	13.00*	3.6	0.29	12	Localizado a 33 km al este de LMX.
25	18	41	04.09	32°01.01'	114°40.49'	13.00*	3.8	0.20	14	Localizado a 29 km al sureste de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
26	08	12	36.15	31°58.51'	114°34.90'	13.00*	3.5	0.23	11	Localizado a 39 km al sureste de LMX.
27	23	31	15.13	32°03.21'	114°37.45'	13.00*	4.1	0.23	16	Localizado a 32 km al este de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
29	19	11	25.24	32°02.01'	114°36.99'	13.00*	3.6	0.18	12	Localizado a 34 km al sureste de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
29	19	17	10.70	32°02.60'	114°31.84'	12.00*	3.8	0.12	12	Localizado a 41 km al este de LMX. (sentido en el Valle de Mexicali, B.C.).
30	10	21	32.22	32°00.68'	114°33.27'	12.00*	3.5	0.19	12	Localizado a 40 km al sureste de LMX.
30	22	28	09.13	31°56.83'	114°48.50'	12.00*	3.5	0.22	12	Localizado a 24 km al sureste de LMX. (Falla Cerro Prieto, 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 Montaño.

DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 1999

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

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

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



Rolando Labacha

Miembro # 999

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

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

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999									
No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
1	678	X			Aceves Quesada Fernando	UNAM	Geofísica	Vulcanología	
2	20	X	X	X	Aguirre Díaz Gerardo J.	UNAM	UNICIT/Geología	Vulcanología, Geocronología	gjad@servidor.unam.mx
3	16	X	X	X	Alaniz Alvarez Susana A.	UNAM	UNICIT/Geología	Geología Estructural	alaniz@servidor.unam.mx
4	271		X	X	Alatorre Zamora Miguel Angel	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	maaz@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
5	19	X	X	X	Alatriste Vilchis David Rey	IMP	Exploración y Producción	Prospección Geofísica	adavid@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
6	668	X	X	X	Alba Valdivia Luis Manuel	UNAM	Geofísica	Paleomagnetismo	lalva@tonatihu.igeofcu.unam.mx
7	4	X	X	X	Alvarez Borrego Josué	CICESE	Física Aplicada	Óptica	josue@cicese.mx
8	3	X	X	X	Alvarez Borrego Saúl	CICESE	Oceanología	Ecología	saul@cicese.mx
9	676	X			Alvarez Manilla Alfonso				
10	267	X			Alvarez Sánchez Luis G.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	lalvarez@cicese.mx
11	8	X	X	X	Aragón Arreola Manuel de Jesús	GEOMAQUE		Geología	geomaque@hn2.com
12	283			X	Aranda Gómez Jorge Javier	UNAM	UNICIT/Geología	Petrología Ignea	jag@servidor.unam.mx
13	18	X			Arellano Gómez Víctor Manuel	IIIE	Geotermia		vag@exp2.iie.org.mx
14	278		X		Arellano Guadarrama José Fco.	CFE	Residencia de Estudios	Exploración	
15	21		X		Armienta Hernández María Aurora	UNAM	Geofísica	Química Analítica	victoria@tonatihu.igeofcu.unam.mx
16	13			X	Arredondo Frago José	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectrónicos	cfeinf@mail.giga.com
17	10			X	Arzate Flores Jorge Arturo	UNAM	UNICIT/Geofísica	Exploración Geofísica	arzate@tonatihu.igeofcu.unam.mx
18	287	X	X	X	Axen Gary	UCLA		Earth and Space Sciences	gaxen@ess.ucla.edu
19	296	X	X	X	Bandy William L.		Geofísica	Exploración Geofísica	bandy@tonatihu.igeofcu.unam.mx
20	28	X	X	X	Barajas Díaz Pablo	ITESO		Habitat y Desarrollo Urbano	
21	30	X		X	Barragán Reyes Rosa María	IIIE	Geotermia		
22	701			X	Bautista Romero José Jesús	CIBNOR	Impacto Ambiental y Cambio Climático		jbautro@cibnor.mx
23	305		X		Beier Martín Emilio José	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ebeier@cicese.mx
24	26	X	X		Bermúdez Angulo María Luisa	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	maria@gea.ingen.unam.mx
25	461			X	Bermúdez Juárez María Blanca	BUAP		Ciencias Físico Matemáticas	bbj@xanum.uam.mx
26	711		X		Bernal Franco Gladys	UABC	Investigaciones Oceanológicas	Geoquímica Ambiental	gbernal@bahia.ens.uabc.mx
27	41			X	Birkle Peter	IIIE	Geotermia		birkle@iie.org.mx
28	37	X	X	X	Bohnel Norbert Harald	UNAM	UNICIT/Geofísica	Paleomagnetismo	harald@tonatihu.igeofcu.unam.mx
29	34		X		Brasseea Ochoa Jesús	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jbrassea@cicese.mx
30	27	X		X	Bravo Cabrera José Luis	UNAM	Geofísica	Radiación Solar	jibravo@tonatihu.igeofcu.unam.mx
31	24	X		X	Brito Castillo Luis	CIBNOR	Unidad Guaymas	Hidrología	lbrito@cibnor.mx
32	32	X	X		Buendía Carrera Enrique	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima	
33	632	X	X	X	Bulgakov Sergey N.	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	sbulgano@udg.serv.cencar.udg.mx
34	536	X	X		Burrola Sánchez María Sara	CIBNOR	Zona Costa		sburrola@cibnor.mx
35	324		X	X	Caballero Miranda Cecilia	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	cecilia@ollin.igeofcu.unam.mx
36	704			X	Cabral Cano Enrique	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	ecabral@tonatihu.igeofcu.unam.mx
37	51		X	X	Calmus Thierry	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	tcalmus@servidor.unam.mx
38	246		X	X	Campa Uranga María Fernanda	UAG	Ciencias de la Tierra		
39	325	X	X		Campos Enrique Oscar	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	ocampos@tonatihu.igeofcu.unam.mx
40	480			X	Candela Pérez Julio	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jcandela@cicese.mx
41	581	X	X	X	Cañón Tapia Edgardo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ecanon@cicese.mx
42	52	X	X	X	Carbajal Pérez Noel	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Est. Inv. Marinas Mazatlán	noelc@ola.icmyl.unam.mx
43	557	X			Carbonell Ramón	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	rcarbonell@ija.csic.es
44	54		X		Carcione José M.		Osservatorio Geofisica Sperimentale		
45	321	X			Cárdenas Soto Martín	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	martin@hermes.iingen.unam.mx
46	331	X			Carrasco Núñez Gerardo	UNAM	Geología	Geología Regional	gerardoc@servidor.unam.mx
47	330	X	X		Carreño Ana Luisa	UNAM	Geología	Paleontología	anacar@servidor.unam.mx
48	694			X	Carrillo García Verónica Karina	CENAM	Óptica	Metrología Física	vcarrill@cenam.mx
49	663	X	X	X	Castrejón González Israel	UAG	Ciencias de la Tierra		
50	541	X		X	Castrejón Pineda Héctor Ricardo	UNAM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	castrejo@sacbe.fi-a.unam.mx
51	47	X	X	X	Castro Escamilla Raúl	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	raul@cicese.mx
52	45	X		X	Castro Govea Renato	UNAM	Geofísica	Vulcanología	
53	664	X	X		Charre Meza Adolfo Salomé	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	acharre@cicese.mx
54	68		X	X	Chávez Pérez Sergio	IMP	Sismología de Exploración		sergio@orion.expl.imp.mx
55	624	X			Cifuentes Gerardo	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	gercifu@tonatihu.igeofcu.unam.mx
56	726		X	X	Cisneros Stoianowski Gerardo	SILICON GRAPHICS			gerardo@sgi.com
57	736			X	Contreras Pérez Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	juanc@cicese.mx
58	558	X	X	X	Córdoba Barba Diego	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	dcordoba@eucmos.sim.ucm.es
59	683		X	X	Corona Chávez Pedro	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Geología	pcorona@zeus.ccu.umich.mx
60	58	X			Corona Ruiz Martín	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto		
61	566	X			Correa Mora Francisco	UNAM	Geofísica	Geoquímica y Exploración	pancho@tonatihu.igeofcu.unam.mx
62	723		X	X	Cortés Cortes Abel	UCOL	Observatorio Vulcanológico		cortes@cgic.ucol.mx
63	699			X	Cruz Atienza Víctor Manuel	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	victor@ollin.igeofcu.unam.mx
64	59	X	X	X	Cruz Castillo Manuel	IMP	Gerencia de Geociencias		
65	309			X	Cuenca Julio César	UNAM	Ingeniería		
66	686		X		Cupul Magaña Amílcar Levi	UDG		Recursos Naturales	cmagana@vallarta.cuc.udg.mx
67	559	X	X	X	Dañobeitia Juan José	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	jdanobeitia@ija.csic.es
68	342	X			Davydova Belifskaya Valentina	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	vdavidov@udg.serv.cencar.udg.mx
69	69	X	X	X	De Cserna Gombos Zoltan	UNAM	Geología	Geología Regional	
70	72	X	X	X	De la Cruz Reyna Servando	UNAM	Geofísica	Vulcanología	sdelacr@tonatihu.igeofcu.unam.mx
71	82	X	X	X	Delgado Argote Luis Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ldelgado@cicese.mx
72	75	X		X	Delgado Contreras Juan Antonio	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jdelgado@cicese.mx
73	338		X	X	Delgado Granados Hugo	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	hugo@tonatihu.igeofcu.unam.mx
74	688		X		Díaz Navarro Ricardo	IMP	Geofísica		ricky@orion.expl.imp.mx
75	454	X	X	X	Diego Orozco Arturo	IMP	Exploración y Producción	Geofísica	arturo@orion.expl.imp.mx
76	84			X	Dominguez Reyes Tonatihu	UCOL	Ciencias del Ambiente		tonatihu@ucol.mx
77	341	X	X	X	Dworak Robinson Juan A.	SEP	Tecnológico del Mar	Investigación	
78	573	X			Elias Herrera Mariano	UNAM	Geología	Geología Regional	elias@servidor.unam.mx
79	86	X	X	X	España Hernández Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	fesparz@cicese.mx
80	87	X	X	X	Espindola Castro Juan Manuel	UNAM	Geofísica	Vulcanología	jme@tonatihu.igeofcu.unam.mx
81	88	X	X	X	Espinosa Cardaña Juan Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jespinos@cicese.mx
82	92	X			Fabriel Beauville Hubert	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	hfabriel@cicese.mx
83	346	X	X	X	Farreras Sanz Salvador	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	sfarrera@cicese.mx
84	91	X	X	X	Ferrari Pedraglio Luca	UNAM	UNICIT/Geología	Tectónica	luca@servidor.unam.mx
85	137	X	X	X	Filonov Anatoly E.	UDG	CUCEI	Físico Matemáticas	afilonov@udgsev.cencar.udg.mx
86	97	X	X		Fletcher John M.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	jfletche@cicese.mx
87	679	X			Flores Cruz Fernando				
88	348	X	X	X	Flores Luna Carlos Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	cflores@cicese.mx
89	675	X	X	X	Forsythe Lance	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	forsythe@cicese.mx
90	96	X	X	X	Frez Cárdenas José	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	jofrez@cicese.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
1	678	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
2	20	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
3	16	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
4	271	Prol. el Mediero #517 Mod. F-201	San Gilberto	Zapopan	Jal.	México	45150	
5	19	Temasca #6241	Aragón Inguarán	México	D.F.	México	07820	
6	668	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
7	4	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
8	3	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
9	676	Circuito Jardín #356-3	Alamos 3ª Sección	Querétaro	Qro.	México	76160	
10	267	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
11	8	181, Univ. Av. Suite 1210		Toronto	ON.	Canada	M5h3M7	
12	283	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
13	18	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
14	278	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	3636
15	21	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
16	13	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
17	10	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
18	287	UCLA - Box 951567		Los Angeles	CA.	USA	90095-1567	
19	296	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
20	28	Periférico Sur #8585		Tlaquepaque	Jal.	México	45090	31-175
21	30	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
22	701	Lic. Primo Verdad #206, Depto. 7	Zona Centro	La Paz	B.C.S.	México		
23	305	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
24	26	Calle 128A #29-15 Depto. 403		Santa Fé de Bogotá	Bogotá	Colombia		
25	461	Priv. 29 Ote. #1816	El Mirador	Puebla	Pue.	México	72540	
26	711	Villa de San Miguel #36	San Miguel	Ensenada	B.C.	México	22760	
27	41	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
28	37	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
29	34	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
30	27	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
31	24	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
32	32	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
33	632	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
34	536	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
35	324	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
36	704	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
37	51	Apdo. Postal 908		Hermosillo	Son.	México	83000	
38	246	Hacienda Xajay #426	Echegaray	Naucalpan	EdoMéx.	México	53300	
39	325	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
40	480	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
41	581	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
42	52	Apdo. Postal No. 811		Mazatlán	Sin.	México	82000	811
43	557	Lluís Solé i Sabarís s/n			Barcelona	España	08028	
44	54	P.O. BOX 2011		Opicina	Trieste	Italy	34016	2011
45	321	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
46	331	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
47	330	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
48	694	Carrada Heriberto Jara #18	F. V. Querétaro	Querétaro	Qro.	México	76000	
49	663	Callejon de la Garfia #14	Centro	Taxco	Gro.	México	40200	
50	541	10 Ote. Mz. 33, L. 6	Isidro Fabela	México	D.F.	México	14030	
51	47	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
52	45	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
53	664	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
54	68	Shetland # 348	Cosmopolita	Azcapotzalco	EdoMéx.	México		
55	624	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
56	726	Av. Vasco de Quiroga #3000	Santa Fé	México	D.F.	México	01210	
57	736	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22760	
58	558	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
59	683	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
60	58	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
61	566	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
62	723	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
63	699	5 de Mayo #117	Tepepan	México	D.F.	México	16020	
64	59	Av. Volcán Fernandina #92	El Mirador	México	D.F.	México	14449	
65	309	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
66	686	Av. Universidad #203	Delegación Ixtapa	Puerto Vallarta	Jal.	México		
67	559	Lluís Solé i Sabarís s/n			Barcelona	España	08028	
68	342	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
69	69	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
70	72	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
71	82	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
72	75	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
73	338	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
74	688	Hacienda Ajulapán #107	Hacienda Echegaray	Naucalpan	EdoMéx.	México	53310	
75	454	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	Col. San Bartolo Alephuacán	México	D.F.	México	07730	
76	84	Av. Universidad #333		Colima	Col.	México		
77	341	Km 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85425	742
78	573	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
79	86	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
80	87	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
81	88	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
82	92	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
83	346	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
84	91	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
85	137	Rio Auitan #2180-34	Altas	Guadalajara	Jal.	México	44421	
86	97	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
87	679	Antonia Nava s/n Esc. Pri. Makarenko	Carmen Serdán	México	D.F.	México	04910	
88	348	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
89	675	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
90	96	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999

No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
91	680	X	X	X	Fuentes Vargaz Carlos	UNAM	Geofísica	Sismología	carlos@ollin.igefocunam.mx
92	108	X	X	X	Galicia Pérez Marco Antonio	UCOL	CEUNIVO		galicia@volcan.ucol.mx
93	578	X	X		Gallegos Cruz Apolonio	IPN	Ciencias Básicas	Física	
94	101	X	X	X	García Abdeslem Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	lgarcia@cicese.mx
95	104	X	X	X	García Arthur Rosalia	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	arthur@cicese.mx
96	368	X	X	X	García García Fernando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	dire@mvica.atmosfey.unam.mx
97	537			X	García Gutiérrez Alfonso	IIE	Geotermia	Fuentes Alternas de Energía	aggarcia@iie.org.mx
98	358		X	X	Garduño López Rene	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
99	100	X	X		Garduño Monroy Víctor Hugo	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Química	vgmonroy@zeus.cci.umich.mx
100	724		X	X	Gavilanes Ruiz Juan Carlos	UCOL	Observatorio Vulcanológico		gavilan@cgc.ucol.mx
101	119	X	X	X	Gavinho Rodríguez Juan Heberto	UCOL	Oceanografía Física	Ciencias Marinas	gavinho@volcan.ucol.mx
102	366		X	X	Gay García Carlos	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	ggarcia@servidor.unam.mx
103	122	X	X	X	Glowacka Ewa	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	glowacka@cicese.mx
104	121	X	X	X	Gómez Treviño Enrique	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	egomez@cicese.mx
105	112	X	X	X	Gómez Valdés José	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	gomez@cicese.mx
106	672	X	X	X	González Fernández Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	mindundi@cicese.mx
107	113	X	X		González García José Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	javier@cicese.mx
108	118		X		González Morales Carlos Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	cgonzalez@cicese.mx
109	99		X		González Morán Tomás	UNAM	Geofísica	Recursos Naturales	tglez@tonatihu.igefocunam.mx
110	690		X		Gorsline Donn S.	USC		Earth Sciences	gorsline@earth.usc.edu
111	370	X	X		Graef Ziehl Federico	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	fgraef@cicese.mx
112	388	X	X		Grajales Nishimura Manuel	IMP	Exploración	Geociencias	grajales@geologia.unam.mx
113	570	X	X		Green Ruiz María de Jesús	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina	mgreen@ola.icmly.unam.mx
114	111	X	X		Guerrero García José C.	UNAM	Geología	Geoquímica	josec@servidor.unam.mx
115	110			X	Guerrero Guadarrama José Luis	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectricos	geoxplo@mich1.telnet.net.mx
116	126	X			Helenes Escamilla Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	jhelenes@cicese.mx
117	125		X	X	Herguera García Juan Carlos	CICESE	Oceanología	Ecología	herguera@cicese.mx
118	572	X	X	X	Hernández Bernal María del Sol	UNAM	Geología	Geología Regional	msol@quetzalcoatl.igefocunam.mx
119	582	X			Hernández Guerrero Joel	PEMEX	Integración e Interpretación	Activo Macuspana	zyanya@hotmail.com
120	564	X			Hernández Treviño Teodoro	UNAM	Geofísica	Exploración y Geomagnetismo	tht@tonatihu.igefocunam.mx
121	689		X		Herrera Charles Roberto	IPN	CITEDI		charles@citedi.mx
122	387		X		Hinojosa Corona Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	alhinc@cicese.mx
123	386			X	Huerta López Carlos I.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	huerta@cicese.mx
124	669	X			Hughes Simón	UNAM	Geofísica	Vulcanología	shuhs@tonatihu.igefocunam.mx
125	127	X	X	X	Huidobro González Adolfo	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	lermo@inti.iingen.unam.mx
126	128		X		Huizar Álvarez Rafael	UNAM	Geología	Geología Regional	huizar@servidor.unam.mx
127	719		X	X	Hutton Wallis	U. WISCONSIN	Geophysical		wallis@geology.wisc.edu
128	700			X	Iglesias Mendoza Arturo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	amg@tornado.com.mx
129	722		X		Israde Alcántara Isabel	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Civil	aisrade@zeus.cci.umich.mx
130	131			X	Jacques Ayala Cesar	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	jacques@servidor.unam.mx
131	130		X		Jáuregui Ostos Ernesto	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	ejos@mvica.atmosfey.unam.mx
132	133	X			Jiménez Illescas Angel R.	IPN	CICIMAR	Oceanología	ajimenez@ipn9021.ipn.mx
133	132	X			Jiménez Jiménez Zenon	UNAM	Geofísica	Sismología	zenon@igefocunam.mx
134	735			X	Jiménez Sergio	UABC			
135	395		X	X	Juárez Sánchez Faustino	UNAM	Geofísica	LUGIS	tino@tonatihu.igefocunam.mx
136	153		X		Keller Torres Jaime	UNAM	Ciencias Básicas	Química	keller@servidor.unam.mx
137	238		X		Koshevaya Svetlana S.	INAOE			svetlana@tonal.inaoep.mx
138	135	X	X	X	Kostoglodov Vladimir	UNAM	Geofísica	Sismología	vladimir@ollin.igefocunam.mx
139	640	X			Kotsarenko Nikola Y.	UNAM	Geofísica	Física Espacial	kotsaren@tonatihu.igefocunam.mx
140	136	X			Kouzoub Nikolai	UANL	Ciencias de la Tierra		nkouzoub@ccr.dsi.uanl.mx
141	655	X			Kuraica Ogie	KINEMATICS	Sales Manager		sales@kmi.com
142	61			X	Lara Lara Rubén	CICESE	Oceanología	Ecología	rlara@cicese.mx
143	598	X			Lares Reyes María Lucila	CICESE	Oceanología	Ecología	llares@cicese.mx
144	141	X	X		Lavin Peregrina Miguel F.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	mlavin@cicese.mx
145	399	X	X		Lázaro Mancilla Octavio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	olazaro@cicese.mx
146	483	X	X	X	Ledesma Vázquez Jorge	UABC	Geología	Ciencias Marinas	ledesma@bahia.ens.uabc.mx
147	404	X		X	Lermo Samaniego Javier Foo.	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	lermo@inti.iingen.unam.mx
148	602	X			Lira Herrera Héctor	CFE	Residencia General Cerro Prieto	Estudios	
149	730		X	X	Lluch Cota Daniel Bernardo	CIBNOR	Geología Marina		dblluch@cibnor.mx
150	731		X		Lluch Cota Salvador Emilio	CIBNOR	Geología Marina		
151	273		X		Lobato Sánchez René	IMTA	Hidrología	Hidrometeorología	rlobato@tajin.imta.mx
152	681			X	López Loera Héctor	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo	lopezdes@col1.telnet.net.mx
153	146	X			López Mariscal Juan Manuel	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	malope@cicese.mx
154	691			X	López Martínez Juana	CIBNOR	Evaluación y Manejo de Recursos		jlopez@cibnor.mx
155	145	X	X	X	López Martínez Margarita	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	marlopez@cicese.mx
156	398	X			Lozada Zumaeta Manuel	IMP	Exploración Geofísica		manuel@orion.expl.imp.mx
157	615	X	X		Machain Castillo María Luisa	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina	machain@ola.icmly.unam.mx
158	653	X			Magaña Rueda Víctor Orlando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Meteorología General	victor@belenos.atmosfey.unam.mx
159	542			X	Makarov Vyacheslav G.	IPN	CICIMAR		
160	175	X			Marinone Moschetto Silvio Guido L.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	marinone@cicese.mx
161	157	X	X	X	Márquez Azúa Bertha	UDG	Estudios Históricos y Humanos	Geografía y Ordenación Terr.	bmárquez@cencar.udg.mx
162	677	X	X		Márquez González Alvaro	UCM	Petrología y Geoquímica	Ciencias Geológicas	alvaromg@eucmax.sim.ucm.es
163	319			X	Marshall Kyle Jeffrey	FRANKLIN MARSHALL C	Keck Institute	Geosciences	j_marshall@fandm.edu
164	673	X	X	X	Martín Alenza Beatriz	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	mindundi@cicese.mx
165	2	X	X		Martín Barajas Arturo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	amartin@cicese.mx
166	408	X	X	X	Martínez García Mario	CIBNOR	Dirección General		mmartine@cibnor.mx
167	156	X			Martínez Serrano Raymundo G.	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	rms@tonatihu.igefocunam.mx
168	630	X			Martínez Zatarain Alejandro	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	amartine@udgserv.cencar.udg.mx
169	667	X	X	X	Mathes Miguel	APASCO	Ingeniería	Geología	
170	697			X	Mazariegos Alfaro Rubén Alberto	U TEXAS PANAMERICAN		Physics and Geology	rubennm@panam.edu
171	436	X			Mejía Trejo Adán	UABC	Investigaciones Oceanológicas	Oceanografía Física	amejia@bahia.ens.uabc.mx
172	164	X	X	X	Méndez Delgado Sostenes	UANL	Ciencias de la Tierra		somendez@ccr.dsi.uanl.mx
173	427			X	Mendieta Jiménez Francisco Javier	CICESE	Dirección General		jmdiet@cicese.mx
174	631		X		Meulener Peña Angel R.	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	ameulene@udgserv.cencar.udg.mx
175	95	X			Michaud Francois	U PIERRE ET M. CURIE	Laboratoire de Geodynamique	UMR GeoSciences Azur	micho@ccr.obs-vlfr.fr
176	709			X	Milán Valdés Marcos	IPN	ESIA	Geología	milan@mexico.com
177	167	X	X		Montesinos Silva Genaro	UGTO	Ciencias Agrícolas	Agronomía	genaros@dulcinea.ugto.mx
178	414			X	Monzón Cesar Octavio	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	monzon@cucei.udg.mx
179	450			X	Morales Blake Alejandro	UCOL		Ciencias Marinas	mblake@volcan.ucol.mx
180	421	X	X		Morán Zenteno Dante Jaime	UNAM	Geología	Geoquímica	dante@tonatihu.igefocunam.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
91	680	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
92	108	Apdo. Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
93	578	Té #950	Iztacalco	México	D.F.	México	08400	
94	101	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
95	104	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
96	368	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
97	537	Av. Reforma #113	Palmita	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
98	358	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
99	100	Av. Rey Taniacuri #374-D	Villabell	Morelia	Mich.	México	58090	
100	724	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
101	119	Apdo. Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
102	366	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
103	122	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
104	121	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
105	112	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
106	672	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
107	113	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
108	118	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
109	99	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
110	690			Los Angeles	CA	USA	90089-0740	
111	370	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
112	388	Tokio #921 202B	Portales	México	D.F.	México	03300	
113	570	Explanada de la Azada y Crestón		Mazatlán	Sin.	México	82040	
114	111	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
115	110	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
116	126	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
117	125	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
118	572	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
119	582	Av. Sitio Grande #2000 Edif 3 1Piso	Fracc. Carrizal	Villahermosa	Tab.	México	86035	270
120	564	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
121	689	Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
122	387	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
123	386	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
124	669	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
125	127	Av. México #120	Del Carmen	México	D.F.	México	04100	
126	128	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
127	719	1215 West Dayton St.		Madison	WI.	USA	53706	
128	700	Siracusa #130, Edif. 5-B-22	Lomas Estrella	México	D.F.	México	09890	
129	722	Edif. U, Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
130	131	De la Rivera #21		Hermosillo	Son.	México	83288	
131	130	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
132	133	Colegio Militar #192	Estero	La Paz	B.C.S.	México	23020	592
133	132	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
134	735	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
135	395	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
136	153	Fuente de la Juventud #64	Tecamachalco	Naucalpan	EdoMéx	México	53950	
137	238	Apdo. Postal 51		Puebla	Pue.	México	72000	
138	135	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
139	640	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
140	136	Pedro Noriega #569 Sur		Linares	N.L.	México	67700	
141	655	222 Vista Avenue		Pasadena	CA	USA	91107	
142	61	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
143	598	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
144	141	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
145	399	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
146	483	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
147	404	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-472
148	602	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	3636
149	730	Km. 1, Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
150	731	Km. 1, Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
151	273	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
152	681	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
153	146	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
154	691	Retorno Mondorica #2056	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
155	145	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
156	398	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
157	615	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70305
158	653	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
159	542	Av. IPN s/n	Playa Polo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	
160	175	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
161	157	Av. Maestros y Mariano Bárcena		Guadalajara	Jal.	México	44260	
162	677	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
163	319	625 W. Chestnut St.		Lancaster	PA	USA	17604	
164	673	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
165	2	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
166	408	Km. 1, Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
167	156	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
168	630	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
169	667	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
170	697	810 Pacific Ave.		Edinburg	TX.	USA	78539	
171	436	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
172	164	Carret. Cerro Prieto Km. 8	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	
173	427	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
174	631	Av. Las Praderas #320	Prados Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
175	95	La Darse B-P #48		Villefranche sur Mer	Paris	France	06230	
176	709	Acueducto #63	Acueducto	México	D.F.	México	01120	
177	167	Apdo. Postal #311		Irapuato	Gto.	México	36500	311
178	414	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
179	450	Villa Florencia #54	Fracc. Soleares	Manzanillo	Col.	México	28869	
180	421	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999

No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
181	173	X	X	X	Morandi Soana María Teresa	U. DE LOS ANDES	Laboratorio de Geofísica	Ciencias	maria@ciens.ula.ve
182	619	X	X		Mortera Gutiérrez Carlos A.	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	carlosm@ollin.igeofcu.unam.mx
183	608	X			Moya Juan Carlos	U. COLORADO		Geological Sciences	moya@creep.colorado.edu
184	439			X	Munehisa Sawada	CENAPRED			sawada@cenapred.unam.mx
185	160	X	X	X	Munguía Orozco Luis	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	lmunguia@cicese.mx
186	682			X	Muñoz Diosdado Alejandro	IPN	UPIBI	Biofísica	amunoz@acei.upibi.ipn.mx
187	434	X	X		Murrieta José Luis	UNAM			
188	176		X		Natividad Baizabal Miguel Angel	UVER	Meteorología Aplicada	Instrumentación Electrónica	
189	177	X	X	X	Nava Pichardo Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	fnava@cicese.mx
190	670	X	X		Nava Sánchez Enrique H.	IPN	CICIMAR	Oceanología	enava@vmredipn.ipn.mx
191	609			X	Nevárez Martínez Manuel Otilio	INP	CRIP Guaymas		nevarez@altavista.net
192	181	X	X	X	Nieto Samaniego Angel Francisco	UNAM	UNICIT/Geología	Geología Estructural	afns@servidor.unam.mx
193	696		X	X	Norzagaray Campos Mariano	UNAM	Geofísica	Exploración	nmunoz@debtel.com.mx
194	182	X	X	X	Núñez Cornú Francisco Javier	UDG	CUC, Vallarta	Geografía y Ordenación Terr.	fcornu@vallarta.cuc.udg.mx
195	183	X	X	X	Ocampo Torres Francisco Javier	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ocampo@cicese.mx
196	452	X	X	X	Ochoa De la Torre José Luis	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jchoa@cicese.mx
197	455	X	X		Oda Noda Bertha	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	
198	714		X	X	Oleshko Klaudia	UNAM	Geología	Edafología	siebe@servidor.unam.mx
199	568	X	X	X	Orozco Esquivel María Teresa	UNAM	UNICIT/Geología		torozco@conin.unicit.unam.mx
200	665	X	X	X	Orta Francisco	APASCO	Ingeniería	Geología	
201	652			X	Ortega Guerrero Marcos Adrián	UNAM	UNICIT/Geología	Hidrogeología	maog@servidor.unam.mx
202	466			X	Ortega Rivera María Amabel	UNAM	UNICIT/Geología		amabel@servidor.unam.mx
203	713		X	X	Ortiz Alemán Carlos	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	carlosa@servidor.unam.mx
204	191	X	X	X	Pacheco Alvarado Francisco Javier	UNAM	Geofísica	Sismología	javier@ollin.igeofcu.unam.mx
205	549	X			Padilla Arredondo Gustavo	CIBNOR	Unidad Guaymas	Geología	gpadilla@cibnor.mx
206	189		X		Palma Guzmán Sergio Hugo	CFE			
207	190		X		Palma Pérez Oswaldo	CFE			
208	201	X	X		Pavía López Edgar	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	epavia@cicese.mx
209	205		X		Payero De Jesús Juan S.	UASD		Física	jpayero@tricom.net
210	202	X			Paz Moreno Francisco A.	USON	Geología		paz@geologia.uson.mx
211	66	X			Pedrin Aviles Sergio	CIBNOR	Geología Marina y Geoquímica		spedrin@cibnor.mx
212	286			X	Pelaez Salvador Roberto				pelaez@yahoo.com
213	706		X		Peraza Vizcarra Ramón	UAS		Ciencias del Mar	
214	200	X			Pereyra Díaz Domitilo	UVER	Meteorología Aplicada	Instrumentación Electrónica	dpereyra@speedy.coacadu.uy.mx
215	457		X	X	Pérez de Tejada Héctor	UNAM	CECIMAC	Física Espacial	hector@itname.ifisicaen.unam.mx
216	463		X		Pérez Enriquez Román	UNAM	UNICIT/Geofísica	Relación Sol-Tierra	roman@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
217	576			X	Pérez García Ismael	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	ismael@servidor.unam.mx
218	195		X		Pérez Rocha Luis Eduardo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	
219	197	X	X		Pérez Venzor José Antonio	UABCS	Ciencias del Mar	Geología	japerez@calafia.uabcs.mx
220	250	X	X		Peterson Villalobos Héctor	LIBRA			libra@telnor.net
221	671	X			Prieto Mendoza Jesús José	UABCS			jprieto@calafia.uabcs.mx
222	207	X			Quintero Legorreta Odranuel	UNAM	Geología	Geología Regional	odranuel@servidor.unam.mx
223	674	X	X	X	Ramírez Hernández Jorge	UABC	Ingeniería	Ciencias de la Tierra	jramirez@csiam1.mxl.uabc.mx
224	638	X	X	X	Ramírez Herrera María Teresa	UNAM	Geografía	Geografía Física	mteresa@igiris.igeograf.unam.mx
225	496	X	X	X	Ramírez Ruiz Juan José	UCOL	Observatorio Vulcanológico		
226	211	X	X	X	Ramírez Trejo Ana Rosa				
227	212	X			Ramírez Vázquez Carlos Ariel	UCOL	CIBAS	RESCO	carlosr@cgc.icol.mx
228	209			X	Ramos Jiménez Esteban	CENAPRED			erj@cenapred.unam.mx
229	693		X		Ramos Leal José Alfredo	IPN	CIIDIR	Ingeniería y Tecnológica	
230	208	X	X	X	Randall Roberts John	UGTO			randall@redes.imt.com.mx
231	737			X	Rangel Medina Miguel	UNAM	Geofísica	Posgrado Ciencias de la Tierra	mrangelm@gmail.com
232	213	X		X	Rebollar Bustamante Cecilio J.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	rebollar@cicese.mx
233	215	X	X	X	Reyes Dávila Gabriel Angel	UCOL	CIBAS	RESCO	gabrielr@cgc.icol.mx
234	595		X		Reyes Zamora César Alfonso	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	areyes@cicese.mx
235	221			X	Ripa Alsina Pedro	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ripa@cicese.mx
236	717		X		Rocha Fernández José Luis	UVER	Ciencias Atmosféricas	Instrumentación Electrónica	abraxas@speedy.coacadu.uy.mx
237	482	X			Rodríguez Castillo Ramiro	UNAM	Geofísica	Recursos Naturales	rrd@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
238	579		X	X	Rodríguez González Miguel	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	mrod@gea.ingen.unam.mx
239	225		X		Rodríguez Ramírez Joel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	joel@cicese.mx
240	698		X		Rodríguez Zúñiga José Luis	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	sanz@mpnsnet.com.mx
241	497	X	X		Romero Espejel J.G. Héctor	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	hromero@cicese.mx
242	560	X			Romero Pascual Mercedes	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	romero@eucmos.sim.ucm.es
243	218	X	X	X	Romo Jones José Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jromo@cicese.mx
244	475	X		X	Ronquillo Jarillo Gerardo	IMP	Estudios Geológicos	Investigación Sismológica	gerardo@orion.expl.imp.mx
245	611	X			Rosales Alvarez Julio	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto	Exploración	
246	610	X			Rosales Grano Pedro	SEP	Tecnológico del Mar	Investigación	
247	575	X			Rosas Elguera José	UDG	Ciencias de la Tierra		jrosas@quantum.ucting.udg.mx
248	708			X	Royo Ochoa Miguel	UACH	Posgrado	Ingeniería	mroyo@seidel.fing.uach.mx
249	639	X			Rubio Culebras Eduardo	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	erubio@ija.csic.es
250	242	X	X	X	Sabina Ciscar Federico	UNAM	IIMAS	Matemáticas y Mecánica	fjs@uxmyf1.iimas.unam.mx
251	228		X		Saldaña Flores Ricardo	IIE	Geotermia	Fuentes No Convencionales	rst@p.ie.org.mx
252	472	X			Saldivar Medina Eric	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Química	
253	607			X	Salinas Prieto José Antonio	IMTA	Hidrología	Hidrometeorología	jsalinas@talin.imta.mx
254	712		X		Sánchez Gómez Rubén	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	rubens@udgserv.cencar.udg.mx
255	226	X	X		Sánchez Monclú Alfredo	IMP		Exploración y Producción	alfredo_sanchez@hotmail.com
256	227		X		Sánchez Zamora Osvaldo	UNAM	Geofísica	Sismología	osvaldo@ollin.igeofcu.unam.mx
257	241	X			Santamaría Saldaña Dora Elva	CFE			
258	527	X		X	Sarmiento López Citlali	IMP	Proceso Registros Geofísicos		
259	230	X	X	X	Schaff Peter	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	pschaff@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
260	727		X		Schultz David M.	NSSL	NOAA		schultz@nssl.noaa.gov
261	284			X	Shumilin Eugeny	IPN	CICIMAR	Oceanología	eshumilin@vmredipn.ipn.mx
262	233		X	X	Silva García José Teodoro	IPN	CIIDIR	COFAA	tsilva@vmredipn.ipn.mx
263	1	X	X	X	Singh Shri Krishna	UNAM	Geofísica	Sismología	krishna@ollin.igeofcu.unam.mx
264	232		X	X	Skiba Yuri N.	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		skiba@servidor.unam.mx
265	512		X		Soler Aherchalde Ana María	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo	anesoler@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
266	235	X	X	X	Steinich Birgit	UNAM	UNICIT/Geología	Hidrogeología	birgit@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
267	519	X	X		Stock Joanne M.	CALTECH	Seismology		jstock@gps.caltech.edu
268	634	X			Suárez Ariaga Mario Cesar	CFE	Exploración	Modelado Matemático	geoexpl@morelia.teesa.mx
269	231		X	X	Suárez Plascencia Carlos	UDG	CUCSH	Geografía y Ordenación Terr.	csuarez@udgserv.cencar.udg.mx
270	515	X			Suárez Reynoso Gerardo	UNAM	Geofísica	Sismología	gerardo@ollin.igeofcu.unam.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
181	173	Yagrumo, Quinta Frailejón	Sta. María Sur	Mérida	Mérida	Venezuela	05101	
182	619	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
183	608	1300, 30th, A1-24		Boulder	CO.	USA	80303	
184	439	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
185	160	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
186	682	Valle del Po #16	Valle de Aragón, 3ª Sección	Ecatepec	EdoMex	México	55280	
187	434	Nogueira #1		Jalapa	Ver.	México	91000	
188	176	Zona Universitaria s/n	Ciudad Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
189	177	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
190	670	Apdo. Postal 592		La Paz	B.C.S.	México	23000	
191	609	Boulevard Las Plazas #75	F. Las Plazas	Guaymas	Son.	México	85430	
192	181	Targanitos #1		Guanajuato	Gto.	México	36000	
193	696	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
194	182	Apdo. Postal 96-B		Puerto Vallarta	Jal.	México		
195	183	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
196	452	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
197	455	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
198	714	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
199	568	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
200	665	Campus Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
201	652	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-472
202	466	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
203	713	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	01400	
204	191	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
205	549	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacoichampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
206	189	Lic. Angel Compers #65	Dr. Miguel Silva	Morelia	Mich.	México	58120	
207	190	El Greco #5181	Real Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
208	201	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
209	205	Ciudad Universitaria			Santo Domingo	Rep. Dominicana		
210	202	Apdo. Postal No. 847	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	847
211	66	Km. 2.35 Camino al Tular	Estero de Bacoichampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
212	286	Manzana No. 72, Lote 1	Jardines de Morelos 5ª. Sección	Ecatepec	EdoMex	México		
213	706			Mazatlán	Sin.	México		
214	200	Edificio Pino "C", Depto. 401	Jardines de Jalapa	Jalapa	Ver.	México	91170	136
215	457	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2681
216	463	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
217	576	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
218	195	Santa María #214	Maninanco	Azcapotzalco	EdoMex.	México		
219	197	Km. 5.5 Carretera al Sur	Ciudad Universitaria	La Paz	B.C.S.	México	23000	19-B
220	250	Boulevard Cuauhtémoc #3078-16	Gabillondo	Tijuana	B.C.	México	22420	
221	671	Retorno Mango #1855	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
222	207	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
223	674	PO Box 1136		Calexico	CA.	USA	92232	
224	638	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
225	496	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
226	211	Apartado Postal #343		Ajijic	Jal.	México	45920	
227	212	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
228	209	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
229	693	Av. Hornos #1003	Ampliación Indeco	Xoxocotlán	Oax.	México	71230	
230	208	Mineral de Valenciana #2	Marfil	Guanajuato	Gto.	México	36250	42
231	737	Quinta Amalia 20/Serena	Las Quintas	Hermosillo	Son.	México	83240	1039
232	213	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
233	215	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
234	595	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
235	221	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
236	717	Altamirano 99	Centro	Jalapa	Ver.	México	91000	628
237	482	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
238	579	Rio Bamba #674	Lindavista	México	D.F.	México		
239	225	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
240	698	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	01400	
241	497	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
242	560	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
243	218	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
244	475	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	Col. San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
245	611	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
246	610	Km. 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85425	742
247	575	Av. Revolución #1500	Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	México	44410	
248	708	Priv. Altamirano #3511	Santo Niño	Chihuahua	Chih.	México	31320	
249	639	Lluís Solé i Sabaris s/n			Barcelona	España	08028	
250	242	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	20726
251	228	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
252	472	Ganadería La Laguna #38	Jardines del Toreo	Morelia	Mich.	México		
253	607	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
254	712	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
255	226	Apdo. Postal 224, Oficina Correo		Cd. del Camen	Camp.	México	24101	
256	227	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
257	241	Zaragoza #17	Tulyeaulco	México	D.F.	México	16700	
258	527	Calle 42 #28	Tacubaya	Cd. del Camen	Camp.	México		
259	230	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
260	727	1313 Halley Circle		Norman	OK.	USA	73069	
261	284	Apdo. Postal 592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592
262	233	Justo Sierra #28		Jiquilpan	Mich.	México		
263	1	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
264	232	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
265	512	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
266	235	Campus Juriquilla, Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
267	519	2824 Shakespeare Drive		San Marino	CA.	USA	91108	
268	634	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	7-31
269	231	Kilimanjaro #1727	Sector Independencia	Guadalajara	Jal.	México	44240	
270	515	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 1999

No.	Miembro	97	98	99	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
271	236	X			Suárez Vidal Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	fsuarez@cicese.mx
272	502	X			Suter Cargnelutti Max	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	sutermx@aol.com.us
273	533			X	Talavera Mendoza Oscar	UAG	Ciencias de la Tierra		
274	705		X		Tapia Armenta Juan	IPN	CITEDI		jltapia@citedi.mx
275	249	X		X	Taran Yuri	UNAM	Geofísica	Vulcanología	taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
276	718			X	Téllez Duarte Miguel Angel	UABC			
277	245	X	X	X	Tereshchenko Irina E.	UDG	CUCEI	Física Matemáticas	itereshc@udgserv.cencar.udg.mx
278	532	X	X	X	Tolson Jones Gustavo	UNAM	Geología	Geología Regional	tolson@servidor.unam.mx
279	604	X	X	X	Torres Orozco Ernesto	UCOL	Oceanografía Física	Ciencias Marinas	etorres@cgic.ucol.mx
280	528	X	X		Trasviña Castro Armando	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	trasvi@cicese.mx
281	622	X	X	X	Urrutia Fucugauchi Jaime	UNAM	Geofísica	Lab. Paleomagnetismo	juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
282	548			X	Valdés González Carlos	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	carlos@ollin.igeofcu.unam.mx
283	138	X	X	X	Valenzuela Wong Raúl	UNAM	Geofísica	Sismología	raul@ollin.igeofcu.unam.mx
284	531			X	Valle Levinson Arnoldo	OLD DOMINION U	Center for Coastal Physical O		arnoldo@ccpo.odv.edu
285	254	X	X	X	Vázquez González Rogelio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	rvazquez@cicese.mx
286	695		X	X	Vázquez Jaimes María Elena	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	
287	725		X		Vega Granillo Ricardo	USON	Geología		rickvega@geologia.uson.mx
288	545	X			Velasco Climaco Nector	IMP			nvelasco@cicese.mx
289	546			X	Venegas Salgado Saúl	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoeléctricos	cfeinf@mail.giga.com
290	543	X		X	Verma Jaiswal Mahendra Pal	IIE	Geotermia		
291	171	X			Victoria Morales Alfredo	UNAM	Ingeniería		victoria@servidor.unam.mx
292	540	X	X	X	Vidal Villegas Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vidalv@cicese.mx
293	547	X	X		Villanueva Urrutia Elba Elsa	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	eevu@mviica.atmosfco.unam.mx
294	648	X			Villegas García Cesar José	SCINTREX	Servicios Geofísicos Especializado	Consultor Geofísico	cvillega@intercable.net
295	255	X			Villcaña Cruz Francisco Javier	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
296	259	X	X	X	Wong Ortega Víctor	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vwong@cicese.mx
297	376	X	X	X	Yussim Guarneros Sergio	UNAM	Geología	Geología Regional	yussim@servidor.unam.mx
298	262	X	X	X	Zárate Del Valle Pedro F.	UDG	Ciencias de la Tierra	Civil y Topografía	pzarate@quantum.ucting.udg.mx
299	707			X	Zárate Vázquez María	UNAM		Ingeniería	mariaz@servidor.unam.mx
300	93			X	Zavala Jorge	UNAM			igs@servidor.unam.mx
301	261	X	X	X	Zobin Vyacheslav M.	UCOL	Observatorio Vulcanológico		vzobin@cgic.ucol.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
271	236	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
272	502	1650 West Chimayo Place		Tucson	AZ.	USA	85704	
273	533	Apdo. Postal 197		Taxco	Gro.	México		197
274	705	Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
275	249	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
276	718	Km. 106 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
277	245	Rio Autlán #2180-34	Altas	Guadalajara	Jal.	México	44421	
278	532	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	99074
279	604	Constitución #37	Morelos	Manzanillo	Col.	México	28217	
280	528	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
281	622	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
282		Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
283	138	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
284	531	768 52nd St		Norfolk	VI.	USA	23529	
285	254	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
286	695	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
287	725	Blvd. Transversal y Rosales	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
288	545	Calle 42 #28	Tacubaya	Cd. del Camen	Camp.	México		
289	546	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
290	543	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
291	171	Luis Martínez del Campo #39	Romero de Terreros	México	D.F.	México	04310	
292	540	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
293	547	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
294	648	Sierra Nevada #207	Villas del Valle	Garza Garcia	N.L.	México	66288	
295	255	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
296	259	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
297	376	Atotonilco #88	Felipe de Jesús	México	D.F.	México	07510	
298	262	Av. Revolución #1500	Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	México	44410	4021
299	707	Circuito Exterior, Cd.Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
300	93	Parque del Conde #12	San José Insurgentes	México	D.F.	México	03900	
301	261	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	



UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

REUNIÓN ANUAL 1999

Puerto Vallarta, Jal., México

25 - 29 de Octubre



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

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

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

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

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

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

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

Fecha límite para recibir resúmenes - Agosto 21, 1999

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

Reservaciones:

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

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

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

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

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

CAMINO REAL PUERTO VALLARTA

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

Octubre 24 – 31, 1999

Fecha límite de reservación: SEPTIEMBRE 20 DE 1999

Categoría de habitaciones		
Hab. DLX Sencilla	Hab. DLX Doble	Persona Extra
\$550.00 Pesos	\$550.00 Pesos	\$250.00 Pesos

Los precios son por noche, sujetos a un 15% de IVA + 2% de impuesto de hospedaje. Plan Europeo (no incluye alimentos). En base a ocupación sencilla/doble.

Si la categoría de habitación que solicita no se encuentra disponible y es necesario asignarle otra, favor de indicar si damos prioridad al tipo de habitación o a la tarifa.

Favor de anotar los nombres de las personas que ocuparán la habitación	Edad	Fecha de llegada	Vuelo de llegada y hora	Fecha de salida	Vuelo de salida y hora

Solicitudes especiales (sujetas a disponibilidad):

Garantía/Depósitos	
Fecha límite para reservaciones Septiembre 20, 1999. Las cancelaciones recibidas después de Septiembre 20, 1999 , así como no shows, estarán sujetas a un cargo por cancelación correspondiente a una noche más 15% IVA + 2% impuesto de hospedaje.	
Tarjetas de Crédito	
Los cargos serán hechos por el Hotel directamente	
AX _____	Visa _____
MasterCard _____	BX _____
BCMR _____	
Número de tarjeta _____	Fecha vencimiento: _____
Firma de tarjetahabiente: _____	
Nombre tarjetahabiente: _____	

Enviar confirmación a:

Nombre: _____
Institución ó Compañía: _____
Dirección: _____
Estado/País: _____

Teléfono: _____
Fax: _____
Ciudad: _____
Código Postal: _____

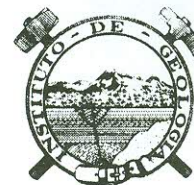
PARA HACER SUS RESERVACIONES EN EL HOTEL:	
FAX A (24 horas) 52-322-16000 e-mail: pvr@caminoreal.com	TELEFONO 52-322-15000

Para ser utilizado por el Hotel únicamente

Confirmado por: _____	Número de confirmación: _____
-----------------------	-------------------------------



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



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

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

25 Elementos Mayores y Traza

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

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

10 Elementos Mayores y Pérdida por Calcinación o 15 Elementos Traza

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

Determinaciones Complementarias

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

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

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

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

Nota: Sin la solicitud de análisis y la lista de muestras no se iniciará ningún estudio.

Las muestras deberán ser enviadas en polvo molido (al menos 20 g), aproximadamente a 200 mallas, en caso de requerir del uso del taller de molienda del IGLUNAM, el cargo será de \$75.00/ hora.



Posgrado

Maestría y Doctorado

en Ciencias de la Tierra

GEOLOGÍA

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

GEOFÍSICA APLICADA

Exploración Geofísica
Simulación Numérica
Problemas Inversos
Electromagnetismo
Geofísica Marina
Geohidrología

SISMOLOGÍA

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

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

Para mayores informes dirigirse a:

CICESE

Dirección de Estudios de Posgrado
Apartado Postal 2732
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada
Ensenada, Baja California
C.P. 22860, México
Tel. 01(61)745-050 Ext. 23001
Fax: 01(61)744-880
<http://www.cicese.mx>

U N A M



POSGRADO
EN CIENCIAS
DE LA TIERRA

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>



Maestría y Doctorado en Ingeniería Hidráulica



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

Las asignaturas que se imparten son, entre otras:

Hidráulica General
Métodos Matemáticos
Mecánica de Fluidos
Hidrología de Superficie

Irrigación y Drenaje
Geohidrología
Métodos Numéricos
Obras Hidráulicas

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

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

ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA

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

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

quienes estarán en funciones durante los próximos dos años.

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

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

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

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

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

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

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



ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA

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

INSTRUCCIONES PARA AUTORES DE ARTÍCULOS

POLÍTICA EDITORIAL

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

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

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

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

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

RESUMEN

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

INTRODUCCIÓN

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

METODOLOGÍA

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

RESULTADOS

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

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

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

REFERENCIAS

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

Formato para citas

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

- Alvarez-Borrego, S., 1996, Satellite derived photosynthetic pigment surveys: A review of marine phytoplankton biomass and productivity, *Geofísica Internacional*, v. 35, p. 51-61.
- Lomnitz, C., 1995, Diez años después: Una reinterpretación de la catástrofe de 1985, en: F. Medina-Martínez, L. A. Delgado-Argote y G. Suárez-Reynoso, editores, *La Sismología en México: 10 años después del temblor de Michoacán del 19 de Septiembre de 1985 (M=8.1)*, Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 2, 61-67.
- Ripa, P., y Velázquez, G., 1993, Modelo unidimensional de la marea en el Golfo de California, *Geofísica Internacional*, v. 32, p. 41-56.
- Sánchez-Sesma, F.J., and Luzón, F., 1994, Seismic response of three-dimensional alluvial valleys for incident P, S, and Rayleigh waves, *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 85, p. 269-284.
- Winkler, H.G.F., 1967, *Petrogenesis of metamorphic rocks*, 2nd ed.,

Springer-Verlag, New York, 237 p.

Unidades

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

densidad en g/cm³

presión en bar

intensidad del campo magnético en gammas

Expresiones matemáticas

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

Figuras

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

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

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

GEOS



FORMA DE ARBITRAJE (cualquier tipo de trabajo)

AUTOR (ES): _____

TITULO: _____

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

NOMBRE Y FIRMA
(opcional)

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

página internet: www.ugm.org.mx

Favor de hacer llegar su cuota a:

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

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

Con un cordial saludo

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

GEOS

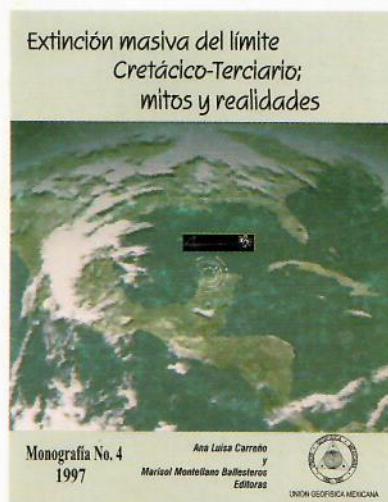
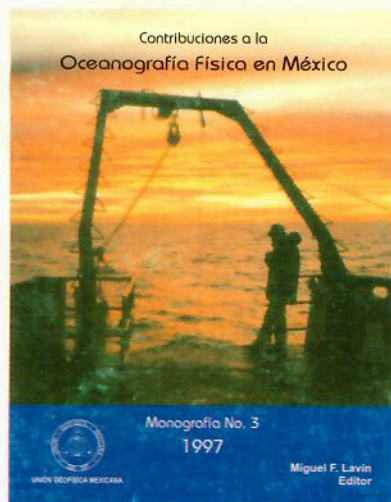
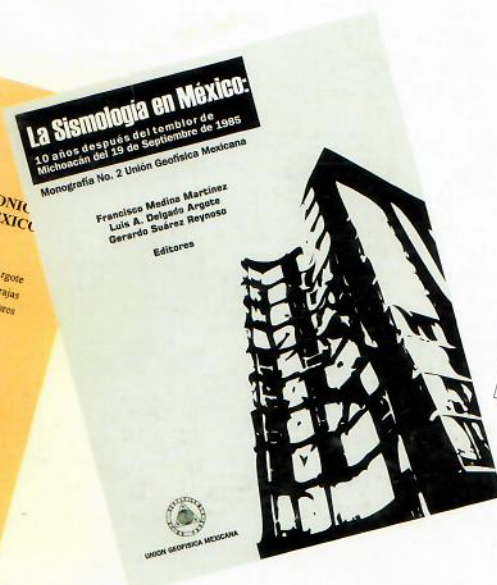
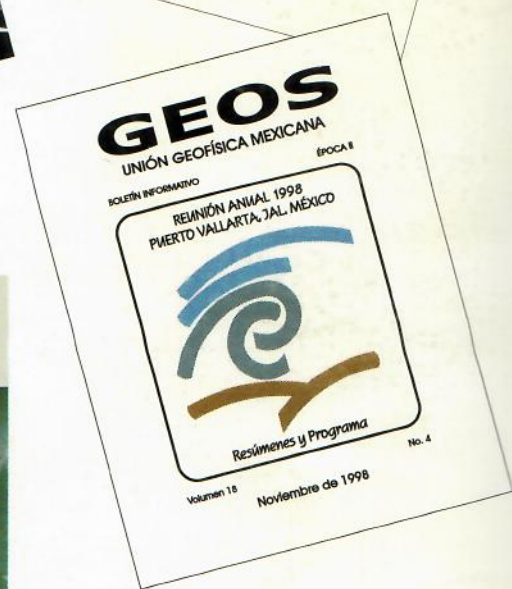
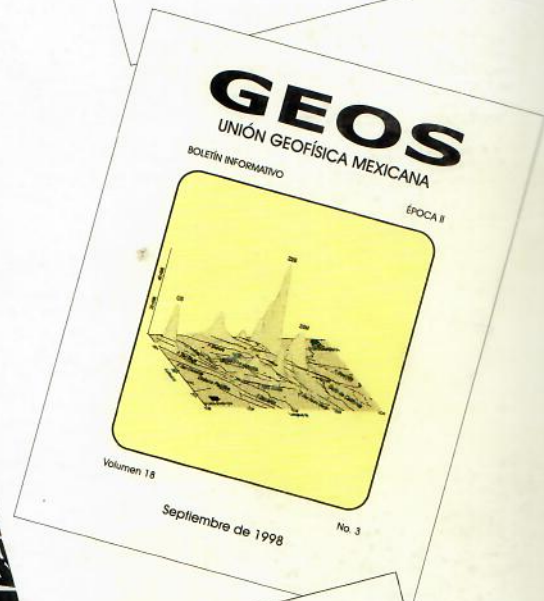
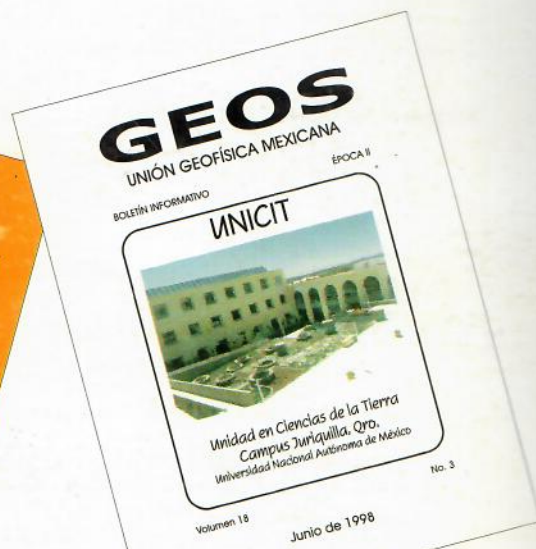
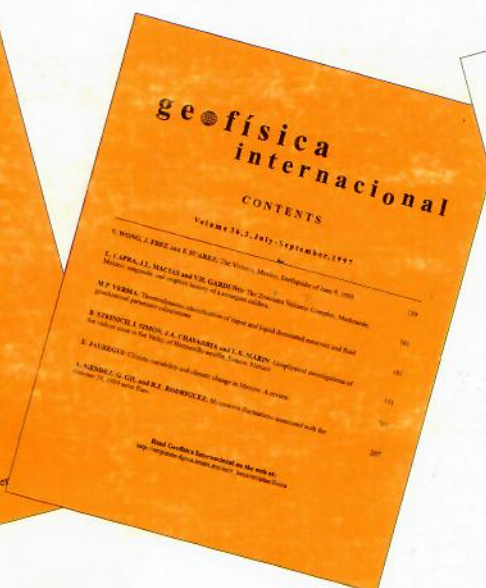
Revista a la venta con:

Costo del ejemplar \$60.00

María Guadalupe Martínez Vázquez
Depto. de Geología,
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(6)174-4501 al 08
Ext: 26021
E-mail: gmartine@cicese.mx

Araceli Chaman
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.