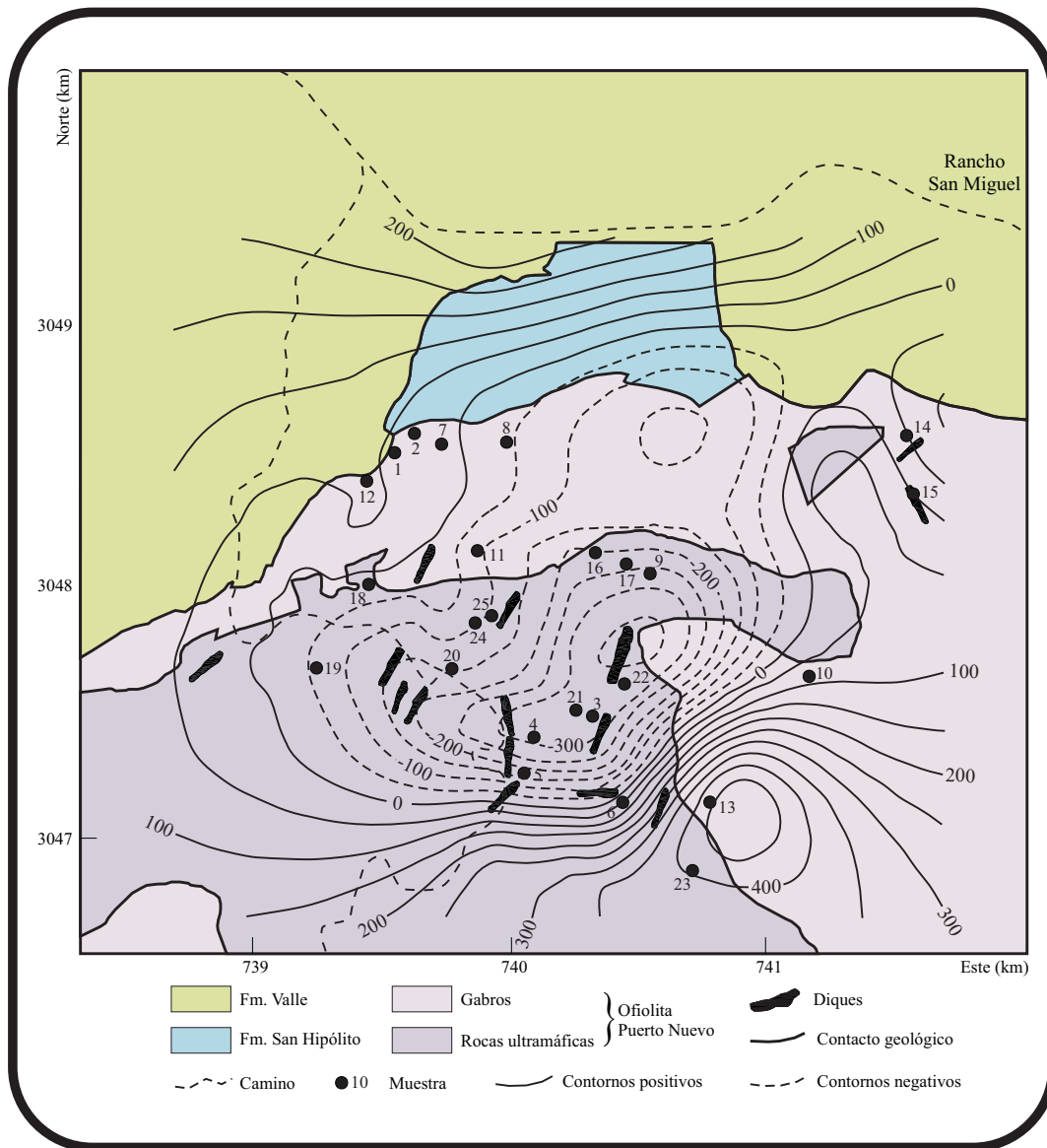


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 21

No. 1

Abril de 2001

GEOS

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

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

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

Dr. Fernando García García
Presidente

Dr. Juan García Abdeslem
Vicepresidente

Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi
Secretario General

Dr. Luca Ferrari Pedraglio
Tesorero

Dr. Enrique Gómez Treviño
Secretario de Investigación

Dr. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Gustavo Tolson Jones
Secretario de Educación

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

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

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

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

Toda correspondencia dirigirla a:

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

Luis A. Delgado Argote
E-mail: ldelgado@cicese.mx
y
Juan García Abdeslem
E-mail: jgarcia@cicese.mx
Editores

COMITE EDITORIAL

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

Victor Manuel Frías Camacho
María Cristina Álvarez Astorga
APOYO TÉCNICO EDITORIAL



ÍNDICE

EDITORIAL	1
NOTA DE LOS EDITORES	2
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
GEOLOGÍA Y MAGNETOMETRÍA DEL COMPLEJO MÁFICO-ULTRAMÁFICO PUERTO NUEVO EN EL ÁREA DE SAN MIGUEL, PENÍNSULA DE VIZCAÍNO, BAJA CALIFORNIA SUR	3
<i>Castro-Leyva, Teresa de J., Delgado-Argote, Luis A. y García-Abdeslem, Juan</i>	
ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN	
DISTRIBUCIÓN DE DAÑOS MATERIALES EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C., OCASIONADOS POR LOS SISMOS DE 1 DE JUNIO Y 10 DE SEPTIEMBRE, DE 1999, $M_w = 4.8$	22
<i>Francisco Suárez Vidal, Mario González, Luis Munguía Orozco, Víctor Wong Ortega, Antonio Vidal y Javier González García</i>	
REPORTE TÉCNICO	
CORRECCIÓN DE ESTACIÓN PARA HIPOCENTROS DETERMINADOS LOCALMENTE EN EL SISTEMA DE FALLAS SAN MIGUEL, BAJA CALIFORNIA. IMPLICACIONES PARA LA ESTRUCTURA SÍSMICA	31
<i>F. Farfán, I. Méndez, J. Frez, V.M. Frías, G. Arellano, J. Carlos, L. Orozco, O. Gálvez y J.J. González</i>	
RUPTURA DE LA LITÓSFERA CONTINENTAL EN LA REGIÓN DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SALTON TROUGH. REPORTE DEL TALLER MARGINS DE PUERTO VALLARTA	41
<i>Arturo Martín-Barajas, Mike Steckler y Joann Stock</i>	
COMPETENCIAS ACADÉMICAS DE LOS TUTORES DEL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA UNAM	47
<i>García Sahagún M.C., Laguna Calderón J., Campos Enríquez J.O., Ruíz Gutiérrez R. y Martínez González, A.</i>	
REPORTE	
SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO	55
<i>GRUPO RESNOM</i>	
NOTICIAS DE LA UGM	
ACTA DE LA ASAMBLEA GENERAL DE LA REUNIÓN ANUAL 2000 DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.	57
INFORME FINANCIERO DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C., 2000	59
DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 2001	61
REUNIÓN ANUAL 2001 DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.	72
COMUNICACIONES	
INSTRUCCIONES PARA AUTORES	78
FORMA DE ARBITRAJE	80

EDITORIAL

PROPUESTAS ESTRATÉGICAS PARA EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO

El Foro Permanente de Ciencia y Tecnología (FPCT), órgano autónomo de consulta del Poder Ejecutivo, hizo en febrero pasado un diagnóstico sobre la problemática de la Ciencia y la Tecnología (CyT) en México, con el fin de desarrollar una serie de propuestas estratégicas para el Plan Nacional de Desarrollo. En este documento se define a la ciencia como “conocimiento público generado en las universidades y centros de investigación” (CI), mientras que la tecnología es “la combinación de conocimientos científicos con los diseños prácticos”. En términos generales, en el documento se identifican muchos de los grandes problemas que aquejan al desarrollo de la CyT de México, los cuales son señalados continuamente por la comunidad científica; lo importante sería que en esta ocasión estas propuestas estén efectivamente más cerca del Ejecutivo. Es importante, sin embargo, que el diagnóstico se interprete correctamente. Por ejemplo, se afirma que el desarrollo de la CyT requiere de la formación de recursos humanos y de CI, pero no se hace suficiente énfasis en la necesidad de fortalecer o incluso de modificar las estructuras de muchas universidades y CI, en lugar de crear nuevas instituciones.

Por otro lado, se menciona en lo general la necesidad de bases de datos integrales y confiables para respaldar la planeación de programas y políticas. Aquí la interpretación es muy importante, pues no existe una definición clara acerca de los tipos de bases de datos. Aparentemente se trata de información de tipo socioeconómico como la que elabora el INEGI, y no se menciona la importancia estratégica, para el desarrollo científico y el crecimiento económico, de bases de datos sobre procesos naturales y biológicos tales como las generadas por redes mareográficas, sísmicas, atmosféricas, gravimétricas, volcanológicas, biológicas, entre otras.

Se afirma que el ciudadano común “ahora depende más de CyT, pero que cada vez se aparta más de ellas; que las nuevas generaciones son prácticamente analfabetas en la materia”. Como no se cita análisis alguno, parece ésta una afirmación simplista. En su caso, debería mencionarse la necesidad de crear Museos de CyT y más infraestructura permanente, fomentar la práctica de las casas abiertas por parte de universidades y CI, apoyar la realización de olimpiadas del conocimiento, etc. que promuevan la divulgación que se pretende.

Se menciona que es urgente fortalecer a los posgrados, con infraestructura y recursos humanos y establecer nexos con las empresas, así como promover la inserción de investigadores en los temas de su interés. Además, para ampliar el esquema de becas se recomienda la participación de la IP (iniciativa privada) y de los gobiernos estatales. En ese sentido, el esfuerzo del gobierno federal debe incentivar la vinculación empresa-academia y el otorgamiento de becas y colegiaturas por parte de la IP haciéndolos, por ejemplo, deducibles de impuestos y no actuando simplemente como observador.

Sobre el financiamiento de la investigación en CyT, están identificados algunos de los males mayores: insuficiente apoyo económico al CONACYT para efectuar sus funciones principales, excesiva burocracia (sistemas aduanales, pagos de impuestos, permisos, etc.), centralismo derivado en parte al pobre desarrollo de los centros de provincia, poca flexibilidad para ejercer las partidas presupuestales, salarios no competitivos.

Es de esperar que el mensaje de las propuestas emanadas del grupo consultor de científicos pueda ser interpretado por el grupo de funcionarios encargados de actuar en la solución de la problemática de la CyT mexicanas, en particular, la Secretaría de Hacienda, de la que se espera que actúe con la misma imaginación que solicita de la comunidad para solucionar sus problemas, principalmente de financiamiento.

NOTA DE LOS EDITORES

Después de una consulta con los miembros de la Mesa Directiva de la UGM, hemos decidido reducir los números anuales de nuestro Boletín Informativo **GEOS** de cuatro a tres. A partir de este año, saldrán los números regulares 1 y 2 en abril y agosto, y el número 3 corresponderá a Resúmenes y Programa de la Reunión Anual de noviembre. Ahora los problemas de financiamiento del Boletín están prácticamente resueltos, el cambio en nuestra programación editorial se debe principalmente a la falta de contribuciones, así como a la lentitud en la respuesta de los revisores. Sufrimos, al igual que otras revistas especializadas con arbitraje, editadas en español, el poco interés de nuestros colegas por publicar en nuestro idioma debido, entre otras razones, al poco crédito que les otorgan las comisiones evaluadoras de nuestras instituciones.

Esperamos que esta nota sirva para que revaloremos el impacto de muchas de nuestras investigaciones en nuestros ámbitos regionales y locales.

GEOLOGÍA Y MAGNETOMETRÍA DEL COMPLEJO MÁFICO-ULTRAMÁFICO PUERTO NUEVO EN EL ÁREA DE SAN MIGUEL, PENÍNSULA DE VIZCAÍNO, BAJA CALIFORNIA SUR

Castro-Leyva, Teresa de J., Delgado-Argote, Luis A. y García-Abdeslem, Juan
División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Correo Electrónico: ldelgado@cicese.mx

RESUMEN

El complejo máfico-ultramáfico Puerto Nuevo, que aflora en la parte central de la Península de Vizcaíno, está constituido por un miembro gabrónico y otro de rocas ultramáficas.

Aprovechando la alta susceptibilidad magnética que caracteriza a las rocas ultramáficas serpentinizadas, en contraste con las rocas encajonantes, se realizó un estudio geológico y magnetométrico en el área de San Miguel para conocer la geometría de los miembros del complejo e interpretar el mecanismo de emplazamiento y espesor del miembro de rocas ultramáficas.

Las rocas ultramáficas se caracterizan por su alto grado de serpentización (>85%), una intensa foliación y una alta susceptibilidad magnética, debida en gran parte al desarrollo de magnetita secundaria al serpentinizarse el olvino. Los minerales del grupo de la serpentina están representados predominantemente por lizardita y en menor proporción por crisotilo y antigorita. Del reconocimiento de pseudomorfos y bastitas se interpreta que los protolitos ultramáficos son harzburgita, lherzolita y dunita.

Del modelado del perfil de datos magnéticos se identificó la presencia de un cuerpo de rocas ultramáficas a profundidad con un valor de susceptibilidad magnética del orden de los 500×10^{-6} (sistema cgs), que es hasta cuatro veces superior a la de las rocas ultramáficas que afloran en superficie. El espesor que se estima para el miembro de rocas ultramáficas es del orden de los 1,000 m.

Conjuntando los resultados del estudio geológico y magnetométrico se interpreta un mecanismo de intrusión forzada diapírica del cuerpo de rocas ultramáficas debida en parte al efecto combinado del aumento de volumen y la pérdida del 35% de la densidad de las rocas ultramáficas durante la serpentización.

INTRODUCCIÓN

La historia de cristalización y emplazamiento de las asociaciones máfico-ultramáficas (MUM) generalmente está oscurecida por fenómenos de deformación y metamorfismo, por lo que la interpretación del ambiente de formación de estas asociaciones es complejo. La cartografía geológica apoyada con estudios geofísicos ofrece importante información referente a la geometría y relaciones de contacto entre estas unidades litológicas.

En la margen occidental de Norteamérica se han identificado secuencias máfico-ultramáficas que se interpretan como fragmentos de cuencas marginales y de arcos de islas acrecionados tectónicamente en los bordes del cratón de Norteamérica durante el Mesozoico (Rangin, 1978).

En la Península de Vizcaíno se han reconocido dos secuencias MUM del Triásico Superior: Puerto Nuevo en la parte norte (Moore, 1983; Castro-Leyva, 1992) y La Costa en el sur (Moore, 1983; Figura 2); ambas son de naturaleza ofiolítica, similares a las que afloran en el occidente de California.

A pesar de los numerosos estudios geológicos que se han desarrollado en la Península de Vizcaíno, pocos se han ocupado de las rocas de las secuencias MUM. Entre los estudios geológicos más conocidos en la Península de Vizcaíno se encuentran: Mina (1957), Gastil *et al.* (1975), Rangin (1978), Kimbrough (1982), Moore (1983), Sedlock (1988), Baldwin y Harrison (1992) y Castro-Leyva (1992). En la mayoría de esos trabajos se presentan interpretaciones tectónicas basadas en observaciones a gran escala, donde poco se documentan la geometría y la deformación interna y el espesor de las secuencias ofiolíticas. Por ello, en este trabajo se presenta un estudio geológico a detalle de la secuencia ofiolítica Puerto Nuevo en el área de San Miguel, apoyado con un estudio magnetométrico para estimar el espesor de las rocas ultramáficas. El estudio geológico incluye la descripción de las relaciones de contacto entre los miembros gabrónico y de rocas ultramáficas de la ofiolita, así como las relaciones entre la secuencia MUM con las rocas encajonantes; la descripción y el análisis petrográfico de 25 muestras representativas de los afloramientos del área de San Miguel, donde se interpreta la mineralogía de los protolitos probables de las rocas ultramáficas serpentinizadas con base en el reconocimiento de bastitas y pseudomorfos. Un análisis estructural del fallamiento de la zona, las tendencias estructurales de algunos

miembros de la ofiolita y el ambiente tectónico, se describen con detalle en Castro-Leyva (1997).

La prospección magnética se diseñó aprovechando la alta susceptibilidad magnética que caracteriza a las rocas ultramáficas serpentinizadas al producir magnetita secundaria durante la serpentización, principalmente del olivino. Para esta prospección se efectuaron seis líneas de medición, a lo largo de las cuales se colectaron 25 muestras para medir su susceptibilidad magnética. A partir de mapas de contornos de anomalías magnéticas residuales, con apoyo en los resultados de medición de susceptibilidad magnética y de la cartografía geológica, se efectuó un modelado bidimensional de un perfil. Del modelo obtenido, se presentan las relaciones geométricas a profundidad entre los miembros del Complejo MUM de Puerto Nuevo.

GEOLOGÍA REGIONAL

La región de la Península de Vizcaíno constituye gran parte del terreno Cochimí descrito por Sedlock *et al.* (1993) y limita hacia el este con el terreno Yuma, representado por el arco volcánico Alisitos del Cretácico Inferior (Figura 1). El Terreno Cochimí está formado por una serie de unidades acrecionadas tectónicamente durante el Mesozoico y el Cenozoico. Hacia el oriente, el contacto entre el Terreno Vizcaíno y el Batolito Peninsular (Terreno Yuma; Sedlock *et al.*, 1993) está cubierto por los sedimentos del Desierto Vizcaíno, mientras que hacia el norte, el límite con las series de Isla de Cedros está sepultado en la cuenca de la Bahía de Sebastián Vizcaíno (Figura 1). El terreno Cochimí forma un estrecho y discontinuo cinturón costero que incluye a las islas San Benito y Cedros. Está litológicamente formado por rocas sedimentarias y volcanosedimentarias de ambiente de arco de isla, así como por cuerpos ofiolíticos y otras rocas metamórficas del Mesozoico. De acuerdo con Jones *et al.* (1976), Rangin (1978), Kimbrough (1982) y Baldwin y Harrison (1992), las secuencias del Jurásico Medio e Inferior de las islas San Benito y Cedros se correlacionan cronológica y litológicamente con las secuencias de Great Valley y del cinturón Franciscan del norte de California.

ESTRATIGRAFÍA E HISTORIA GEOLÓGICA DE LA PENÍNSULA DE VIZCAÍNO

El basamento de la Península de Vizcaíno está representado por fragmentos de corteza de tipo oceánica del Mesozoico Temprano. Hacia el norte se encuentra el complejo ofiolítico Puerto Nuevo (Moore, 1983; Barnes, 1984 y Castro-Leyva, 1992) y hacia el sur la Ofiolita La Costa (Figura 2). A pesar de que las dos secuencias ofiolíticas se correlacionan cronológica y estratigráficamente, Moore (1983) las separó en Vizcaíno Norte y Vizcaíno Sur (Figura 3). El mismo autor observó diferencias en la distribución, espesor y tipo de facies de las unidades mesozoicas que las cubren, lo que implicaría posiciones paleogeográficas distintas.

La Ofiolita Puerto Nuevo aflora a lo largo de un cinturón orientado N70°W, desde el norte de la Sierra El Placer hasta la Sierra Morro Hermoso, con pequeños afloramientos aislados al norte de Punta Quebrada (Figura 2). Los afloramientos de este complejo son continuos en aproximadamente 32 km. Se interpreta, a partir de dos fechamientos U-Pb obtenidos por Kimbrough (1982), que la edad máxima de la Ofiolita Puerto Nuevo es de 220 Ma. La Ofiolita La Costa (Moore, 1983) aflora en pequeños cuerpos aislados a lo largo de la costa sur de la Península de Vizcaíno (Punta San Pablo) y en la parte sur-central de la Sierra El Placer (Figuras 2 y 3). Este complejo está formado por harzburgita serpentizada y gabro bandedado. Esta secuencia plutónica es de menor tamaño que la Ofiolita Puerto Nuevo y está cubierta por un paquete de derrames de basalto almohadillados, ricos en pedernal con asociaciones de radiolaritas del Triásico tardío (Barnes, 1984).

Al occidente de la Sierra el Placer, ambos cuerpos ofiolíticos están cabalgados (Figuras 2 y 3) por la Fm. San Hipólito del Triásico Superior-Jurásico Inferior (Kimbrough, 1985; Castro-Leyva, 1992). Esta formación es una secuencia de arco de islas constituida por rocas volcánicas, volcanoclásticas y, en menor proporción, por rocas calcáreas fosilíferas. Con base en las edades isotópicas obtenidas de la Ofiolita Puerto Nuevo (Kimbrough, 1982) y en el contenido faunístico de la Fm. San Hipólito y los basaltos almohadillados de la Ofiolita La Costa (Finch y Abbott, 1977; Pessagno *et al.*, 1979), se interpreta que ambos fragmentos de naturaleza oceánica se formaron en un ambiente de cuenca marginal, muy próximos al frente activo del arco volcánico de la Fm. San Hipólito del Triásico Superior (Kimbrough, 1982; Moore, 1983).

En la parte central de la Sierra El Placer, la Fm. San Hipólito está en contacto por falla (Figuras 2 y 3), bajo una serie de rocas volcánicas del Jurásico Medio-Superior del complejo de arco San Andrés (Rangin, 1978; Moore, 1983 y 1984; Kimbrough, 1982). Este complejo volcánico es de composición andesítica y está intrusionado por diques de gabro-tonalita (Moore, 1983, 1984; Castro-Leyva, 1992), fechados por los métodos K-Ar y U-Pb en 127 Ma y 154 Ma por Troughton (1974) y Barnes (1984), respectivamente. Los diques relacionados con la intrusión del Oxfordiano-Hauteriviano afectaron tanto a las rocas de la Fm. San Hipólito como a las de la Ofiolita La Costa.

En la Sierra Morro Hermoso y en Punta Quebrada, las rocas de la Fm. San Hipólito y las del Complejo máfico-ultramáfico Puerto Nuevo están discordantemente cubiertas (Figura 3) por las Fms. Eugenia y Perforada del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (Boles, 1978).

En las regiones de Punta Eugenia y Punta Quebrada, el miembro superior de la Fm. Eugenia del Titoniano-Valanginiense (Hickey, 1984) está constituido por areniscas y lutitas, intercaladas con estratos de conglomerados. Esta unidad incluye paquetes de tobas líticas, brechas de tobas y basaltos almohadillados. Barnes (1984) reportó que la parte inferior

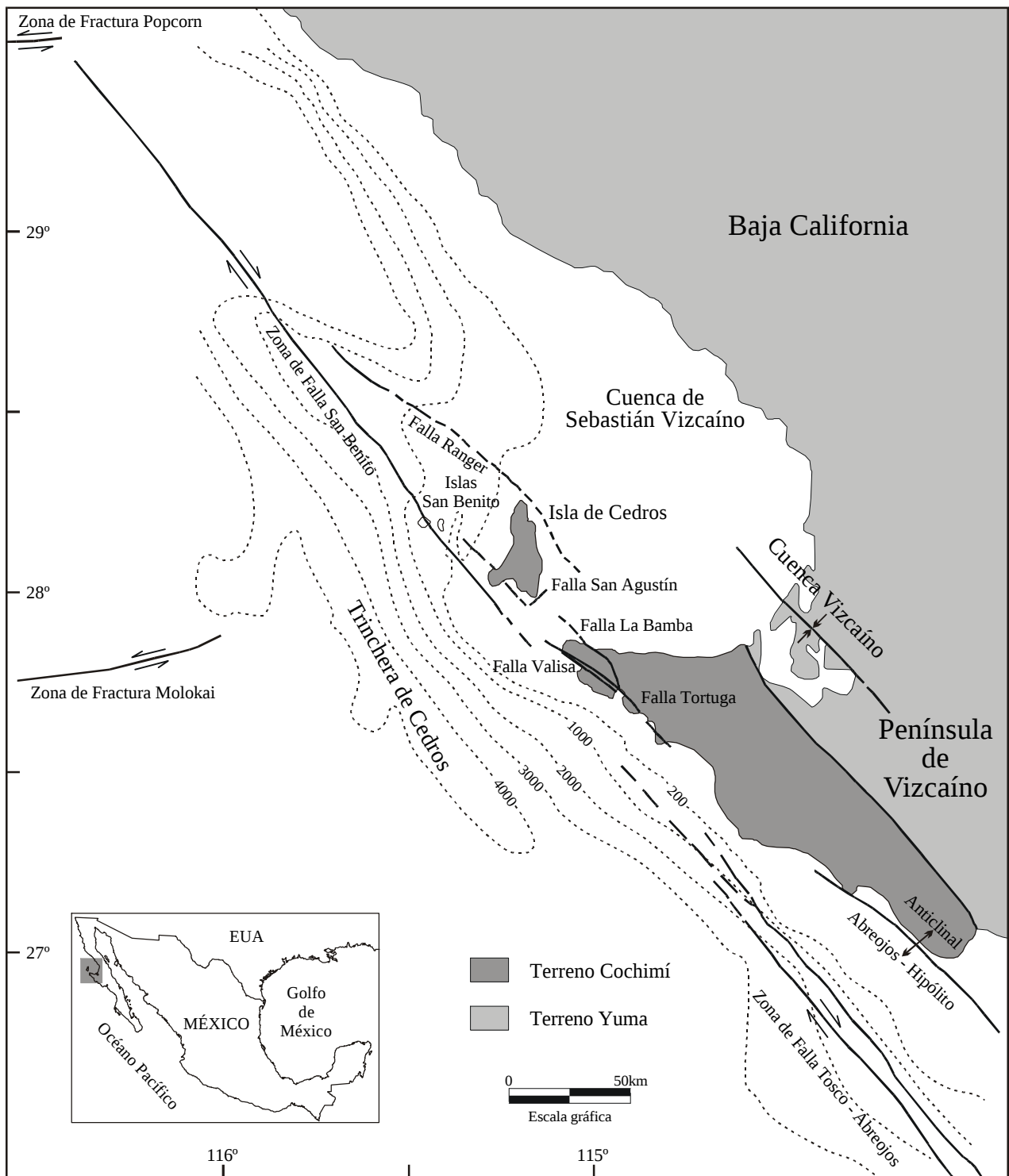


Figura 1. Rasgos estructurales regionales (modificado de Kimbrough, 1985) y terrenos tectonoestratigráficos (Sedlock et al., 1993) de la región de Península de Vizcaíno.

de la Fm. Eugenia está constituida por sedimentos de aguas profundas con un alto estructural localizado hacia el oriente. El espesor máximo de esta unidad (~ 7 km) se observa en la Isla de Cedros. La edad Titoniano-Valanginiense de la Fm. Eugenia se determinó con base en su contenido de radiolarios (Robinson, 1975) y por la presencia del pelecípodo *Buchia piochi* (Rangin, 1982). Hickey (1984) interpretó que el ambiente de depósito es de cuenca antearco y que durante el

Titoniano, el alto estructural que la alimentó fue el Complejo de Arco San Andrés. La Fm. Eugenia está cubierta discordantemente por la Fm. Perforada, formada por areniscas interestratificadas con lutitas. Hickey (1984) y Kimbrough (1987) identificaron clastos y detritos de tonalita con xenolitos de hornblendita y granito peraluminoso de biotita en los conglomerados y areniscas de la Fm. Eugenia y la Fm. Perforada.

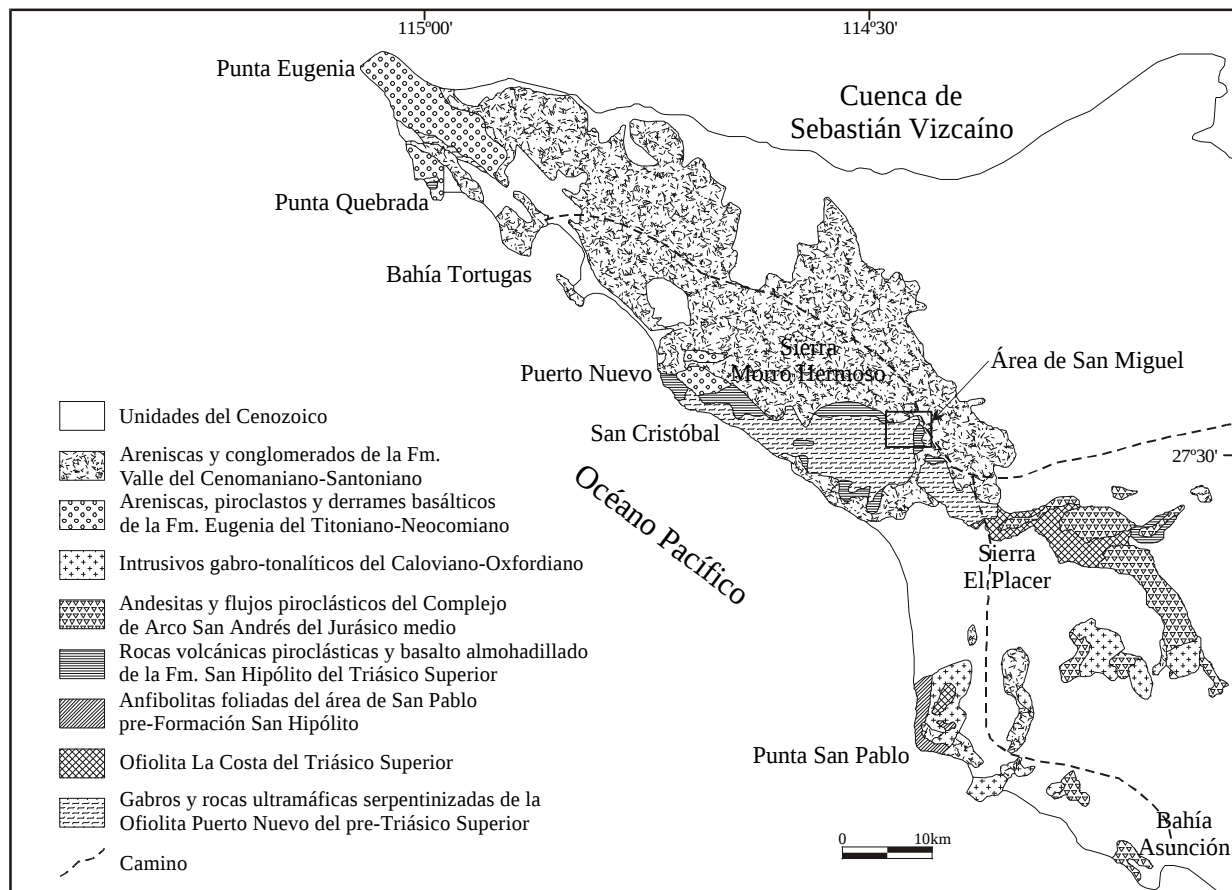


Figura 2. Mapa geológico regional de la Península de Vizcaíno (modificado de Kimbrough, 1985 y Castro-Leyva, 1992) indicando el área de estudio.

Por último, la Fm. Valle del Cenomaniano-Santoniano cubre discordantemente a todas las unidades mesozoicas de la Península de Vizcaíno (Robinson, 1975; Rangin, 1976; Moore, 1985; Castro-Leyva, 1992). Esta secuencia sedimentaria se expone ampliamente en la parte central y norte de la península, con afloramientos aislados en la parte sur (Figura 2), donde comúnmente el contacto con las unidades basales es estructural. Moore (1983) y Sedlock (1988) propusieron que antes de la sedimentación del Cretácico Inferior, en la parte noroeste de la Sierra El Placer, se unieron los terrenos Vizcaíno Sur y Norte por una falla lateral derecha.

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE SAN MIGUEL

La zona de estudio cubre un área de 16 km², aproximadamente a 20 km al oriente del poblado Puerto Nuevo (Figuras 2 y 4). En esta región están bien expuestas las rocas máficas y ultramáficas de la Ofiolita Puerto Nuevo y los miembros inferiores de las Fms. San Hipólito y Valle. Las relaciones de contacto entre las diferentes unidades mesozoicas son predominantemente por fallas de desplazamiento lateral.

Las rocas más antiguas del área están representadas por los miembros del Complejo máfico-ultramáfico Puerto Nuevo. Hasta ahora, el miembro de rocas ultramáficas se ha considerado como el basamento local para la región norte de la Península de Vizcaíno, debido a que no ha sido identificado el basamento sobre el cual se emplazó este fragmento de ofiolita. Sin embargo, en el área de Puerto Nuevo, se observan bloques metamórficos en la base de las rocas ultramáficas que pueden correlacionarse con las anfibolitas de Punta San Pablo (Figura 2) y por lo tanto, según Moore (1985), los bloques metamórficos podrían representar parte del sustrato sobre el cual se emplazó la ofiolita.

En la parte central del área de estudio afloran rocas que se pueden correlacionar con la Fm. San Hipólito. Estas rocas están en contacto por falla inversa con el gabro. Hacia el norte, las rocas de la Fm. Valle yacen en discordancia erosional sobre las rocas volcánicas de la Fm. San Hipólito y sobre el gabro de la Ofiolita Puerto Nuevo. Como se puede observar en el mapa de la Figura 4, esta discordancia está desplazada y deformada por fallas de desplazamiento lateral.

Se presenta enseguida una descripción, de la base a la cima, de las unidades estratigráficas que afloran en el área de estudio, pues el objetivo de este trabajo se centra en los miembros ofiolíticos.

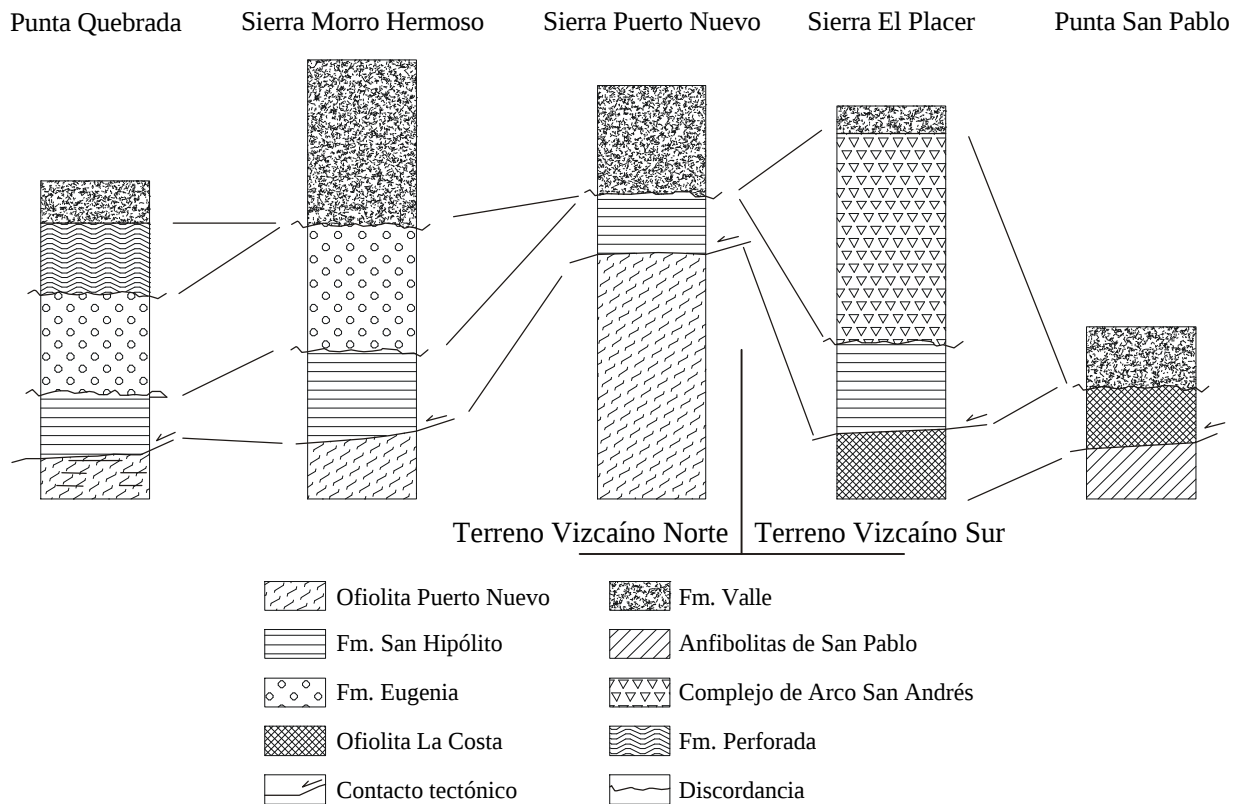


Figura 3. Columnas estratigráficas esquemáticas de diferentes áreas indicadas en la Figura 2. La escala no indica los espesores de las unidades estratigráficas.

OFIOLITA PUERTO NUEVO

Esta secuencia fue descrita y dividida por Rangin (1976) en cuatro miembros: ultramáfico, gabróico, complejo de diques y complejo extrusivo. Otros estudios de cartografía de la región (Dávila-Alcocer y Pessagno, 1986; Moore, 1986; Castro-Leyva, 1992) muestran que la Ofiolita Puerto Nuevo carece, tanto del complejo de diques (complejo filoniano), como del complejo extrusivo. A partir de estos trabajos, la secuencia Puerto Nuevo se reduce a los miembros ultramáficos y gabróicos. Los contactos entre estos miembros son principalmente por fallas inversas cortadas a su vez por fallas de desplazamiento lateral (Figura 4).

A. MIEMBRO ULTRAMÁFICO

Las rocas ultramáficas representan la base de la ofiolita, formando aproximadamente el 60% (600 m) del espesor total de la secuencia. Estas rocas están serpentinizadas en un 85 a 100% en volumen, excepto en algunos cuerpos pequeños y aislados donde los minerales de alteración no rebasan el 10%. Con base en la identificación microscópica de bastitas y pseudomorfs de piroxenos y olivinos se pudo inferir, en la mayoría de los casos, la composición de los protolitos. En la base del miembro ultramáfico del área de Puerto Nuevo se han identificado bloques metamórficos de gneises, anfibolitas y esquitos de algunos metros de longitud (Minch *et al.*, 1976; Rangin, 1978; Moore, 1986; Castro-Leyva, 1992). La edad de estos bloques es incierta pero, basándose en la edad mínima

de las rocas ultramáficas que los contienen, Moore (1986) propuso que éstos son más antiguos que los del Cretácico Inferior que afloran en las islas de Cedros y San Benito. Es común que las rocas ultramáficas presenten concentraciones de cromita en estructuras de pods o bolsas, así como magnesita y talco en las zonas con alteración hidrotermal. La cromita puede presentarse en cuerpos podiformes, en granos finos diseminados o en pequeñas inclusiones en los olivinos. Los cuerpos podiformes, de hasta de 10 m de longitud, generalmente se orientan siguiendo los planos de foliación de las rocas ultramáficas que los contienen.

B. MIEMBRO GABRÓICO

La porción de la Ofiolita Puerto Nuevo está representada por un cuerpo masivo de composición gabróica de espesor menor a 200 m. Comúnmente los gabros próximos a las zonas de contacto con las rocas del miembro ultramáfico están intensamente deformados y alterados hidrotermalmente, mientras que los alejados se caracterizan por presentar un grado bajo de alteración y deformación. Las estructuras del gabro masivo pueden ser isotrópicas, bandeadas y pegmatíticas. Petrográficamente se identificó gabro, norita con clinopiroxeno, gabronorita y, en menor proporción, gabro con olivino y gabro con ortopiroxeno (Figura 6).

Es común que las rocas ultramáficas, y en menor grado el gabro, estén cortados por diques cuya composición puede ser diabásica, cuarzomonzonítica y tonalítica (plagiogranito). El

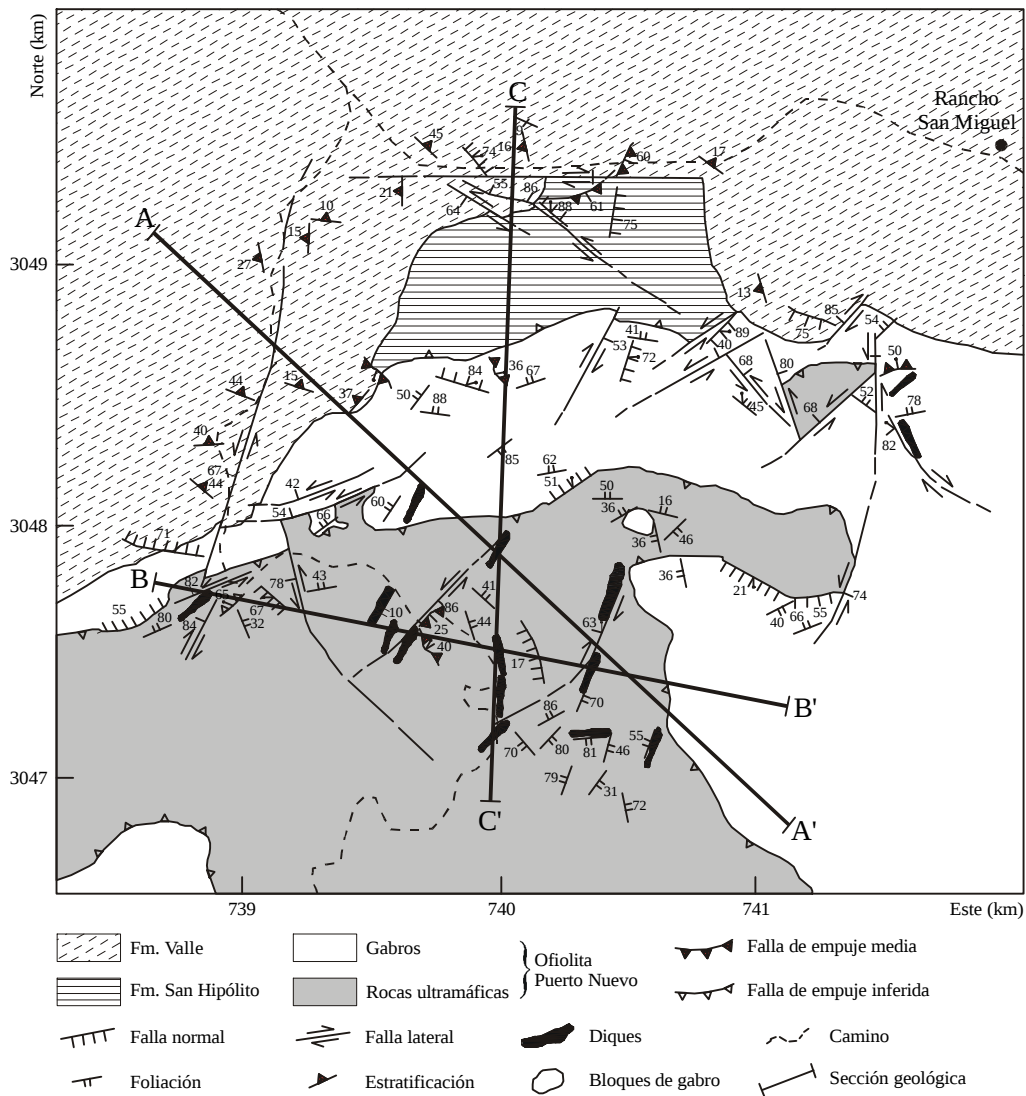


Figura 4. Mapa geológico del área de estudio. Los sitios de muestreo para análisis petrográfico pueden verse en las Figuras 10 y 13, y tablas 1 y 2.

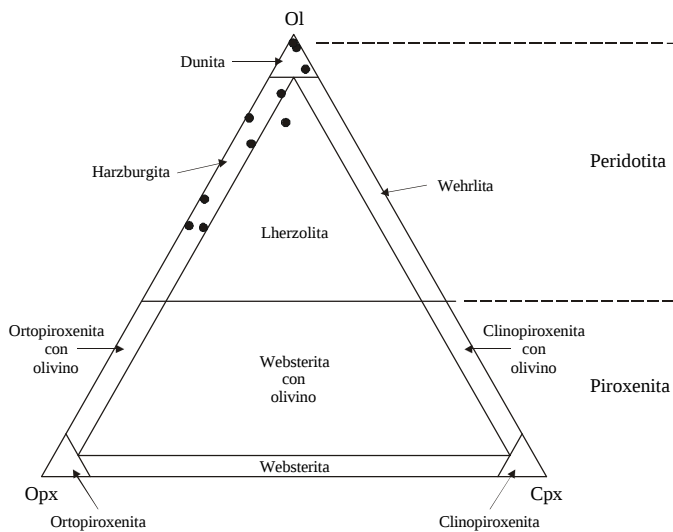


Figura 5. Clasificación modal (Streckeisen, 1973) de las rocas ultramáficas de la ofiolita Puerto Nuevo.

espesor de los diques varía desde pocos centímetros hasta 30 m. En algunas localidades la continuidad de estos diques es interrumpida por zonas de cizalla que los desplazan desde algunas decenas de centímetros hasta pocos metros.

C. FORMACIÓN SAN HIPÓLITO

La Fm. San Hipólito es una secuencia de arco volcánico del Triásico Superior-Jurásico Inferior (Finch y Abott, 1977; Pessagno *et al.*, 1979; Dávila-Alcocer y Pessagno, 1986). Se le ha medido un espesor máximo de 1,800 m, constituido por rocas volcánicas y sedimentarias que sobreyacen por falla inversa al gabro de la Ofiolita Puerto Nuevo (Moore, 1985; Castro-Leyva, 1992). La Fm. San Hipólito fue descrita inicialmente por Mina (1957) en el área de Punta San Hipólito y posteriormente estudiada en detalle por Finch y Abott (1977). Los últimos autores dividieron a esta formación en los miembros Pedernal, Caliza, Brecha y Arenisca.

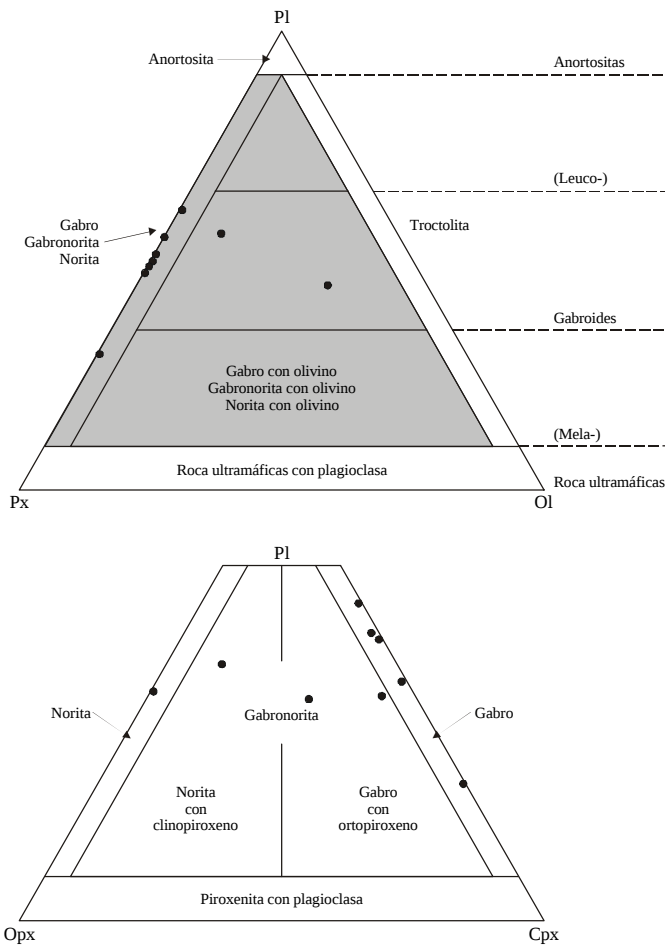


Figura 6. Clasificación modal (Streckeisen, 1973) del miembro gabrítico de la ofiolita Puerto Nuevo.

D. FORMACIÓN VALLE

La Fm. Valle fue descrita por Robinson (1975), quien reportó que esta unidad, en la región de Vizcaíno, tiene un espesor aproximado de 2,000 m. Está constituida por argilitas, areniscas y lutitas hacia la base, seguidas por el miembro superior representado por un potente estrato de conglomerados.

En el área de San Miguel los estratos localizados cerca de los planos de falla exhiben pliegues de arrastre. Esta deformación no es clara en el estrato de conglomerados debido al tamaño de sus componentes. El conglomerado incluye fragmentos de cuarcita, rocas graníticas de grano grueso y fragmentos de andesita. Debido a la deformación que experimentó el Complejo máfico-ultramáfico Puerto Nuevo durante su serpentinización, emplazamiento y por la tectónica del Cenozoico, resulta difícil reconstruir la estratigrafía de la secuencia inicial. Sin embargo, basándose en la cartografía de este estudio y en los resultados publicados por Moore (1986) y Castro-Leyva (1992), se propone para el área de Puerto Nuevo el orden estratigráfico mostrado en la Figura 7.

En la Figura 8 se presentan tres perfiles geológicos donde se muestran las relaciones de contacto entre las diferentes unidades litológicas del área de San Miguel. En estas secciones geológicas se puede observar que la mayoría de los con-

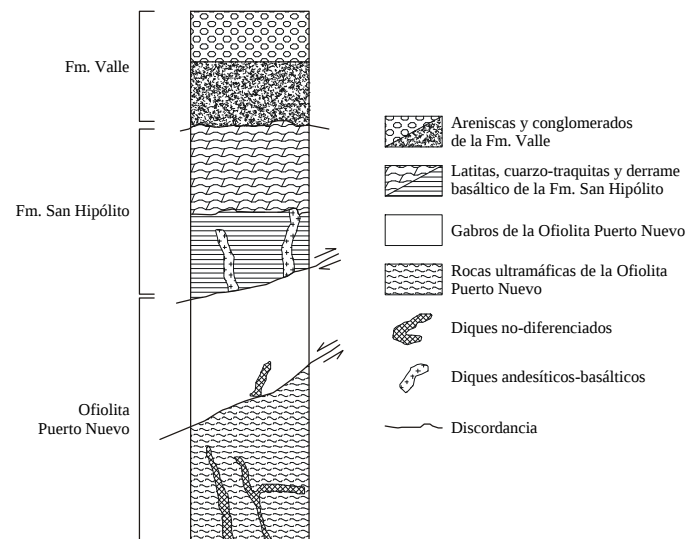


Figura 7. Columna estratigráfica esquemática del área de San Miguel.

tactos son por falla. El plano de falla inversa que pone en contacto al gabro con las rocas ultramáficas nos indica el movimiento ascendente de la masa de serpentinitas.

PETROGRAFÍA DE LA OFIOLITA PUERTO NUEVO

En esta sección se presenta una descripción abreviada de la petrografía de las unidades de rocas ultramáficas, gabro y diques que constituyen al complejo máfico-ultramáfico Puerto Nuevo. La descripción se basa en el análisis petrográfico de 23 muestras colectadas para este trabajo (Figuras 5 y 6) y en otros resultados reportados para esta área. Para el análisis modal, se efectuó un conteo de 900 puntos por lámina delgada.

ROCAS ULTRAMÁFICAS

A esta unidad se le dio mayor atención, en vista de que parte de este trabajo está orientado hacia una prospección magnetométrica de estas rocas aprovechando su alta susceptibilidad magnética. La mayoría de los ejemplares de rocas ultramáficas muestran una serpentinización que varía entre el 85 y 100%. La lizardita es el mineral del grupo de la serpentina que predomina en estas muestras, seguida en abundancia por el crisotilo asbestiforme de fibra cruzada y de fibra deslizada y la posible presencia de antigorita. Utilizando los criterios propuestos por Wicks y Whittaker (1977), las texturas de serpentinización observadas al microscopio se dividen en texturas pseudomórficas y en texturas no-pseudomórficas.

Del estudio de los pseudomorfos de serpentina, se identificaron olivino y ortopiroxeno como principales constituyentes de los protolitos, seguidos por clinopiroxeno. Las texturas primarias identificadas son cumúlíticas principalmente cumúlíticas.

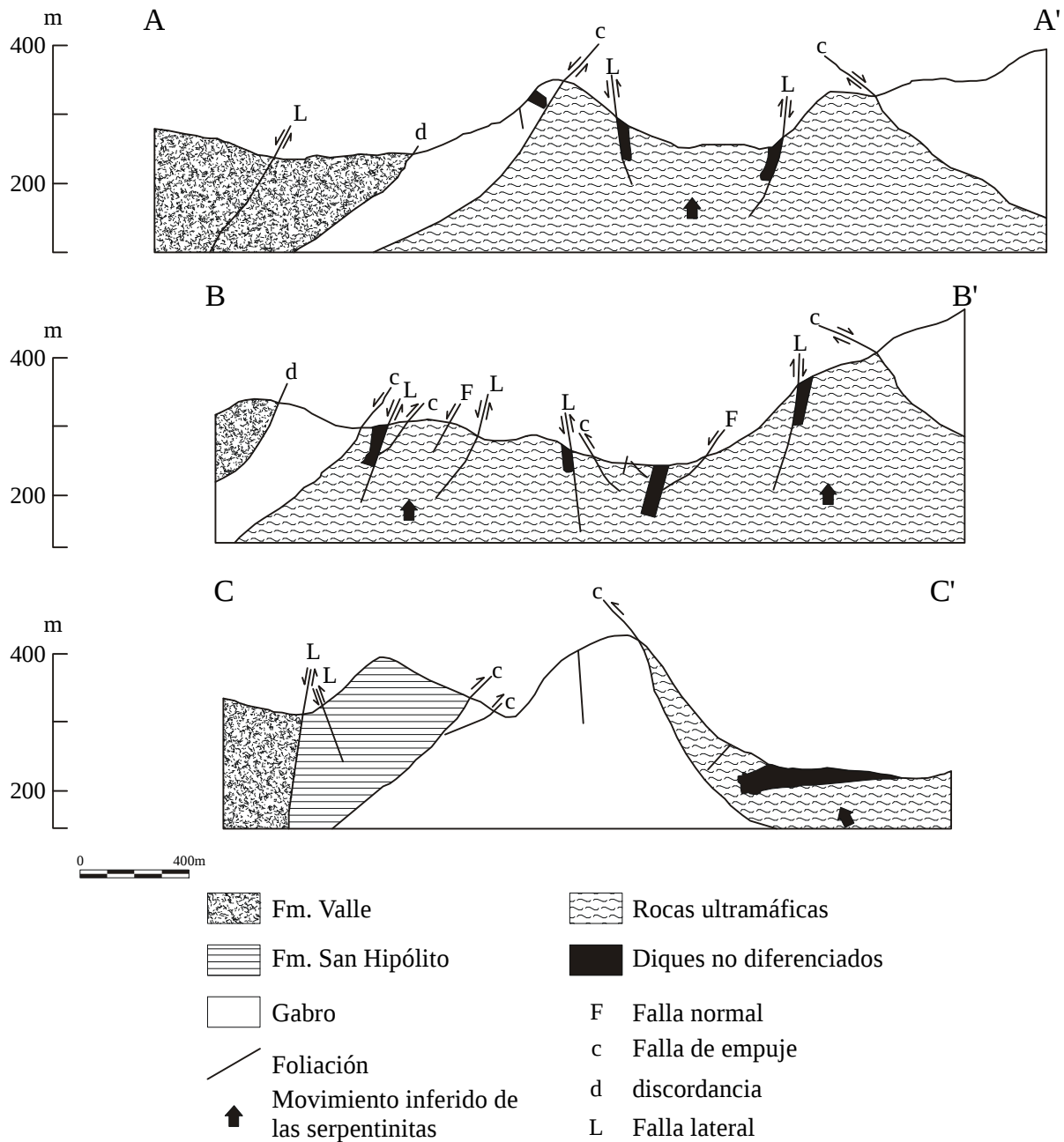


Figura 8. Secciones geológicas del área de San Miguel donde se indican las relaciones de contacto entre las unidades litológicas. El movimiento de la masa de rocas ultramáficas se infiere a partir de datos de foliación (Castro-Leyva, 1997). La ubicación de las secciones se indica en la Figura 4.

Los óxidos primarios están representados por espinela, cromita y magnetita. Dentro de los óxidos secundarios la magnetita es el mineral más abundante, seguido por hematita y limonita. La clorita y la grunerita son minerales accesorios tardíos. El reconocimiento de la espinela, hematita y limonita se basa en las características morfológicas de los cristales y en su pleocroísmo. La identificación de la magnetita y la cromita se apoya en observaciones realizadas en campo, así como en sus propiedades magnéticas y forma de concentración, además de algunas características distintivas de los cristales, tales como forma, brillo y pleocroísmo.

La variación composicional de las muestras de las rocas ultramáficas se muestra en el diagrama Ol-Opx-Cpx de la Figura 5. De acuerdo con esta clasificación, seis de los ejemplares grafican en el campo de la harzburgita, observándose la tendencia de una muestra hacia una composición lherzolítica cuando incrementa su contenido de clinopiroxeno; tres muestras se clasifican como dunitas. Un análisis detallado de las texturas de serpentización se encuentra en Castro-Leyva (1997).

A. HARZBURGITA

La mineralogía de las serpentinas que caracteriza a estas muestras está representada predominantemente por lizardita, pequeñas cantidades de crisotilo (<10% en promedio) y posiblemente antigorita, acompañada por brucita (<2%). El crisotilo desarrolló, tanto fibras de deslizamiento en planos de cizalla, como fibras cruzadas, predominando esta última.

El reemplazamiento de la mineralogía primaria de esta roca por lizardita provocó el desarrollo de las texturas pseudomórficas en malla y de reloj de arena en las masas de olivino, así como la formación de bastitas a partir de ortopiroxeno. En las rocas ultramáficas con poco cizallamiento, evidenciado por la casi total ausencia de crisotilo de fibra de deslizamiento, se observó que las bastitas conservan algunas características del piroxeno original (planos de clivaje). En algunas muestras (muestra 25; Tabla 1), la lizardita recrystalizó a antigorita, desarrollando parcialmente una textura de entrelazamiento, lo que indica un incremento de temperatura. Se interpreta que este incremento de temperatura puede estar relacionado al calentamiento provocado por el emplazamiento de los diques y sills máficos que afectaron a esta secuencia, ya que las muestras con antigorita y texturas de entrelazamiento están próximas a estos cuerpos.

A partir del estudio de las bastitas y otros pseudomorfos se observó que el olivino (48-80%) y el ortopiroxeno (12-36%) son los minerales primarios más comunes, mientras que el clinopiroxeno está en porcentajes menores al 4%. En todas las muestras, tanto los pseudomorfos, como las bastitas desarrolladas a partir del piroxeno y el crisotilo asbestiforme de fibra cruzada, presentan bandas tipo kink. Las bandas tipo kink pueden ser evidencia de que estas rocas estuvieron sometidas a períodos de deformación plástica durante el incremento del volumen de la masa ultramáfica al serpentinizarse. Sin embargo, estas estructuras no fueron observadas en el crisotilo de fibra deslizada, interpretándose que este tipo de crisotilo es de cizalla y el de fibra cruzada se formó en un ambiente hidrotermal. En las muestras 17 y 19 (Tabla 1) se identificó

brucita, tanto en la masa de los olivinos serpentinizados, como en las bastitas. En la muestra 18 (Tabla 1) se preserva la textura adcumulítica, formada por cúmulos de olivino y ortopiroxeno con postcúmulos de clinopiroxeno (5%).

Los óxidos primarios característicos en las harzburgitas son principalmente magnetita (<3%), espinela (<2%) y cromita (<2%). La magnetita aparece también como mineral secundario, formado a partir de la serpentización del olivino en una proporción similar al de la magnetita primaria (<4%). A diferencia de la magnetita primaria, la magnetita secundaria se presenta formando vetillas orientadas con los planos de foliación formados durante la serpentización.

B. LHERZOLITA

En este tipo de roca son comunes las texturas de entrelazamiento. A pesar de que la mineralogía primaria de esta roca está reemplazada en cerca del 95% por lizardita, principalmente, se lograron reconocer pseudomorfos de olivino y bastitas de piroxeno, observándose cristales de clinopiroxenos cloritizados parcialmente. El olivino constituye aproximadamente el 68% del volumen total de la roca y los cristales están completamente alterados a lizardita, desarrollando una textura en malla. Se reconoció que las bastitas formadas a partir del ortopiroxeno constituyen el 12% del volumen total de la muestra y que los cristales de clinopiroxeno alcanzan el 6%. El clinopiroxeno muestra una incipiente cloritización hacia el centro de los cristales, a lo largo de los planos de fracturas.

Como en las harzburgitas, la magnetita (primaria y secundaria) es el óxido más común en las lherzolitas (8%). Aparece distribuida en la roca en cristales finos, los cuales llegan a formar agregados y vetillas.

C. DUNITA

Con excepción del ejemplar 22, (Tabla 1) que conserva el 90% de sus minerales primarios no alterados, el olivino del resto de las muestras está completamente serpentizado. El mineral de serpentina más común es la lizardita y en menor

Tabla 1. Petrografía de las rocas ultramáficas de la Ofiolita Puerto Nuevo en la región San Miguel.

MINERALOGÍA													
		PRIMARIA					SECUNDARIA						
# M	Estación de Muestreo	OI	Opx	Cpx	Sp	Ox	S	Oxs	G	Cl	Br	Textura	Protolito probable
16	PN22	?	?	+	?	/	?	+	?	?	?	Entrelazamiento	Lherzolita
24	SMC2	?	?	?	?	/	?	+	?	?	?	En malla	Harzburgita
17	PN23	?	?	?	/	/	?	/	?	?	/	En malla	Harzburgita
19	ST21	?	?	/	/	/	?	/	?	?	/	De reloj de arena	Harzburgita
23	AB21	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	Entrelazamiento	Harzburgita
25	SMC3	?	?	?	?	+	?	+	?	?	?	Entrelazamiento	Harzburgita
18	SC25	?	?	/	/	/	?	/	?	?	?	Adcumulítica	Harzburgita
20	ST26	?	?	?	?	/	?	+	?	?	?	Seudomórfica	Dunita
21	ST34	?	?	?	+	/	?	/	?	?	?	Seudomórfica	Dunita
22	ST39	?	?	/	/	?	?	?	/	/	?	Cumulítica	Dunita

M=número de muestra; Minerales: OI=olivino, Opx=ortopiroxeno, Cpx=clinopiroxeno, Sp=espinela,

Ox=óxidos primarios, S=serpentina, Oxs=óxidos secundarios, G=grunerita, Cl=clorita, Br=brucita;

Abundancias: -ausente o trazas, / 1-5%, + 5-10%, X 10-20%, o 20-35%, ? 35-35%, ? 50%

proporción, el crisotilo de fibra deslizada en vetillas. A diferencia de las harzburgitas, en las muestras de dunita no se identificó brucita ni crisotilo de fibra cruzada. Lo anterior se atribuye a que las muestras de dunita fueron colectadas en una zona fuertemente brechada por cizallamiento alejada de la aureola de calentamiento provocada por el emplazamiento de los diques y sills máficos.

Por la ausencia de bastitas en las dunitas serpentinizadas (muestras 21 y 22; Tabla 1), se infiere que la masa consistió principalmente de olivino. La alteración del olivino por lizardita desarrolló una incipiente textura en malla. Debido al bajo grado de serpentización (10%) que presenta la muestra 22 (Tabla 1) se logró reconocer que el olivino constituye el 90% del volumen total con el clinopiroxeno formando menos del 5%. Los cristales de olivino presentan estructuras de corona de grunerita formada como reacción tardía por fluidos hidrotermales. Los cristales de olivino que desarrollan estas estructuras exhiben además una intensa alteración a talco en los bordes.

Los óxidos primarios que caracterizan a las muestras de dunita analizadas son de espinela (5%), magnetita (<10%) y cromita (<5%) que, como se observa, son ligeramente más abundantes que en las harzburgitas. La espinela se presenta tanto diseminada como en cúmulos, con granos cuya dimensión máxima alcanza hasta 1.5 mm. Al igual que en las harzburgitas, en las dunitas fuertemente serpentinizadas se identificó magnetita secundaria criptocristalina (<3%) orientada siguiendo los planos de foliación; por el contrario, en la muestra de dunita no alterada no se observó este óxido de segunda generación. Otros óxidos secundarios en estas muestras (<3%) son limonita y probablemente hematita.

ROCAS GABRÓICAS

El gabro se presenta en cuerpos masivos y en diques. Está constituido esencialmente por plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y en menor cantidad por olivino (Tabla 2). Los óxidos fueron difíciles de reconocer en este tipo de roca debido a sus bajas concentraciones. En general, esta asociación mineralógica desarrolla texturas equigranulares, con ocasionales texturas poikilíticas y cumúlíticas. Con excepción del

olivino parcialmente serpentizado, el resto de los minerales están poco alterados. Se observó cloritización, argilitización y epidotización en algunas muestras. La Figura 6 muestra la distribución de las muestras analizadas en los diagramas PI-Px-OI y Pl-Opx-Cpx (Streckeisen, 1973), donde se identificó: gabro, gabronorita, norita con clinopiroxeno y gabro con ortopiroxeno. El gabro puede tener olivino y ortopiroxeno como minerales accesorios.

GABRO

El gabro es el tipo de roca más abundante de la secuencia máfica. Está constituida esencialmente por plagioclasa y clinopiroxeno, pero puede presentar olivino y ortopiroxeno como accesorios. La textura del gabro varía de equigranular a inequigranular, donde la forma de los cristales puede variar de anhedral a subhedral. Dentro de estas texturas, en algunas de las muestras se observaron dominios poikilíticos y cumúlíticos. El contenido de plagioclasa fluctúa entre 35% y 55%, con variaciones composicionales de bytownita a labradorita y, ocasionalmente, trazas de andesina. El clinopiroxeno constituye entre 18 y 48% del volumen total de la roca, de donde sólo se identificó augita parcialmente alterada a tremolita.

A continuación se describen las variedades de gabro:

a. Gabro con olivino

El gabro con olivino está mineralógicamente constituido por plagioclasa (40-50%), olivino (11-33%) y clinopiroxeno (18-30%); además, se identificó lizardita (6-15%), hornblenda (<2%) y tremolita (<3%), donde el primero y el último, son producto de la alteración del olivino y el piroxeno, respectivamente. El cuarzo aparece como producto de actividad hidrotermal. La textura que resulta del arreglo de estos minerales es normalmente equigranular anhedral con dominios cumúlíticos. Las plagioclasas identificadas son: bytownita, labradorita y andesina; esta última producto de una cristalización tardía. Los olivinos son minerales abundantes cuyos cristales suelen presentar un intenso fracturamiento por donde la circulación de los fluidos tardíos provocó la serpentización parcial o total de los cristales. Los clinopiroxenos están re-

Tabla 2. Petrografía de la secuencia máfica de la Ofiolita Puerto Nuevo en el área San Miguel.

MINERALOGÍA												
		PRIMARIA				SECUNDARIA					Textura	Clasificación
# M	Estación de Muestreo	OI	Opx	Cpx	Pl	M	Hbs	Cz	Cl	Tr		
7	PN9	?	?	?	?	/	?	/	?	?	Equigranular	Gabronorita
8	PN13	/	?	?		/	/	?	?	?	Equigranular (cumúlita)	Norita con Cpx
9	PN25	?	?	?	?	/	?	?	/	/	Equigranular	Gabro
11	SC8	?	/	?	?	/	?	/	/	+	Equigranular	Gabro con Opx
12	SC42	?	?	?	?	/	?	?	?	?	Equigranular (cumúlita)	Gabro con Ol
13	AB19	?	/	?	?	/	?	?	?	?	Inequigranular (poikilítica)	Gabro
14	SM23	?	/	?	?	/	/	?	?	?	Equigranular	Gabro con Ol
15	SM26	?	?	?	?	/	/	?	/	+	Inequigranular (poikilítica)	Gabro

M=número de muestra, L=localización; Minerales: Ol=olivino, Opx=ortopiroxeno, Cpx=clinopiroxeno, Pl=plagioclasa, M=magnetita, Hbs=hornblenda secundaria, Cz=cuarzo, Cl=clorita, Tr=tremolita; Abundancias: -/=ausente o trazas, /=1.5%, +=5-10%, X=10-20%, o=20-35%, ? =35-50%, ? =.50%

presentados por augita que alcanza hasta 7mm de largo que generalmente está intensamente fracturada y parcialmente tremolitizada. La magnetita es el único óxido que se distinguió en estas rocas, constituyendo menos del 2% del volumen total.

b. Gabro con ortopiroxeno

Estas son rocas de grano fino compuestas en su mayoría por cantidades similares de plagioclasa y clinopiroxeno y, en menor cantidad, ortopiroxeno. Los minerales secundarios están representados por tremolita y clorita y por minerales de alteración hidrotermal de más bajo grado como, arcillas, epidota y cuarzo. La plagioclasa es principalmente labradorita y raramente andesina que, en conjunto, ocupan entre el 37% y el 41% de volumen total de la roca. Se observó que los cristales de plagioclasa están fuertemente deformados y generalmente desarrollan minerales arcillosos en los planos de fractura. La augita (35%) está parcialmente reemplazada por tremolita (10%). El porcentaje de ortopiroxeno (hiperstena) no rebasa el 5% del volumen total de la roca y presenta una alteración menos intensa a tremolita en los planos de fractura y en los bordes de los cristales. En los cristales de piroxeno son comunes las estructuras de microcizalla donde con frecuencia se desarrolla epidota y clorita.

c. Gabronorita

Se estudió un ejemplar de esta composición. Su textura es equigranular subhedral de grano fino. Otras rocas de este grupo llegan a desarrollar texturas pegmatíticas. La plagioclasa (labradorita-andesina) constituye aproximadamente el 45% del volumen total de la roca. Los bordes y las zonas de fractura presentan minerales del grupo de la arcilla formados por alteración hidrotermal. El clinopiroxeno (augita) y el ortopiroxeno (principalmente hiperstena) son abundantes y se presentan en cantidades similares (30% del volumen total).

d. Norita con clinopiroxeno

Esta roca está constituida esencialmente por plagioclasa y ortopiroxeno, con porcentajes inferiores al 11% de clinopiroxeno y 4% de olivino. Su textura característica es equigranular anhedral con dominios de texturas poikiliticas y cumúlitas. Los cúmulos consisten en acumulamientos rítmicos de ortopiroxeno y plagioclasa. La plagioclasa es labradorita-andesina y forma hasta el 50% del volumen total. El piroxeno alcanza hasta el 41%, predominando la hiperstena (~30%) sobre la augita (<11%). Se identificó hornblenda (4%) como posible producto de la alteración retrógrada del ortopiroxeno. Durante la cristalización y precipitación de los componentes de la norita, se desarrollaron niveles de cúmulos. De este bandeamiento se identificaron dos ritmos de cristalización: uno constituido por augita, olivino y plagioclasa y otro por hiperstena y olivino. Los cúmulos de augita, olivino y

plagioclasa presentan un espesor aproximado de 12 mm. A nivel de afloramiento, la continuidad de estas zonas de cúmulos es de varios metros.

DIQUES Y SILLS

Se colectaron cuatro muestras de diferentes diques que intrusionan a las rocas ultramáficas, de los cuales, tres son de composición intermedia y el otro félsico. Los minerales esenciales que constituyen a los diques y sills de composición intermedia son principalmente plagioclasa y clinopiroxeno con texturas porfiríticas e intersertales. En cambio, la mineralogía que caracteriza a la roca félsica (plagiogranito), consiste predominantemente en plagioclasa y cuarzo en un arreglo textural equigranular de grano fino. Una característica de los diques y sills es la foliación que desarrollan aparentemente por la intensa deformación por emplazamiento forzado. Las muestras se clasificaron en el diagrama Q-A-Plag como diabasa, cuarzomonzonita y plagiogranito (Figura 9).

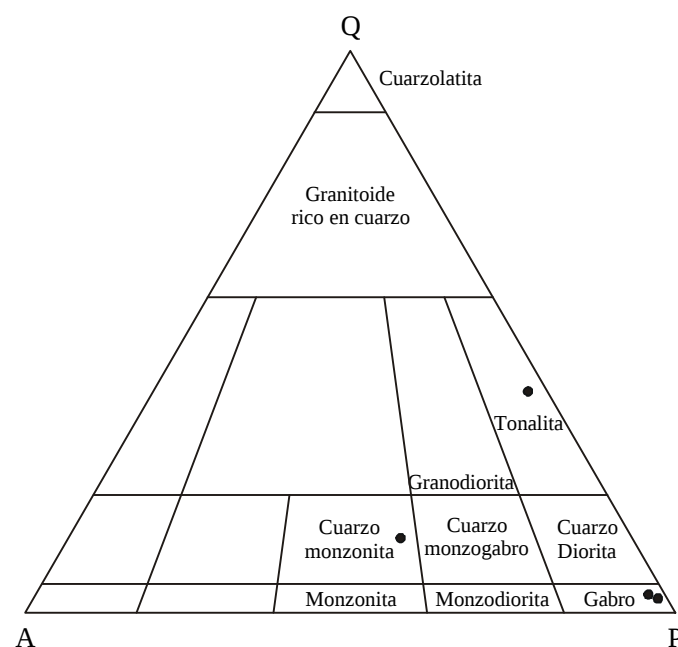


Figura 9. Clasificación modal (Streckeisen, 1973) de diques y sills.

Los diques y sills de composición diabásica generalmente presentan un espesor menor a 10 m e intrusionan tanto al gabro como a las rocas ultramáficas, siendo más abundantes en éstas últimas. Las diabasas presentan una textura fanerítica, constituida esencialmente por plagioclasa y en menor proporción por piroxeno. Dentro de la matriz microcristalina se identificaron algunos fenocristales de clinopiroxeno, plagioclasa y en menor cantidad, hornblenda. Es común que los micro y fenocristales de plagioclasa (25%) y clinopiroxeno (35%) estén plegados y desplazados por microcizallas.

Los sills de cuarzomonzonita no son muy comunes y sólo se identificaron dentro de las rocas ultramáficas. Estos cuerpos, cuya dimensión puede rebasar los 20 m, están constitui-

dos esencialmente por clinopiroxeno, plagioclasa y feldespato alcalino. La textura que presenta la roca es porfirítica, donde cristales de cuarzo, feldespato y clinopiroxeno están contenidos en una matriz microcristalina de la misma composición.

Los afloramientos de diques de plagiogranito, al igual que los sills de cuarzomonzonita son escasos. Suelen estar asociados únicamente con las rocas ultramáficas y también pueden alcanzar espesores de hasta 6 m. Los minerales que constituyen a estas rocas son esencialmente plagioclasa y cuarzo con proporciones menores de feldespato alcalino. La textura de los plagiogranitos es inequigranular de grano fino, aunque el tamaño de los cristales es muy variado. A nivel microscópico no es muy evidente la deformación de la roca, pero en el afloramiento, se observa fuertemente foliada, al igual que la roca ultramáfica que la contiene.

MAGNETOMETRÍA

Uno de los objetivos de este proyecto es utilizar las propiedades magnéticas de las rocas en el área de estudio para estimar la geometría del cuerpo ultramáfico. En esta sección se discute la susceptibilidad magnética y la densidad de algunas muestras representativas y la metodología empleada durante la prospección magnetométrica. De la interpretación de los datos de campo y laboratorio, se obtuvo un mapa de anomalías magnéticas residuales y se hizo un modelo bidimensional que explica las relaciones geométricas entre las rocas máficas y ultramáficas a lo largo de un perfil. Una descripción detallada sobre las características estructurales del área de estudio se encuentra en Castro-Leyva (1997).

SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

Para conocer la susceptibilidad magnética (k) de los diferentes tipos de roca expuestos a lo largo de los caminamientos, se colectaron 25 muestras representativas de las unidades litológicas que afloran en el área de San Miguel (Figura 10). Las muestras se cortaron en prismas de 2cm x 2cm x 2.5cm para medir su susceptibilidad magnética en el Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM. El peso de los ejemplares fue medido en una balanza y el volumen de los cubos se calculó por el método de desplazamiento de líquido para determinar el valor de la densidad a partir de estos dos parámetros. En la Tabla 3 se muestran los valores de susceptibilidad de cada una de los ejemplares expresados en el sistema cgs. Se observa que el valor promedio de las rocas ultramáficas es de 54.64×10^{-6} (después de eliminar el valor más alto y el más bajo), contrasta notablemente con las otras muestras analizadas. En contraste, las rocas máficas, cuya alteración no produce minerales magnéticos, muestra valores relativamente bajos, con excepción de la norita con clinopiroxeno (8) y un gabro con olivino (12).

En cada caso, la susceptibilidad depende de la cantidad de minerales ferromagnéticos presentes en la roca, principalmente magnetita.

En la gráfica de la Figura 11 se puede ver que los valores más altos corresponden a las rocas ultramáficas. Exceptuando los valores mayores a 100×10^{-6} cgs/cm³ de las rocas ultramáficas, se observa que la susceptibilidad magnética puede variar hasta 70×10^{-6} cgs/cm³ (50×10^{-6} cgs/cm³) para un mismo porcentaje de minerales opacos. Esto se atribuye a que posiblemente el tamaño y la concentración de magnetita variaron durante los procesos de serpentinización. En particular, la formación de magnetita secundaria a partir de la serpentinización del olivino debe ser el factor más importante en las diferencias de la k en vista de que algunos de los minerales opacos primarios pueden ser de cromita o incluso ilmenita.

Los rangos de densidad obtenidos para los diferentes tipos de roca (Tabla 3) están dentro de los promedios publicados (Carmichael, 1989), con excepción de las rocas ultramáficas serpentinizadas. Estas últimas presentan una densidad característica de aproximadamente 2.1 g/cm³ (Tabla 3), menor a la del protolito, cuyo promedio es de 3.21 g/cm³ (Carmichael, 1989). Lo anterior se puede atribuir al incre-

Tabla 3. Susceptibilidad magnética y densidad de las muestras de rocas volcánicas, diques, gabros y rocas ultramáficas.

No. de Muestra	Punto de Ubicación	Tipo de roca	Densidad (g/cm ³)	k ($\times 10^{-6}$, sistema cgs)
Rocas Volcánicas				
1	PN7	Latita	2.53	2.05
2	PN8	Cuarzo-traquita	2.30	2.50
Diques				
3	ST35	Dique de cuarzomonzonita	2.67	4.13
4	AB1	Dique de diabasa	2.72	4.83
5	AB2	Dique de diabasa	2.51	2.65
6	AB10	Dique de plagiogranito	1.98	2.44
Gabro				
7	PN9	Gabronorita	2.64	5.60
8	PN13	Norita con Cpx	2.97	27.70
9	PN25	Gabro	2.66	7.41
10	PN34	Gabro con Ol	2.37	4.33
11	SC8	Gabro con Opx	2.64	3.46
12	SC42	Gabro con Ol	2.77	33.94
13	AB19	Gabro con Opx	2.44	1.94
14	SM23	Gabro con Ol y Opx	2.41	3.22
15	SM26	Gabro con hornblenda	3.10	2.36
Rocas ultramáficas				
16	PN22	Lherzolita	2.30	46.23
17	PN23	Harzburgita	2.35	43.35
18	SC25	Harzburgita	1.27	57.65
19	ST21	Harzburgita	1.94	27.70
20	ST26	Dunita	2.44	3.02
21	ST34	Dunita	2.01	34.89
22	ST39	Dunita	2.57	114.70
23	AB21	Harzburgita	2.19	68.18
24	SMC2	Harzburgita	1.65	52.76
25	SMC3	Harzburgita	2.27	106.42

Tipo de roca	Promedio* ($\times 10^{-6}$, sistema cgs)	Rango de densidad (g/cm ³)
Ultramáficas	54.64	1.27 – 2.57
Gabro	7.72	2.41 – 3.10
Diques máficos	3.51	2.51 – 2.72
Rocas volcánicas	2.27	2.30 – 2.53

*Para el promedio se eliminó el valor más alto y el más bajo

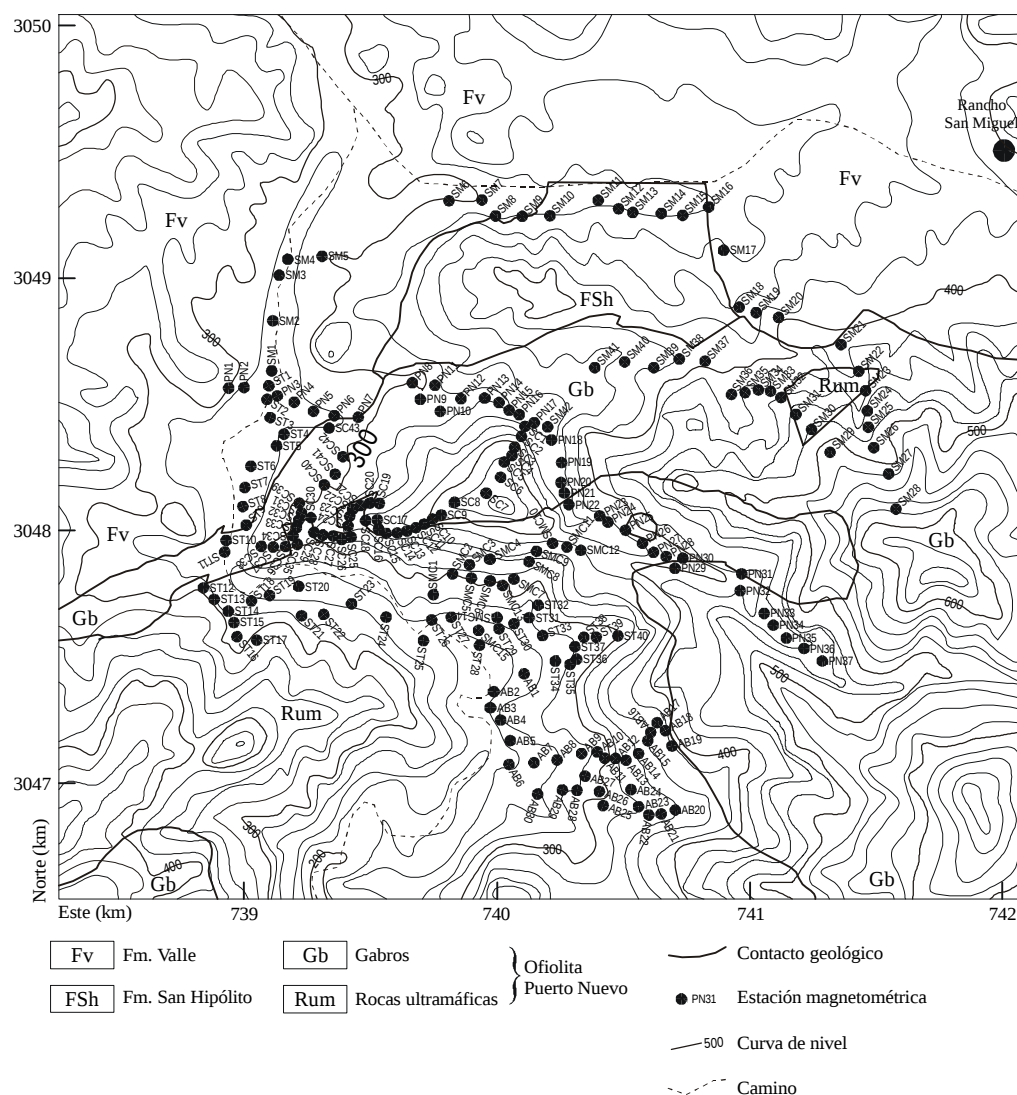


Figura 10. Mapa topográfico del área de San Miguel donde se indica la ubicación de las estaciones de muestreo del campo geomagnético.

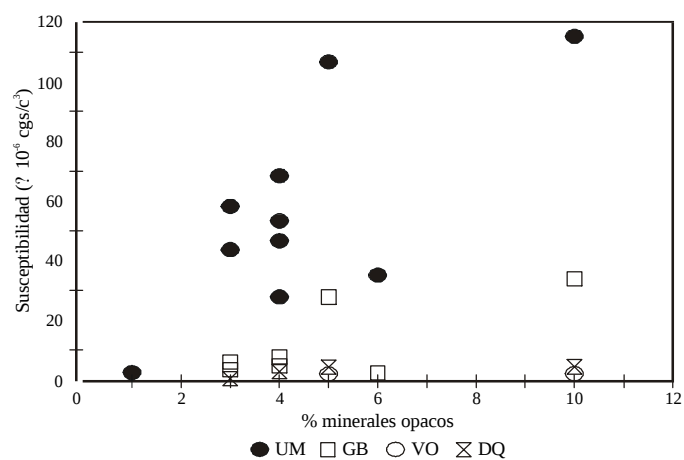


Figura 11. Susceptibilidad magnética contra porcentaje de minerales opacos de las rocas ultramáficas (UM), gabróicas (GB), volcánicas (VO) y diques (DQ). Se observa que las rocas ultramáficas tienen valores de susceptibilidad magnética significativamente más altos.

mento de volumen que sufrieron las peridotitas al serpentinizarse debido a la hidratación del olivino y el piroxeno. En contraste, las rocas máficas tienen densidades que varían en promedio desde 2.42 g/cm³ en las rocas volcánicas, hasta 2.66 g/cm³ en los gabros.

ADQUISICIÓN Y CORRECCIÓN DE DATOS

Se midió la intensidad del campo magnético en la parte central de la zona de estudio, hacia el sur del Rancho San Miguel, donde se realizaron seis caminamientos a lo largo de los cuales se establecieron 210 estaciones de medición enfatizando en las zonas de contacto y de variación litológica (Figura 10). Debido a la topografía abrupta, los sitios de medición se realizaron preferentemente por el cauce de los arroyos, tratando de cortar perpendicularmente los contactos litológicos.

Se midió la intensidad del campo magnético utilizando dos magnetómetros de precesión de protones Geometrics (modelo G-856) de campo total. Para monitorear la variación temporal del campo geomagnético local, un magnetómetro se ins-

taló como base, el que estuvo registrando en forma continua durante el tiempo del estudio, mientras que con el otro se realizaron las mediciones a lo largo de los caminamientos, en la modalidad de magnetómetro a dos diferentes alturas (2 y 3 m) para conocer el gradiente vertical de la intensidad del campo magnético en cada estación. La separación de estaciones varió entre 50 y 100 m, dependiendo de las dimensiones de los afloramientos de interés. En la Figura 10 se muestran los caminamientos, los cuales se trazaron siguiendo varios propósitos: con el caminamiento indicado con SM se intentó observar el contraste entre la respuesta magnética de las unidades volcánicas y plutónicas. Los datos de los caminamientos PN, SC y ST fueron levantados principalmente sobre los afloramientos de las rocas ultramáficas y el gabro, cubriendo en parte a los sedimentos de la Fm. Valle, mientras que los caminamientos SMC y AB se hicieron sobre las rocas ultramáficas. El caminamiento SMC se realizó en una zona de rocas ultramáficas rica en cromita diseminada y concentrada en pods. Con el levantamiento del caminamiento AB se buscó conocer el comportamiento magnético de la zona de serpentinita brechada.

La variación temporal del campo geomagnético local, registrada con el magnetómetro base, se eliminó de las mediciones realizadas en los caminamientos. Para realizar esta corrección se supone que una medida de la tendencia central, v.g. la media, en la serie de mediciones registradas en la estación base, representa el valor esperado del campo magnético en el área de estudio. De esta forma, las diferencias entre la media y el valor observado en la base, como función del tiempo, constituye la variación temporal del campo geomagnético local. Dicha variación se resta del campo observado con el magnetómetro móvil para obtener el campo magnético asociado únicamente con la litología local.

En la Figura 12 se muestra la variación temporal del campo geomagnético local, registrada durante los seis días que duró el estudio de campo. En esta figura se puede observar que durante el tiempo del estudio no se presentó ninguna perturbación importante (tormenta magnética) en el campo geomagnético y que la variación máxima, de pico a pico, es del orden de 29 nT. Esta corrección se aplicó a los datos colectados a 2 y 3 m de altura. Una vez que los datos fueron corregidos, se procedió a obtener la anomalía residual de la zona sustrayendo a los datos corregidos por variación temporal, la superficie de primer orden que mejor ajusta a los datos en el sentido de cuadrados mínimos. Para representar el resultado de esta operación, a partir de los datos distribuidos irregularmente en el área de San Miguel, se generó una retícula regular con nodos a cada 250 m, utilizando el método de interpolación Kriging en proyección ortogonal. Los datos regularizados de esta manera se muestran en la Figura 13, como un mapa de contornos de anomalías magnéticas residuales del campo total. En la Figura 14 se presenta el mapa de contornos del gradiente vertical de la intensidad del campo magnético, obtenido de la diferencia de mediciones realizadas en una misma estación a dos diferentes alturas.

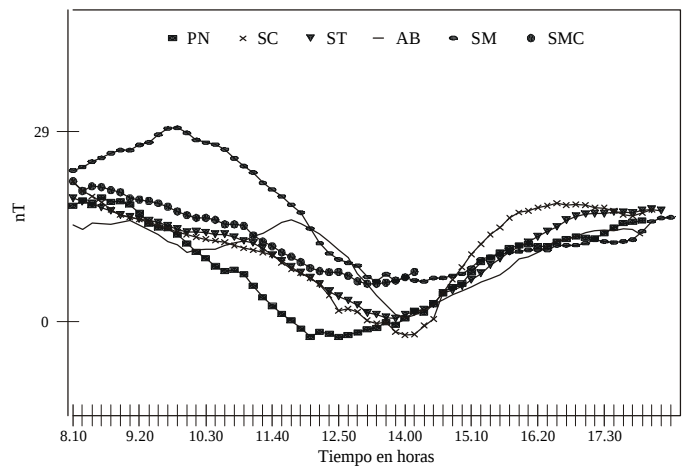


Figura 12. Variación temporal del campo magnético registrada durante los seis días de muestreo del campo en el área de San Miguel.

Dentro de la masa de serpentinitas se observó una serie de anomalías, algunas de ellas con carácter dipolar (Figura 13), que por su orientación sugieren que la dirección de magnetización es normal. La presencia de la anomalía dipolar que se localiza en la parte central del mapa de contornos es consistente con los altos valores de susceptibilidad magnética que presentaron las muestras 24 y 25 colectadas en esta localidad (Tabla 3).

Entre las coordenadas 740.8 [E] y 3047.0[N], en el contacto entre las serpentinitas y un potente cuerpo de gabro masivo, se observa un fuerte gradiente magnético en donde el valor de las anomalías residuales se incrementa de -100 nT a 400 nT. Los valores aumentan notablemente a medida que nos acercamos al contacto con los gabros, interpretándose que el cuerpo de serpentinitas es continuo bajo los gabros, y que entonces el incremento de los valores se debe a la suma de las dos unidades.

En las coordenadas 739.3 [E] y 3048.0 [N], así como al noreste del área dentro del miembro gabrítico, se identificaron afloramientos de serpentinitas donde las anomalías magnéticas se incrementan significativamente. Estos pequeños cuerpos de rocas ultramáficas se manifiestan claramente en el mapa de contornos del gradiente vertical (Figura 14), debido a que su influencia produce variaciones más intensas del campo magnético en las proximidades de estos cuerpos.

En las Figuras 13 y 14 se observa que la presencia de grandes estructuras de diques, cuya anchura varía de 10 a 30 m, no produjeron alteración en el campo magnético, por lo que las anomalías observadas se atribuyen principalmente a las serpentinitas.

En las coordenadas 740.5 [E] y 3047.8 [N], dentro del miembro de rocas ultramáficas, se identificó un mínimo magnético de hasta -500 nT que se extiende por poco más de 100 m hacia el noroeste (Figura 13). Con el objeto de eliminar las variaciones de longitud de onda corta, se filtró la anomalía

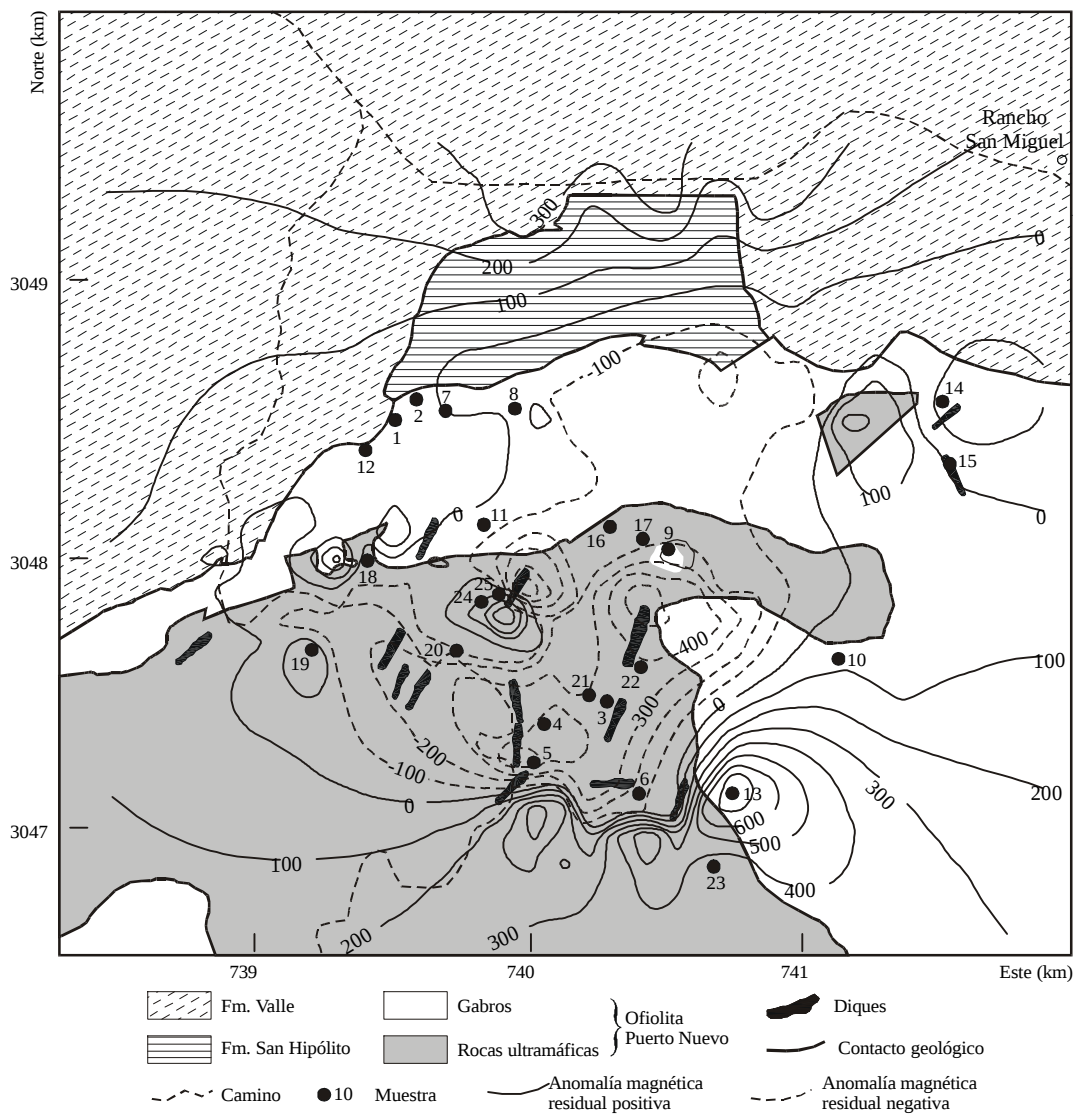


Figura 13. Mapa litológico con contornos de anomalías magnéticas residuales cada 100 nT. Los círculos indican los sitios de muestreo de roca.

magnética residual con un operador de nueve puntos. En este mapa de contornos (Figura 15) se define, hacia la parte central del área, un mínimo magnético orientado NNE-SWW. Este depresión magnética observada en los contornos no es más que el lóbulo negativo de una anomalía dipolar, observándose la parte positiva hacia el sureste, justo en el contacto con el gabro. La presencia de estas anomalías dipolares se atribuye a la alta susceptibilidad magnética de las rocas ultramáficas serpentinizadas.

MODELADO MAGNÉTICO

Se modeló el perfil A-A' (Figura 4) atravesando un mínimo magnético para conocer la geometría del cuerpo responsable del abatimiento de los contornos y estimar el espesor del miembro ultramáfico del fragmento de la ofiolita en San Miguel. El perfil está orientado con un azimut de 125.5° a lo largo de 3.5 km, cortando tanto al gabro como a las serpentinitas y, hacia el norte, a las areniscas de la Fm. Valle.

La intensidad del campo geomagnético en esta región es de 46000 nT, la declinación de 11° al este y la inclinación de 54° al norte. Los valores de susceptibilidad magnética que se utilizaron para el modelado son de 55.0×10^{-6} cgs/cm³ para las rocas ultramáficas y 7.0×10^{-6} cgs/cm³ para el gabro (Tabla 3). Debido a que no se tomaron muestras de los sedimentos de la Fm. Valle, el valor de susceptibilidad utilizado fue de 20.0×10^{-6} cgs/cm³ que representa el promedio para sedimentos reportado por Carmichael (1989).

En la Figura 16 se presenta el modelo que mejor se ajustó a la curva de los datos observados. Debido a que la susceptibilidad magnética asociada a la Fm. Valle y al gabro es mucho menor que la de las rocas ultramáficas, y en consecuencia, su efecto magnético también lo es, el modelado consistió en encontrar el valor de susceptibilidad magnética y la geometría de un cuerpo alterno que fuera capaz de producir estas anomalías magnéticas.

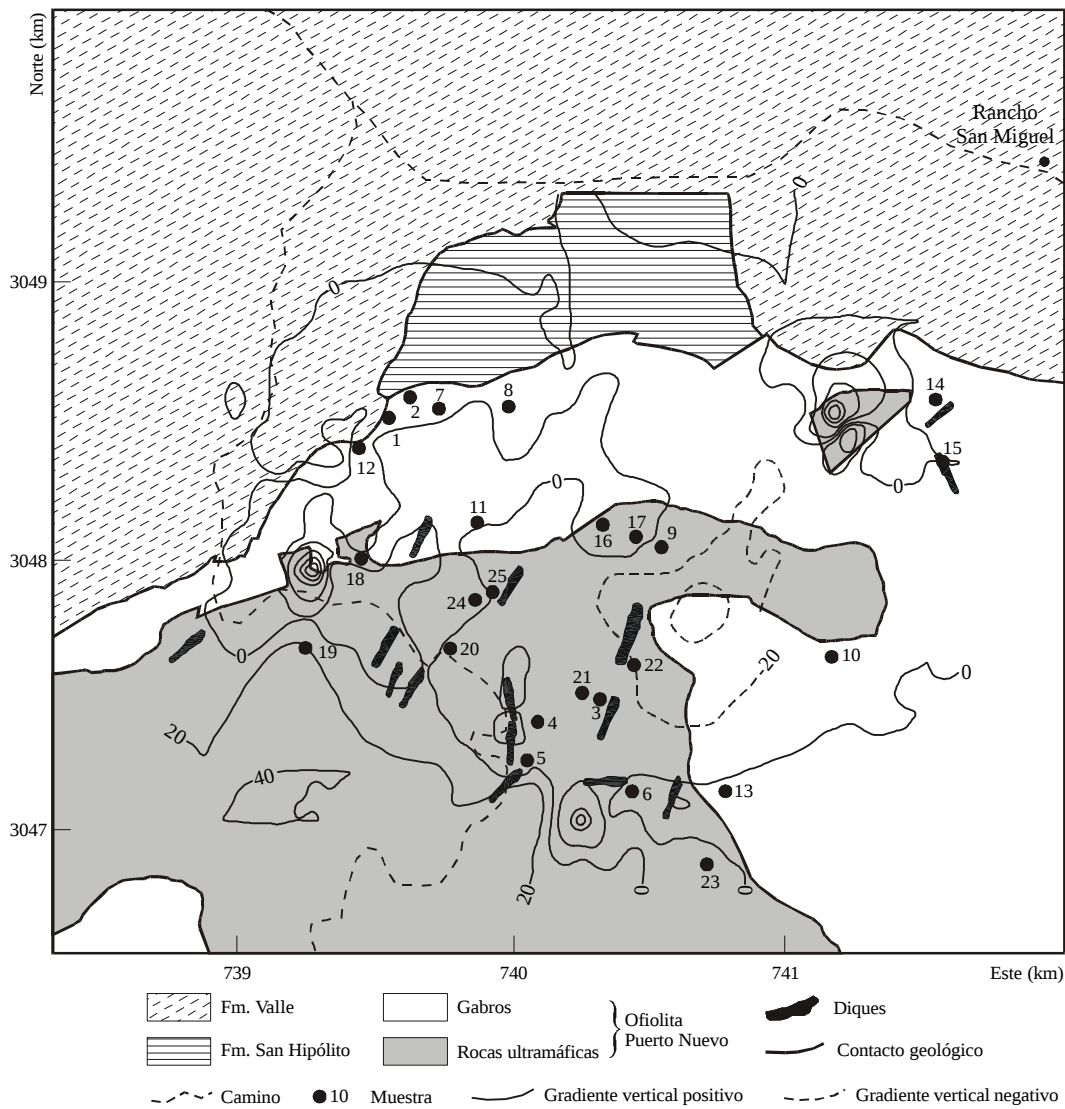


Figura 14. Mapa litológico con contornos del gradiente vertical del campo geomagnético cada 20 nT.

El valor de la susceptibilidad del cuerpo magnético que mejor aproxima a la curva calculada con la curva observada, es del orden de $500 \times 10^{-6} \text{ cgs/cm}^3$, con la geometría representada en la Figura 16. El cuerpo magnetizado obtenido del modelo tiene la forma de un manto, el cual yace bajo las serpentinitas aflorantes a través de un contacto irregular. El espesor mínimo aproximado que presenta es de 400 m y el máximo es del orden de los 800 m. Se interpreta que el manto magnético obtenido del ajuste de los datos forma parte del miembro ultramáfico serpentizado de la Ofiolita Puerto Nuevo. La diferente susceptibilidad magnética que presentan las rocas ultramáficas aflorantes con respecto a las del cuerpo magnético a profundidad, se atribuye a la diferente composición del protolito que a profundidad debe ser más rico en olivino. Se infiere que el protolito del cuerpo no aflorante era más rico en olivino, de tal forma que a partir de los procesos de serpentización formó más magnetita secundaria, dando lugar a un manto ferromagnético.

De acuerdo con lo anterior, si suponemos que el cuerpo magnetizado que se localiza a profundidad forma parte del miembro ultramáfico serpentizado, entonces resulta del perfil A-A' que el espesor máximo de este miembro en el área de San Miguel es del orden de los 800 m y la anomalía principal se debe al apófisis localizado aproximadamente en el km 2.6 (Figura 16).

CONCLUSIONES

Las secuencias litológicas que afloran en la región de la Península de Vizcaíno, representan fragmentos acrecionados de cuencas marginales y de arcos de islas del Mesozoico. Con base en fechamientos isotópicos obtenidos del complejo máfico-ultramáfico Puerto Nuevo (Kimbrough, 1982), en el contenido faunístico de la Fm. San Hipólito y en la edad de los basaltos almohadillados de la Ofiolita La Costa, se interpreta que ambos fragmentos ofiolíticos se formaron en un ambiente de cuenca marginal, muy próximos al frente activo representa-

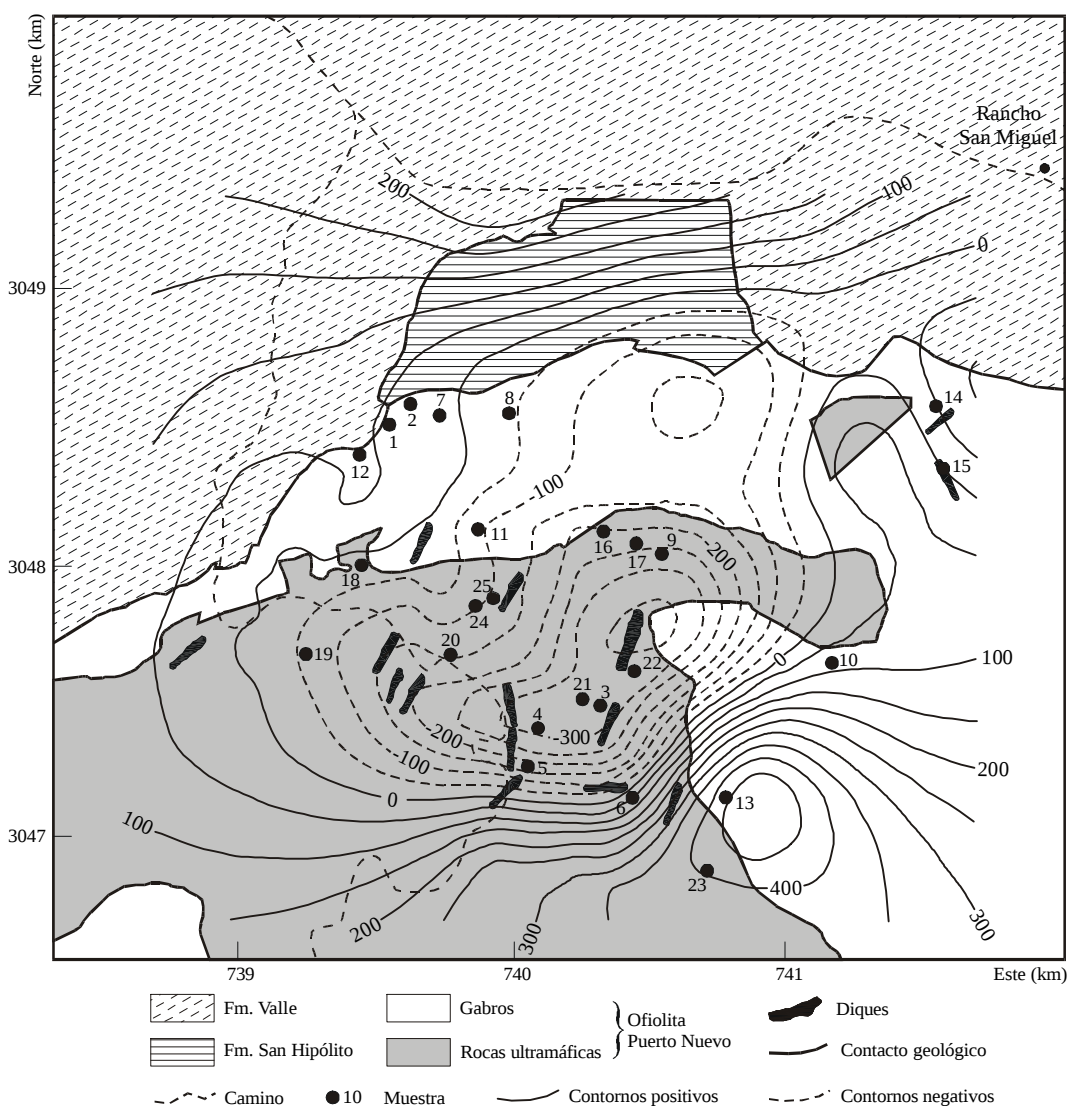


Figura 15. Mapa litológico con curvas de la anomalía magnética residual filtrada cada 50 nT.

do por la Fm. San Hipólito durante el Triásico Superior. Los contactos más comunes entre las diferentes unidades son principalmente por fallas.

Los principales resultados de este trabajo son los siguientes:

-Del análisis petrográfico de las rocas ultramáficas se observó que las muestras están serpentinizadas entre el 85% y 100%, de donde el mineral del grupo de la serpentina que predomina es la lizardita. En menor proporción se identificó crisotilo de deslizamiento y de fibra cruzada. En cantidades menores, debido al calentamiento local, se desarrolló antigorita. Se infiere del reconocimiento de bastitas y pseudomorfos que los protolitos probables son: harzburgita, dunita y lherzolita, en ese orden de abundancia.

-Las rocas del miembro gabróico presentan minerales de alteración que indican la circulación de fluidos de baja temperatura (argilitización y epidotización).

-Se infiere que la serpentización del miembro de rocas ultramáficas pudo ocurrir durante las etapas tardías de la actividad volcánica representada por la Fm. San Hipólito, a una profundidad de aproximadamente 6 km (como lo indica la presión a la cual se establece la asociación lizardita-crisotilo).

-Las relaciones de contacto entre el miembro de rocas ultramáficas están caracterizadas por fallas de empuje de bajo ángulo en los bordes. Estos planos de falla sugieren que el mecanismo de emplazamiento de las rocas ultramáficas diferenciadas y estratificadas pudo haber sido diapírico debido al efecto combinado del incremento de volumen y la pérdida de densidad que experimentó este miembro al serpentinizarse.

-De los resultados obtenidos del laboratorio, se observó que las muestras de rocas ultramáficas tienen una susceptibilidad magnética hasta siete veces mayor que la de los gabros, debido al alto contenido de magnetita secundaria de las primeras. Además, las muestras fuertemente serpentinizadas muestran una disminución en su densidad de hasta el 34% con res-

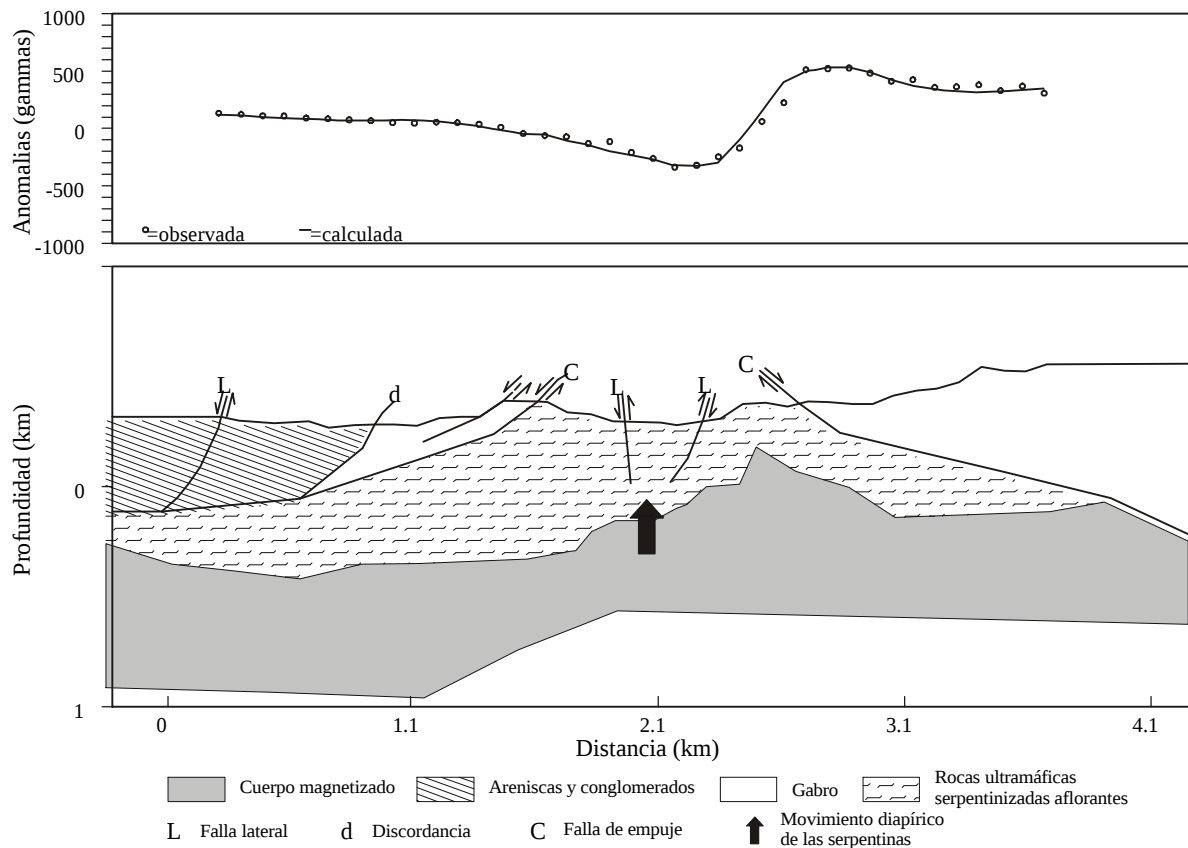


Figura 16. Perfil A-A' de la Figura 4 indicando el resultado del modelado magnético. Se infiere que el cuerpo con mayor susceptibilidad magnética de la base es el resultado de la estratificación de las rocas ultramáficas, de manera que la base podría ser de rocas más ricas en olivino serpentinizadas y con mayor contenido de magnetita secundaria.

pecto al de su protolito, lo que favoreció el movimiento diapírico de la masa serpentinitica.

-En el mapa de anomalías magnéticas residuales se observaron grandes contrastes entre las rocas ultramáficas y el gabro, incrementando el valor del campo donde afloran las rocas ultramáficas.

-Mediante el modelado magnético del perfil A-A', se identificó la presencia de un cuerpo de serpentinitas fuertemente magnético con un espesor del orden de los 800 m que yace a una profundidad mínima de 180 m. Aunque este cuerpo no aflora, su presencia indicaría que la masa de rocas ultramáficas está estratificada, ocupando las rocas más ricas en olivino las partes inferiores.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo, financiado parcialmente por la División de Ciencias de la Tierra del CICESE y la Universidad de Sonora, es parte de la tesis de maestría de la primera autora. Los autores agradecen las revisiones y sugerencias hechas por Carlos Flores y Bodo Weber, las que ayudaron a mejorar sustancialmente este manuscrito. Agradecemos también la edición de las figuras por parte de Víctor M. Frías C.

REFERENCIAS

- Baldwin, S.L. and Harrison, T.M., 1992. The P-T history of blocks in serpentinite-matrix mélangé, west-central Baja California: Geological Society of America Bulletin, V. 104, p. 18-31.
- Barnes, D.A., 1984. Volcanic arc derived, Mesozoic sedimentary rocks, Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico. En: V.A. Frizzell, editor, Geology of the Baja California Peninsula, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, V. 39, p. 119-130.
- Boles, J.R., 1978. Basin analysis of the Eugenia Formation (Late Jurassic), Punta Eugenia area, Baja California. En: D.G. Howell, and K.A. McDougall, editores, Mesozoic Paleogeography of the Western United States; Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, Pacific Coast Paleogeography Symposium 2, p. 493-498.
- Carmichael, R.S., 1989. Magnetic properties of minerals and rocks. In: Carmichael, R.S., editor, Practical Handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals. CRC Press, Inc., Florida, p. 299-358.
- Castro-Leyva, T., 1997. Estudio geológico y magnetométrico del complejo máfico-ultramáfico Puerto Nuevo en el área de San Miguel, Península de Vizcaino, Baja California Sur, Tesis de Maestría en Ciencias, División de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 73 pp.

- Castro-Leyva, T., 1992. Geoquímica de los platinoides de las ofiolitas del Vizcaíno (Baja California Sur): Tesis de licenciatura, Universidad de Sonora, Hermosillo, 179 pp.
- Dávila-Alcocer, V. y Pessagno, E.A., 1986. Bioestratigrafía basada en radiolarios del Triásico en el noroeste de la Península de Vizcaíno, Baja California Sur. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, V. 6-2, p. 136-144.
- Finch, J.W. and Abbott, P.L., 1977. Petrology of a Triassic marine section, Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico: *Sedimentary Geology*, V. 19, p. 253-273.
- Gastil, R.G., Phillips, R.F. and Allison, E.C., 1975. Reconnaissance geology of the state of Baja California, Geological Society of America Memoir 140, 170 p.
- Hickey, J., 1984. Stratigraphy and composition of a Jura-Cretaceous volcanic-arc apron, Punta Eugenia, Baja California Sur, Mexico. En: V.A. Frizzell, editor, *Geology of the Baja California Peninsula*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, V. 39, p. 149-160.
- Jones, D.L., Blake, M.C. and Rangin, C., 1976. The four Jurassic belts of northern California and their significance to the geology of the southern California borderland. En: D.G. Howell, editor, *Aspects of the Geologic History of the California Borderland*. American Association of Petroleum Geologists, Misc. Pub. 24, Pacific Section, p. 343-362.
- Kimbrough, D.L., 1987. U-Pb ages of granitoid clasts in Upper Mesozoic arc-derived strata of the Vizcaino Peninsula, Baja California, Mexico. *Geology*, V. 15, p. 26-29.
- Kimbrough, D.L., 1985. Tectonostratigraphic terranes of the Vizcaino Peninsula and Cedros and San Benito Islands, Baja California, Mexico. En: D.G. Howell, editor, *Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region*. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Sciences Series 1, p. 285-298.
- Kimbrough, D.L., 1982. Structure, petrology and geochronology of Mesozoic paleoceanic basement terranes on Cedros Island and the Vizcaino Peninsula: PhD Dissertation, University of California, Santa Barbara, 345 pp.
- Mina, F., 1957. Bosquejo geológico del territorio sur de la Baja California: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, V.9, p. 139-269.
- Minch, J.A., Gastil, G., Fink, W., Robinson, J. and James, A.H., 1976. Geology of the Vizcaino Peninsula. En: D.G. Howell, editor, *Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region*. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Sciences Series 1, p. 136-195.
- Moore, T.E., 1986. Petrology and tectonic implications of the blueschist-bearing Puerto Nuevo mélange complex, Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico. Geological Society of America Memoir 164, p. 43-58.
- Moore, T.E., 1985. Stratigraphy and tectonic significance of the Mesozoic tectonostratigraphic terranes of the Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico. En: D.G. Howell, editor, *Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region*. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Sciences Series 1, p. 315-329.
- Moore, T.E., 1984. Sedimentary facies and composition of Jurassic volcanoclastic turbidites at Cerro Calvario, Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico. En: V.A. Frizzell, editor, *Geology of the Baja California Peninsula*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, V. 39, p. 131-148.
- Moore, T.E., 1983. Geology, petrology and tectonic significance of paleoceanic terranes of the Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico: PhD Dissertation, Stanford University, 376 pp.
- Pessagno, E.A., Finch Jr., J.W. and Abbott, P.L., 1979. Upper Triassic radiolaria from the San Hipolito Formation, Baja California. *Micro paleontology*, V. 25, p. 160-197.
- Rangin, C., 1982. Contribution a l'étude géologique de système corréllérain du nord-ouest du Mexique. Thèse d'état, Paris, Université de Paris VI, 588 pp.
- Rangin, C., 1978. Sur un complexe volcanique andésitique de Jurassique supérieur et sus rapports avec des complexes ophiolitiques sur la marge continentale de Basse Californie (Mexique): *Académie des Sciences, Comptes Rendues*, V.286, sér D, p. 1049-1052.
- Rangin, C., 1976. Le complexe ophiolitique de Basse Californie. Une paléocroute océanique écaillée (péninsule de Vizcaino, Baja California, Mexique). *Société Géologique de France Bulletin*, V.18, p. 1677-1685.
- Robinson, J.W., 1975. Reconnaissance geology of the northern Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico. M.S. Thesis, San Diego State University, 114 pp.
- Sedlock, R.L., 1988. Tectonic setting of blueschist and island-arc terranes of west-central Baja California, Mexico. *Geology*, V. 16, p. 623-626.
- Sedlock, R.L., Ortega-Gutiérrez, F., and Speed, R.C., 1993. Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico, Geological Society of America Special Paper 278, 153pp.
- Strecker, A.I., 1973. Plutonic rocks classification and nomenclature. *Geotimes*, V. 18, p. 26-30.
- Troughton, G.H., 1974. Stratigraphy of the Vizcaino Peninsula near Asunción Bay, Territorio de Baja California, Mexico: M.S. Thesis, San Diego State University, 83 pp.
- Wicks, F.J. and Whittaker, E.J.W., 1977. Serpentine textures and serpentinization. *Canadian Mineralogist*, V. 15, p. 459-488.
- Wicks, F.J. and Zussman, J., 1977. The characterization of serpentine minerals by X-ray diffraction. *Mineral Magazine*, V. 31, p. 101-126.

DISTRIBUCIÓN DE DAÑOS MATERIALES EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C., OCASIONADOS POR LOS SISMOS DE 1 DE JUNIO Y 10 DE SEPTIEMBRE, DE 1999, MW = 4.8

Francisco Suárez Vidal, Mario González, Luis Munguía Orozco, Víctor Wong Ortega, Antonio Vidal y Javier
González García

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

RESUMEN

El 1 de junio y el 10 de septiembre de 1999, en la región del Valle y Ciudad de Mexicali Baja California ocurrieron dos sismos de magnitud momento $M_w = 4.8$. El primero se localizó a 6.5 km del volcán Cerro Prieto y el segundo a 3 km, en las inmediaciones del campo Geotérmico de Cerro Prieto. No se reportaron pérdidas humanas ni heridos y no hubo daños materiales en el valle de Mexicali. En la zona cercana a los epicentros se reportaron daños menores en estructuras civiles, siendo las mayores las debidas al temblor del 1 de junio.

Los mecanismos focales de ambos sismos, elaborados a partir de los primeros arribos de la onda P, corresponden a una falla de tipo normal. Los planos de falla seleccionados están orientados N55°E para el primer sismo y N05°E para el segundo, ambos con echado hacia el SE. Tanto en las estaciones de RESNOM, como en la red sismológica local de CFE, no se observó actividad precursora; la red de CFE, registró 11 réplicas para el sismo de junio y siete para el de septiembre. Los valores máximos de la aceleración en la componente vertical fueron de 0.274 g y 0.452 g respectivamente, con un rápido decaimiento proporcional a la distancia. Se infiere que ambos sismos se asocian al régimen tectónico dominante en la región, aunque pudieron haber sido inducidos por el proceso de extracción-inyección de fluido geotérmico. Este proceso provoca cambios en las propiedades petrofísicas, termodinámicas, hidrostáticas, en la porosidad primaria, secundaria y en la temperatura del yacimiento, dando como resultado la inducción o el disparo de sismos.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Mexicali presenta un alto nivel de actividad sísmica, flujo de calor y continua deformación debido al movimiento de las placas Norteamérica y Pacífico; esta actividad es del orden de 3 a 4 cm/año (Rockwell y Suárez, 1995). Este ambiente tectónico es similar al de los centros de dispersión en el Golfo de California (Lomnitz *et al.*, 1970; Elders *et al.*, 1972). Al igual que en el Golfo, los centros de dispersión del Valle de Mexicali-Imperial, como el de Cerro Prieto y el de Brawley (Figura 1) están conectados a través de las fallas transformes activas, conocidas como Brawley, Imperial y Cerro Prieto, las cuales son generadoras de la mayor parte de la actividad sísmica que caracteriza a esta región y que es mayormente microsísmica, pero que también se manifiesta con secuencias de sismos precursores, evento principal y réplicas, o bien en forma de enjambre (González-García, 1986; Frez y Frías Camacho, 1998).

Durante los últimos 60 años, la Falla Imperial y la Falla Cerro Prieto han generado tres temblores importantes: los del 18 de mayo del 1940 y del 15 de octubre de 1979, tuvieron magnitudes $M_L = 7.1$ y 6.6, respectivamente y se encuentran asociados a la Falla Imperial (Chávez *et al.*, 1982); el de 8 de Junio de 1980 ($M_L = 6.1$) fue generado por la Falla Cerro

Prieto (Frez y González 1989; Wong *et al.*, 1997) (Figura 1). Durante ese periodo, estas mismas estructuras, así como otras conjugadas han producido sismos de $M \leq 5$.

Hasta antes de la década de los 70 el origen de la actividad sísmica en el Valle de Mexicali se consideraba netamente tectónico. Esta actividad, se suponía que era producida por las fallas Imperial, Cerro Prieto, Cucapá, Laguna Salada y por las demás estructuras activas dentro de la provincia del Salton Sea (Figura 1). A partir de 1972-73 se inicia la explotación con fines industriales, de la zona geotérmica de Cerro Prieto. Esta explotación continua hasta el presente. En 1989 se inició el proceso de inyección en el subsuelo de salmuera residual producto de la separación del vapor geotérmico y almacenada en la laguna de evaporación, contigua a la zona conocida como Cerro Prieto I (CPI) (Figura 2). Lo anterior, con el objeto de mantener la presión e incrementar la extracción energética del yacimiento. El proceso de inyección de salmuera se hace a través de pozos no productores localizados dentro de la zona CP I y a profundidades que varían entre 1000 y 2000 m (Gutiérrez Puente y Ríbo Muñoz, 1994). El agua inyectada fluye hacia la zona productora a través del sistema de fallas y fracturas que cortan la secuencia sedimentaria e ígnea dentro del campo Cerro Prieto (Pelayo *et al.*, 1991; Lippmann *et al.*, 1997). Se sabe que la inyección puede producir efectos térmicos negativos, tales como

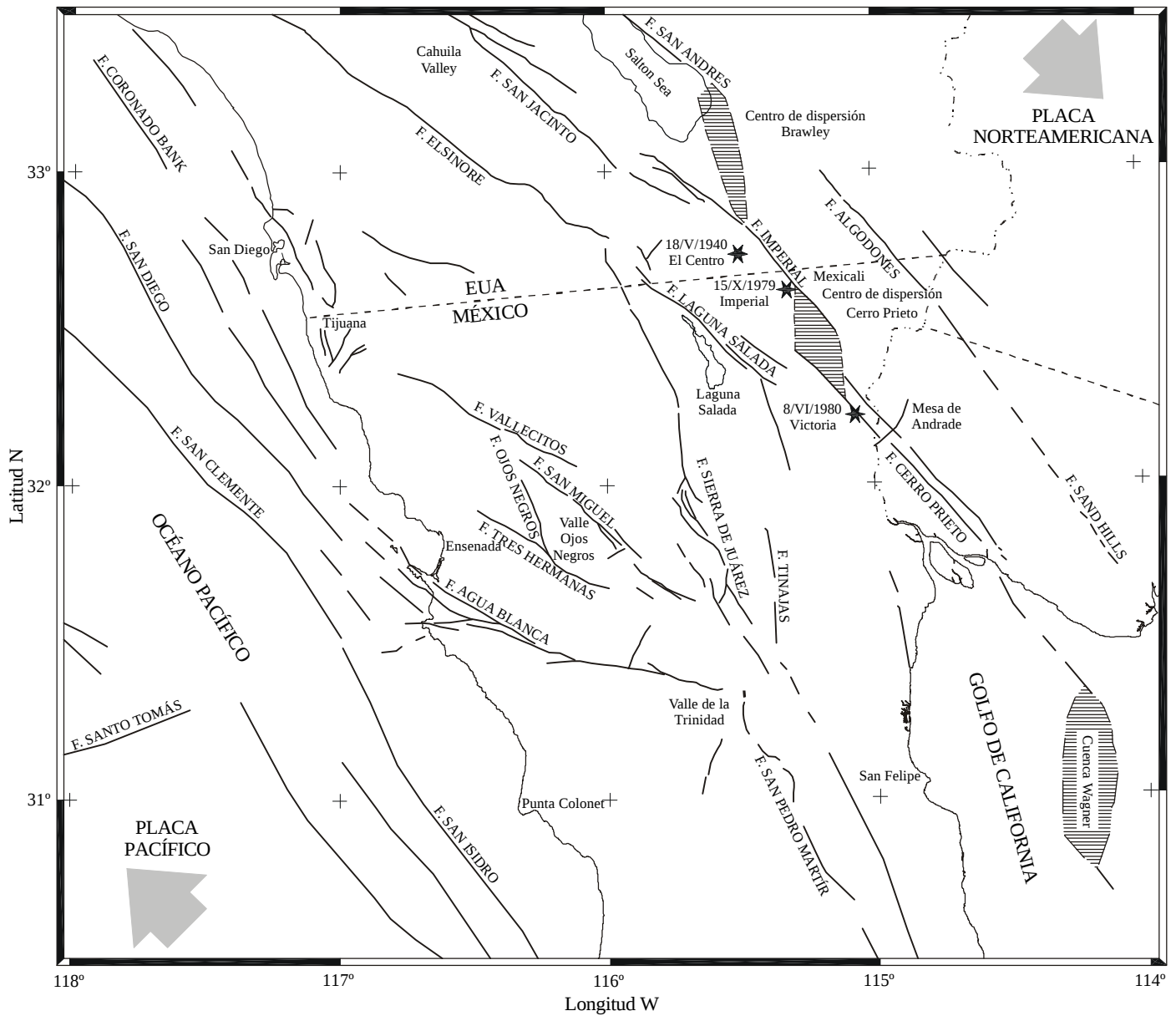


Figura 1. Marco tectónico en la región de la Provincia de Salton, distribución de las principales fallas activas en Baja California y Sur de California asociadas al sistema San Andrés-Golfo de California. Ubicación de los epicentros de los temblores de 18 de mayo 1940, 19 de octubre de 1979 y 8 de junio de 1980. (tomado y modificado de Frez y Frías-Camacho, 1998).

la disminución de la temperatura del fluido geotérmico o la cementación acelerada en las formaciones productoras, reduciendo su porosidad y permeabilidad (Gutiérrez Puente y Ribó Muñoz, 1994). Se reporta que el proceso de extracción y de inyección de fluido geotérmico en volúmenes extremadamente altos (inyección del orden de 20 millones de toneladas de salmuera por año), ha generado cambios en la porosidad y permeabilidad, en la circulación de fluidos y en la temperatura del yacimiento (Pelayo *et al.*, 1991; Gutiérrez Puente, y Ribó Muñoz, 1994). Estos cambios han propiciado movimientos de subsidencia del terreno dentro y en la periferia del campo geotérmico (Glowacka y Nava, 1996; Glowacka *et al.*, 1997; Glowacka *et al.*, 1999). Se interpreta que, como en regiones similares, como los Geysers en California (Allis 1982; Denliger

y Bufo, 1982; Gomberg y Davis, 1986), Larderello, Italia (Batíni *et al.*, 1985) y Sao Paulo, Brazil (Yambe y Hamza, 1996) se ha registrado sismicidad inducida o disparada por el proceso de extracción de vapor y inyección de salmuera.

Con base en los datos sismológicos, observaciones de campo y reportes en la literatura sobre los efectos que produce la variación en las condiciones petrofísicas y termodinámicas en un yacimiento geotérmico, se infiere que los temblores ocurridos el 1 de junio y 10 de septiembre de 1999 en el Valle de Mexicali pudieron haber sido producidos por la continua extracción de fluido geotérmico e inyección de salmueras frías al subsuelo, sin descartarse la posibilidad de la influencia del campo de esfuerzos de origen tectónico.

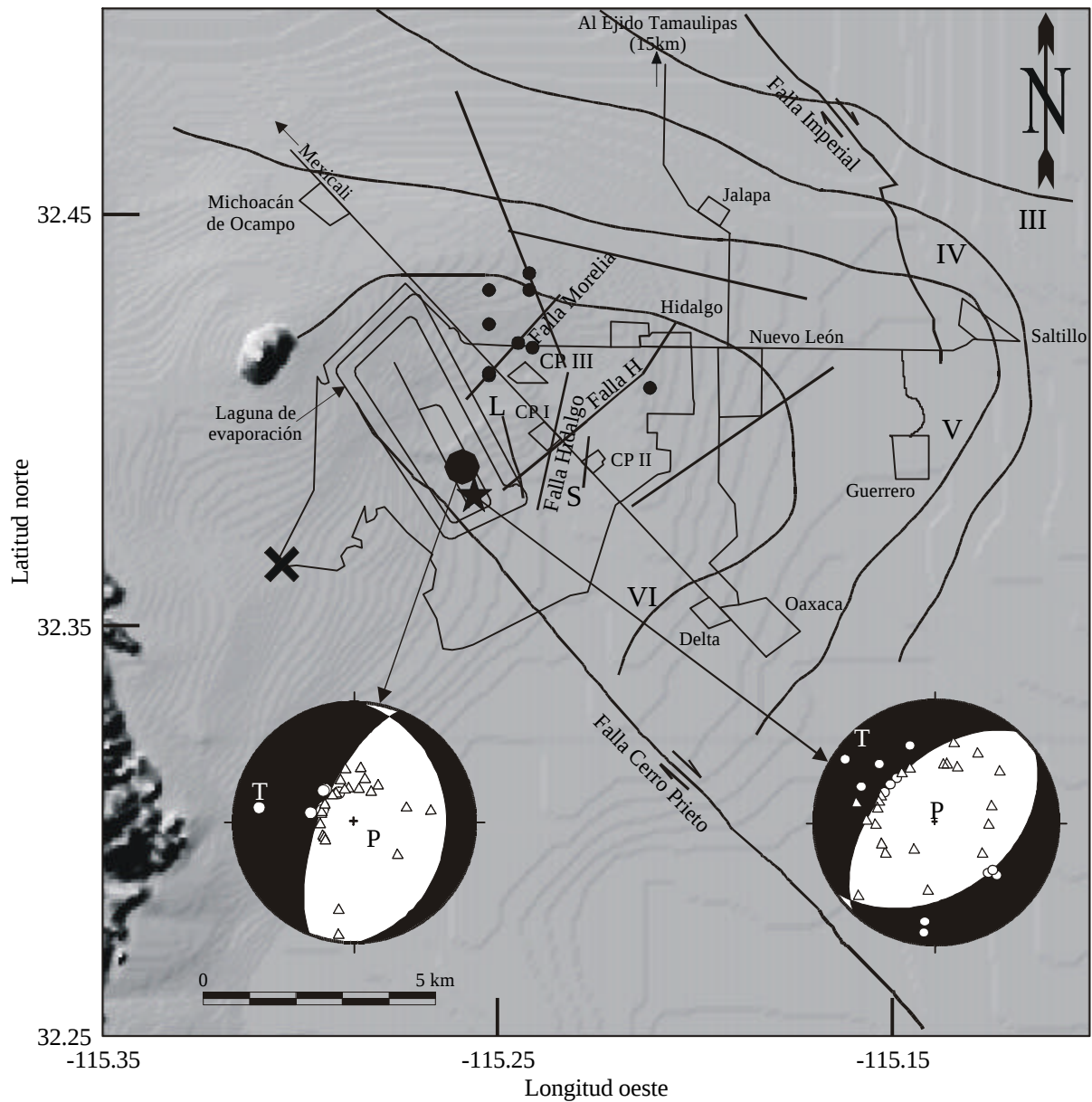


Figura 2. Localización epicentral de los sismos del 1 de Junio (estrella) y 10 de septiembre (octágono) de 1999 y 7 de febrero de 1987 (cruz). Mecanismos de falla de los dos sismos y ubicación de las fallas normales dentro del Campo Geotérmico Cerro Prieto, Fallas Morelia, H y Hidalgo. Los Círculos sólidos corresponden a las réplicas del sismo del 1 de junio. Las curvas son isosistas y los números romanos representan intensidades de acuerdo a la escala modificada de Mercalli.

PARAMETROS EPICENTRALES

El temblor de Cerro Prieto del 1 de junio de 1999 ocurrió a las 15:18:2.2 (GMT) con una magnitud momento $M_w = 4.8$ y fue percibido por la población de toda la región del Valle de Mexicali-Imperial. El epicentro se localizó a $32^\circ 22' .98$ latitud norte y $115^\circ 15' .32$ longitud oeste, a 6.5 km al SE del volcán Cerro Prieto. El hipocentro se localizó 8.4 km de profundidad, ubicado en la margen occidental de la zona geotérmica de Cerro Prieto, bajo la laguna de evaporación (Figura 2). El sismo del 10 de Septiembre de 1999 se localizó en la misma región que el anterior, con coordenadas epicentrales N $32^\circ 26.76'$ N y

$115^\circ 12.93'$ W, con un tiempo de origen a las 13:40:4.16 (GMT); su hipocentro se localizó a 3 km de profundidad y su magnitud momento $M_w = 4.8$. Ambos sismos fueron localizados utilizando las lecturas de los primeros arribos de las ondas P y S registradas en las estaciones sísmológicas de la Red Sísmológica del Noroeste de México (RESNOM), las de la red sísmica del Sur de California, las de la Red de Acelerógrafos del Noroeste de México y la Red de Cerro Prieto I (operada por la Comisión Federal de Electricidad). Los valores máximos de aceleración registrados fueron: para el sismo del 1 de Junio, 0.274 g ($g = 981 \text{ cm/sec}^2$) en la componente vertical del acelerómetro ubicado en la planta geotérmica de Cerro Prieto (GEO), mientras que el evento del 10 de septiembre, en el mismo acelerómetro, tuvo

una aceleración de 0.452 g. Estos valores de aceleración son bajos al compararlos con los del sismo del 7 de febrero de 1987 (ML= 5.4) que generó aceleraciones de 1.4 g en la componente transversal (N 05° E) (Figura 3) y de 0.906 g y 0.673 g en las componentes E-W y en la vertical, respectivamente, de acuerdo con los registros del acelerómetro instalado en el volcán Cerro Prieto (VCP), a 4 km al norte del epicentro. Este mismo evento se localizó a 4 km al SW de los sismos del 1 de junio y 10 de septiembre de 1999 (Figura 2). A su vez, las aceleraciones generadas por los sismos de 1999, son bajas comparadas con las que generó el sismo de 1987. Las aceleraciones verticales registradas en la estación GEO, tanto para el evento de junio como para el de septiembre de 1999, exceden a los valores horizontales de g por un factor de dos, lo que indica la proximidad de los epicentros al acelerómetro ubicado en la planta geotérmica Cerro Prieto I. No obstante que las magnitudes de ambos temblores son bajas, las aceleraciones pico observadas en la zona circundante al campo geotérmico son altas a distancias cortas (~ 2 km), disminuyendo rápidamente al aumentar la distancia. De acuerdo con Munguía *et al.* (1988), éste es un patrón característico de la región de Cerro Prieto en la que, para sismos con magnitudes bajas a moderadas, los sedimentos que rellenan a la cuenca atenuan rápidamente la intensidad del movimiento del terreno.

Un aspecto igualmente importante es que, tanto para el sismo de junio como para el de septiembre de 1999, no se detectó un incremento en la actividad sísmica premonitorea y hubo 11 réplicas para el sismo de junio y 2 para el de septiembre. Esta actividad es baja considerando las características sismotectónicas de la región descritas por Frez y González (1989).

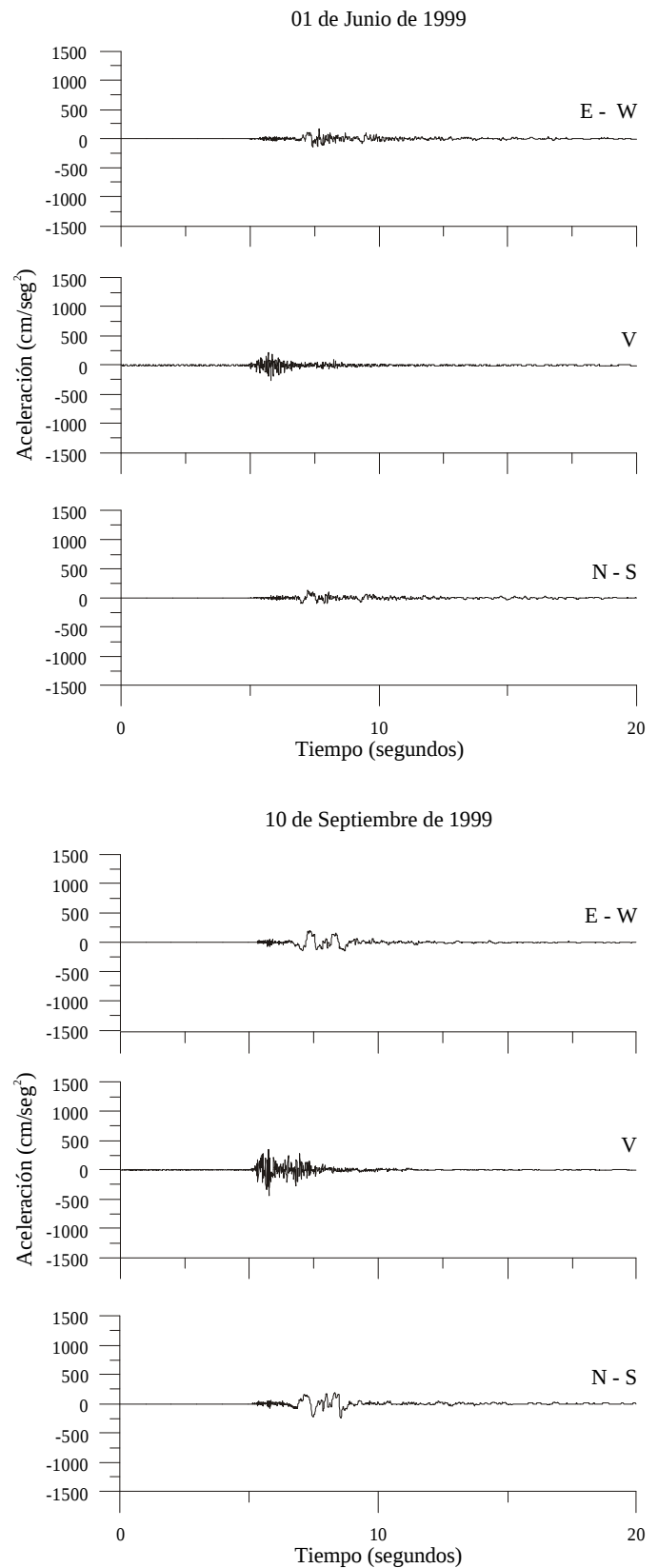
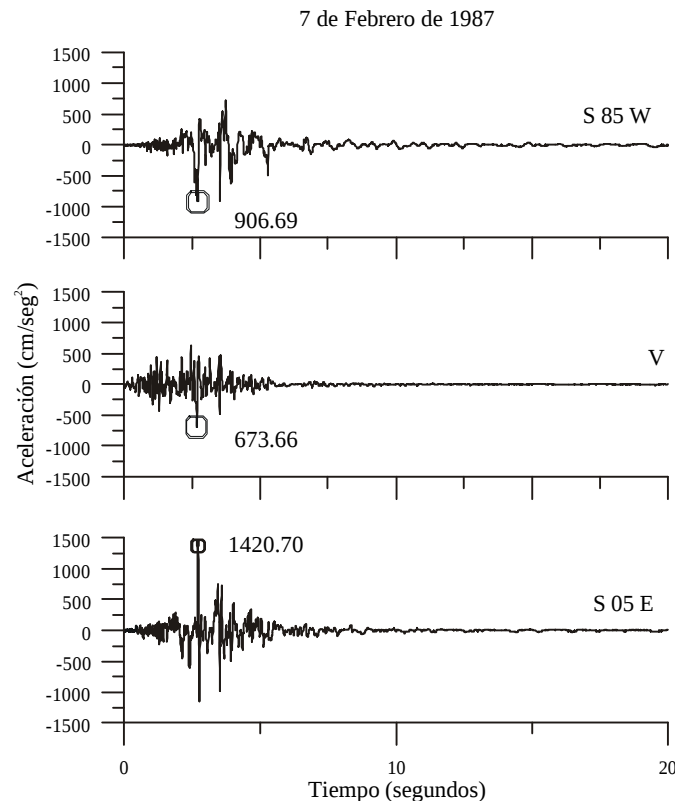


Figura 3. Registro de aceleraciones (cm/sec²) de los eventos del 7 de febrero de 1987, 1 de junio y 10 de septiembre de 1999 registrados en los acelerómetros ubicados en el Volcán Cerro Prieto (VCP, febrero de 1987) y Planta Geotérmica (GEO, junio y septiembre de 1999).

RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Dada la magnitud de los eventos a partir de las primeras noticias recibidas sobre los daños en diferentes lugares del Valle de Mexicali, horas después de haber ocurrido los sismos se inició un reconocimiento geológico en la región. Después del temblor del 1 de junio se visitaron diversos sitios a lo largo de la traza de la Falla Imperial, en donde sismos anteriores de magnitud mayor produjeron deformación en el suelo y subsuelo y cuantiosos daños materiales a estructuras civiles. El reconocimiento se inició en el Ejido Tamaulipas, en donde aún existen evidencias del temblor El Centro del 18 de Mayo de 1940. El área inspeccionada abarca los Ejidos Tamaulipas, Saltillo y Guerrero, en una franja de aproximadamente 10 km de ancho a lo largo de la traza de la Falla Imperial (Figura 2). En ninguno de los sitios visitados se encontraron evidencias de licuefacción del subsuelo en las áreas cultivadas o daños materiales a edificaciones provocadas por el temblor del 1 de junio.

Los únicos daños a estructuras civiles se observaron en los Ejidos Nuevo León e Hidalgo; en el primero, se cayó una barda de aproximadamente 10 m de largo del Salón Social Echeverría, y parte de la mampostería de la sección superior del techo. Las paredes en el interior del Colegio de Bachilleres sufrieron cuarteaduras (ninguna de las paredes afectadas actuaba como muro de carga). El daño mayor observado en este ejido fue el desprendimiento de una pared en una casa construida con adobe (Figura 4). En el Ejido Hidalgo, que es el núcleo de población más cercano al epicentro, una de las bardas del campo de baseball de 30 m de largo se cayó (Figura 5a), y las tres restantes sufrieron severas cuarteaduras. En este mismo lugar, se observó la separación del techo de la vieja iglesia del poblado, por efecto de giro, además de cuarteaduras en las paredes del inmueble (Figura 6a).



Figura 4. Casa en el Ejido Nuevo León, a la cual se le desprendió una pared como efecto del sismo del 1 de junio de 1999. La pared corresponde a un anexo construido con ladrillo de adobe.

Luego del temblor del 10 de septiembre, el recorrido se inició en el Ejido Michoacán de Ocampo, ubicado 8 km al NW del campo geotérmico de Cerro Prieto. De acuerdo a los informes de un agente de guardia de la policía municipal del ejido,



Figura 5 a y 5 b. Segmentos de bardas caídas en el campo de beisbol del Ejido Hidalgo. La fotografía 5a corresponde a los daños causados por el temblor del 1 de junio. La fotografía 5b fue tomada después del temblor del 10 de septiembre. Las palmeras que se observan en el extremo izquierdo son las mismas que están de frente en la fotografía 5a. Nótese que el segundo temblor derribó el resto de las bardas que quedaron paradas después del primer sismo.

no hubo personas heridas ni se reportaron daños materiales, a pesar que las aceleraciones generadas fueron casi el doble que las del sismo del 1 de junio. En ambos eventos se reportó la caída de objetos, estantería y anaqueles en casas y comercios. Se visitaron sitios a lo largo del canal alimentador central hasta salir al Ejido Jalapa (Figura 2), no se encontraron estructuras en el terreno que pudieran asociarse al sismo, ni daños a las escasas edificaciones. Los vecinos del lugar comentan haber sentido más fuerte este sismo que el del 1 de junio y que el sonido asociado a los pozos productores de vapor fue más intenso el 10 de septiembre. Hay coincidencia en la opinión de los entrevistados, quienes comentan que segundos antes de la ocurrencia del sismo, el ruido producido por los pozos geotérmicos aumentó considerablemente y se mantuvo durante el tiempo que el temblor fue sentido. Sin embargo en los ejidos Nuevo León y Saltillo (Figura 2) hubo gente que dijo haber sentido más fuerte el sismo del 1 de junio y que el sonido asociado a los pozos también fue mayor durante ese sismo.

El informe de los bomberos en el Ejido Nuevo León, reporta que no hubo daños materiales. Sin embargo, se volvieron a inspeccionar las escasas edificaciones afectadas por el sismo

del 1 de Junio. En la iglesia del Ejido Hidalgo se incrementó el tamaño y número de cuarteaduras y el emplaste de la parte superior de la fachada se cayó totalmente (Figura 6b). En el campo de baseball del mismo ejido, se observó que tres de las bardas que no fueron dañadas por el primer sismo, sufrieron derrumbamientos parciales durante el de septiembre (Figura 5b). El Colegio de Bachilleres del Ejido Nuevo León, así como el salón de actos Luis Echeverría del mismo ejido no sufrieron daños adicionales a los generados por el sismo de junio.



Figura 6a y 6b. Vieja iglesia católica en el Ejido Hidalgo. El sismo del 1 de junio cuarteó las paredes y mediante un pequeño giro separó el techo del resto de la estructura. En la fotografía 6b se muestra la misma iglesia después del temblor del 10 de septiembre. Se observa que únicamente se cayó un emplaste de la fachada de techo, en el frente del inmueble.

DISCUSIÓN

Los mecanismos de falla que se obtuvieron para los dos sismos se muestran en la Figura 2. Ambos corresponden a fallas normales con una pequeña componente horizontal. Para el sismo del 1 de junio el plano de falla orientado N 55° E con echado hacia el SE es el más probable, mientras que para el del 10 de septiembre el plano de falla orientado N 05° E con echado al ESE es consistente con la tendencia de las estructuras regionales del centro de dispersión Cerro Prieto (Pelayo *et al.*, 1991).

Son varias las fallas normales identificadas en esta región y dentro de la zona geotérmica de Cerro Prieto. Por lo menos tres de ellas, las identificadas como Falla Morelia orientada N 47° E, Falla H con rumbo N 43° E (Pelayo *et al.*, 1991) y la Falla Hidalgo con un rumbo N17°E (Halfman *et al.*, 1984), tienen su traza paralela a la obtenida en los mecanismos focales para ambos sismos; sin embargo, la localización epicentral no coincide con el trazo de estas estructuras. De las tres, las Fallas H y Morelia son las que mejor se ajustan al mecanismo de falla y epicentro del sismo del 1 de junio, mientras que la Falla Hidalgo pudo ser el origen del sismo del 10 de septiembre.

En el Valle de Mexicali han ocurrido con cierta frecuencia eventos de $M \geq 5.0$ con altas aceleraciones. Estos eventos se asocian con las Fallas Cerro Prieto e Imperial, como el sismo del 7 de febrero de 1987 ($M_L = 5.4$), localizado a 5 km al SW de los de junio y septiembre de 1999 (Figura 2), fuera de la zona de producción de la geotérmica. Este último produjo una aceleración pico de 1.4 g en la componente vertical en el mismo acelerómetro instalado en la Planta Geotérmica Cerro Prieto I, el cual registró los sismos de junio y septiembre de 1999. Los sismos de junio y septiembre produjeron aceleraciones pico verticales, equivalentes al 20% y 30% del máximo del sismo del 7 de febrero de 1987 respectivamente. Comparadas con el evento de 1987, las aceleraciones de los sismos de 1999 decayeron rápidamente. Además, se observó que los sismos de 1999 tuvieron una rápida disminución en la aceleración con respecto a la distancia (Figura 3). Estas diferencias son evidencias para postular que el mecanismo que generó los eventos del 1 de junio y 10 de septiembre de 1999 es el mismo y está controlado por las condiciones petrofísicas de los sedimentos dentro de la cuenca de Cerro Prieto que producen una rápida atenuación (González, *et al.*, en prensa), a diferencia con el sismo de febrero de 1987 que, aunque se localiza cercano a los del 99, queda fuera o en los límites de la cuenca en donde la influencia de los sedimentos es mínima.

Un posible mecanismo generador de la actividad sísmica del 1 de junio y 10 de septiembre de 1999 es de carácter tectónico, asociado al movimiento de las Fallas Cerro Prieto e Imperial. La geometría de estas fallas es *en echelon*, limitando los flancos de la cuenca transtensiva Cerro Prieto. Las fallas producen un campo de esfuerzos tensional orientado en dirección NW-SE y, como resultado, se producen fallas normales igualmente activas orientadas oblicuamente al trazo de las fallas Cerro Prieto e Imperial, con echados hacia el centro de la cuenca, igual que las fallas Hidalgo, Morelia y H, que tienen una inclinación en dirección SE, similar al echado obtenido a través de los mecanismos de falla para los dos sismos de 1999 (Figura 2). Aún considerando el error en la localización (2 km), los dos epicentros se ubican sobre la traza de las fallas mencionadas.

Otro posible origen de los dos sismos de 1999, es el de la inducción que resulta del proceso combinado de extracción de fluido geotérmico y re-inyección de salmuera para recargar el yacimiento geotérmico en explotación.

La circulación del agua inyectada provoca que, a profundidad, se produzca un cambio en las propiedades petrofísicas y termodinámicas en la columna estratigráfica y, en el yacimiento. La estratigrafía definida para la cuenca de Cerro Prieto por geólogos de CFE (Pelayo *et al.*, 1991) está integrada por cuatro unidades litoestratigráficas. En la figura 7 se muestra en forma esquemática la columna estratigráfica del subsuelo en la cuenca de Cerro Prieto. Los espesores de la diferentes unidades varían dentro de la cuenca de un lugar a otro; tal es el caso de la unidad "C" que, de acuerdo con Pelayo *et al.*, (1991), tiene un espesor de 3500 a 5000 m, siendo la unidad más alterada desde el punto de vista geoquímico e hidrotermal. Dentro de esta misma unidad y específicamente en los estratos de arenas porosas y permeables, se ubica el acuífero productor de vapor (entre los 2500 y 3000 m; Pelayo *et al.*, 1991; Gutiérrez Puente y Ribó Muñoz, 1994; Lippmann *et al.*, 1997). La unidad "B" se encuentra sobreyaciendo a la "C", y es la que en gran parte de la cuenca actúa como unidad sello. De las otras dos unidades, una constituye el basamento granítico (unidad D) y la más superficial (A) está formada por una alternancia de arenas, arcillas y

escasas gravas, mezcladas con los flujos de andesitas y riolitas, cortadas por diques diabásicos.

Debajo del contacto entre la unidades A y B, Lippmann *et al.* (1997) reportan que las arcillas muestran una rápida disminución en la porosidad y un incremento en su densidad mientras que, por otro lado, las arenas incrementan su porosidad, lo que implica el desarrollo de porosidad secundaria, manifestada a través de fracturamiento generado por la disolución de minerales inestables y del cementante. Las fracturas y su interconexión desarrollan una permeabilidad secundaria que, al aumentar la temperatura y la profundidad, así como la interacción progresiva agua-roca, se observa una transición entre un medio permeable poroso a otro permeable por fracturamiento (Elders *et al.*, 1984). Los cambios en las propiedades petrofísicas de los materiales localizados por debajo del contacto de las unidades estratigráficas A y B en Cerro Prieto, pueden influir en la sismicidad del campo geotérmico, de manera similar a lo reportado en Fenton Hill, Nuevo México, EUA (House, 1987).

En la cuenca de Cerro Prieto, existe una zona de transición en la que las propiedades elásticas de los materiales cambian de frágiles a dúctiles, lo que da como resultado que por debajo de esta zona se reduzca el número de sismos (Lippmann *et al.*, 1997). La profundidad de esta zona en el campo geotérmico no es constante, está determinada por la temperatura en el subsuelo; la variación es función de la libre circulación de fluidos (geotérmico y salmuera inyectada), de las propiedades elásticas de las rocas, de la orientación del campo de esfuerzo y de la cantidad de deformación de los materiales (Sibson, 1982). Los cambios en la temperatura del subsuelo hacen variar la profundidad de la zona de transición frágil-dúctil y pueden modificar la presión de poro y la solubilidad de sílice contenido en el fluido, lo que puede reflejarse en una variación en la intensidad del campo de esfuerzos, provocando que un sistema que es regido por un deslizamiento constante de tipo creep tectónico, cambie a uno inestable (stick slip), como sucede en Geysers California (Denlinger y Bufe, 1982). La situación descrita puede favorecer la generación de sismos inducidos en forma súbita, sin una actividad precursora y de réplicas. Los mecanismos de falla para estos casos en ocasiones son coincidentes con el campo de deformación de la región (Allis, 1982; Batini *et al.*, 1985; House, 1987).

Con base en lo descrito por Glowacka y Nava, (1996), Glowacka *et al.* (1997) y Glowacka *et al.* (1999), la combinación de extracción de fluido geotérmico y la inyección de salmuera fría pueden producir sismos como los del 1 de junio y 10 de septiembre de 1999 en Cerro Prieto. Las localizaciones epicentrales para ambos sismos están en la zona de la laguna de evaporación (Figura 2), 1 km al este de la cual se está inyectando agua al subsuelo. La proximidad de la inyección con la zona de producción de vapor ha provocado un decremento en la temperatura en algunos de los pozos productores cercanos a los de inyección (Gutiérrez Puente y Ribó Muñoz, 1994). Este decremento puede influir en la modificación de la profundidad a la zona de transición de materiales frágiles a dúctiles, hacién-

Era	Periodo	Época	Litología	Espesor (m)	Descripción litológica	Unidad litológica
Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno		500 a 2,300	Andesitas, arcillas, arena, escasas gravas, diques diabásicos y flujos de riolita	A
				0 a 800	Lodos cafés con intercalaciones de arenas café claro y arenisca	B
	Terciario			~100	Lutita café y lodolitas con intercalaciones de arena café claro	C
				2,500 a 3,000	Alternancia de limos y lutitas gris-negro con arenas blancas y gris claro	
Mesozoico	Cretácico	Tardío		?	Granito de biotita	D

Figura 7. Columna estratigráfica generalizada del subsuelo en el Campo Geotérmico de Cerro Prieto, tomada y modificada de Pelayo *et al.*, (1991).

dola más profunda, lo que a su vez modifica la porosidad primaria, propicia el desarrollo de fracturamiento y el aumento en la permeabilidad (Elders *et al.*, 1984; Lippmann *et al.*, 1997). Por otro lado, se debe tomar en cuenta que el agua que se inyecta tiene altas concentraciones de cloruros y sílice (Gutiérrez Puente y Ribó Muñoz, 1994)). La solubilidad de este último puede variar con cambios en la temperatura (Elders *et al.*, 1984; Lippmann *et al.*, 1997) y, como resultado, se puede precipitar sílice dentro de las fracturas, reduciendo tanto la porosidad como la permeabilidad de la formación (Lippmann *et al.*, 1997) y como consecuencia, se genera un cambio en las propiedades elásticas de los materiales haciéndolos más frágiles, lo que motiva que la profundidad de la interfase dúctil- frágil cambie, así como la zona sismogénica. Fabriol y Glowacka (1977) reportan que esta zona se ubica cerca o por debajo de la zona de producción/reinyección a lo largo de las fallas activas en la región y que los sismos se disparan principalmente por la reinyección de salmuera fría. Podemos afirmar que, la acción combinada de variaciones en temperatura en el yacimiento geotérmico de Cerro Prieto, el cambio de las concentraciones de componentes químicos en el fluido geotérmico, —especialmente sílice y cloruros— (Pelayo *et al.*, 1991; Gutiérrez Puente y Ribó Muñoz, 1994), produce cambios que afectan principalmente a la porosidad y permeabilidad (Lippmann *et al.*, 1997) este proceso disparó los sismos del 1 de junio y 10 de septiembre de 1999 en la región del campo geotérmico de Cerro Prieto.

CONCLUSIONES

Como resultado del reconocimiento de campo y con base en la información sismológica generada por los sismos del 1 de Junio y 10 de septiembre de 1999 ($M_w=4.8$), se concluye que ambos eventos están asociados a fallas de tipo normal, con una pequeña componente de rumbo de orientación oblicua al trazo de las fallas Cerro Prieto e Imperial, pudiendo ser estas las Fallas Morelia, H y la Falla Hidalgo. En los dos eventos las máximas aceleraciones pico se registraron en la componente vertical en el acelerógrafo instalado en la planta Cerro Prieto I; éstas pueden considerarse elevadas para la región del Valle de Mexicali, pero son mucho menores que las aceleraciones máximas del sismo del 7 de febrero de 1987 ($M_l=5.4$) que produjo 1.4 g en la estación ubicada en el volcán de Cerro Prieto.

Dadas las características focales, localizaciones hipocentrales y el ambiente petrofísico de la región, pueden postularse dos posibles orígenes de los sismos de 1 de junio y 10 de septiembre de 1999: tectónico o sismicidad o inducida. El primero estaría asociado al esfuerzo extensivo dominante en el centro de dispersión de Cerro Prieto ligado, a su vez, al régimen tectónico regional cuya expresión se debe a la geometría y movimiento relativo de las fallas Imperial y Cerro Prieto. El campo de esfuerzos local debido a la extracción e inyección en Cerro Prieto puede disparar el movimiento de las fallas normales, como las fallas Morelia, H e Hidalgo, cuyos parámetros geométricos y dinámicos coinciden con las interpretaciones de

los mecanismos focales de los sismos de 1 de junio y 10 de septiembre de 1999, sobre todo los de la Falla Morelia.

El segundo posible origen es la inducción o disparo de sismicidad como resultado de las modificaciones de las condiciones térmicas y petrofísicas en el volumen asociado al yacimiento geotérmico de Cerro Prieto; las modificaciones podrían estar asociadas a la extracción de vapor y/o inyección de salmuera fría.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a José Guadalupe Acosta Chang, Ewa Glowacka, Marcelo Lippmann, Juan García Abdeslem y Luis Delgado Argote por su tiempo, comentarios y sugerencias para el mejoramiento de este manuscrito. A Ignacio Méndez, Francisco Farfán, Tito Valdez y Miguel Navarro por su colaboración en la colección y procesamiento de la información sismológica. De igual forma se agradece a Víctor M. Frías Camacho por su apoyo y ayuda en la elaboración del material gráfico y a Luis Gradilla y José de Jesús Mojarro por su ayuda en la preparación del material fotográfico.

REFERENCIAS

- Allis, R.G., 1982, Mechanism of induced seismicity at the Geysers geothermal reservoir, California, *Geophysical Research Letters* Vol. 9, No. 6, 629-632
- Batini, F., Console, R., y Luongo, G., 1985, Seismological study of Larderello- Travale geothermal area, *Geothermics*, Vol. 14, No. 2/3, 255-272
- Chávez, D., González, J., Reyes, A., Medina, M., Duarte, C., Brune, J.L., Simons, R., Hutton, L.K., German, P.T., y Johnson, C.L., 1982, Main shock location and magnitude determination using combined U. S. and Mexican data: The Imperial Valley California Earthquake of October 15, 1979, U.S. Geological Survey, Professional Paper 1254, 51-55
- Denlinger, R. y Bufe, C., 1982, Reservoir conditions related to induced seismicity at the Geysers steam reservoir, Northern California, *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 72, No. 4, 1317-1327
- Elders, W.A., Rex, W., Meidav, T., Robinson, P.T., y Biehler, S., 1972, Crustal spreading in Southern California, *Science*, 178, 15-24
- Elders, W.A., Bird, D.K., Williams, A.E. and Schiffman, P., 1984, Hydrothermal flow regime and magmatic heat source of the Cerro Prieto Geothermal system, Baja California, México, *Geothermics*, 13, 27-47
- Fabriol, H y Glowacka, E., 1997, Seismicity and fluid reinjection at Cerro Prieto Geothermal Field: Preliminary results, *Proceedings, twenty second workshop of Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford California, 11-17
- Frez, J. y Frías-Camacho, V.M., 1998, Mapas anuales de sismicidad

- para la región fronteriza de ambas Californias, GEOS, Vol. 18, No. 2 112-130.
- Frez, J. y Gonzalez, J.J., 1989, Sismicidad y mecanismos focales en el Valle de Mexicali-Imperial, Geofísica Internacional, vol. 28, 643-691
- Glowacka, E. and Nava, F.A., 1996, Major earthquakes in Mexicali Valley, México, and fluid extraction at Cerro Prieto geothermal field, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 86, No. 1A, 93-105
- Glowacka, E., Fabriol, H., Munguia, L. and González, J., 1997, Seismicity and surface deformation around the Cerro Prieto Geothermal Field, México: en *Proceedings of the 4th international symposium on rockbursts and seismicity in mines*, (S. J. Gibowicz and S. lasocki, editors) A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, Kraków Poland 11-14 August 1997, 397-401
- Glowacka, E., González, J. and Fabriol, H., 1999, Recent vertical deformation in Mexicali Valley and its relationship with tectonics, seismicity, and the exploitation of the Cerro Prieto geothermal field, México, Pure and Applied Geophysics, No. 156, 591-614
- Gomber, J. and Davis, S., 1996, Stress/strain changes and triggered seismicity at the Geysers, California, Journal of Geophysical Research, Vol. 101, No. B1, 733-749
- González, García, J.J., 1986, Sismotectónica del Valle de Mexicali 1977-1980, tesis de maestría en ciencias Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, 164p
- González, M., Munguia, L., Vidal, A., Wong, V., González, M., and Suárez, F., The Mw= 4.8 Cerro Prieto, Baja California earthquakes of June 1 and September 10, 1999, en prensa, Seismological Society of America Bulletin
- Gutiérrez Puente, H. and Ribó Muñoz, M.O., 1994, Reinjection experience in the Cerro Geothermal field, Geothermal Resources Council Transactions, Vol. 18, 261-267
- Halfman, S. E., Lippmann, M.J., Zelwer, R., y Howard, J. H., 1984, A geological interpretation of geothermal fluid movement in Cerro Prieto field, Baja California, México, American Association of Petroleum Geologists, Bull. Vol. 68, 18-30
- House, L., 1987, Locating microearthquakes induced by hydraulic fracturing in crystalline rock, Geophysical Research Letters, Vol. 14, No. 9, 919-921
- Lippmann, M.J., Truesdell, A.H. and Gutiérrez Puente, H., 1997, What will a 6 km deep well at Cerro Prieto find?, Proceedings, Twenty-first Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford California, January 27-29, SGP-TR-155, 19-28
- Lomnitz, C., Mooser, F., Allen, C.R., Brune, J.N. and Thatcher, W., 1970, Seismicity and tectonics of the Northern Gulf of California region, México, Preliminary results, Geofísica Internacional, 10, 37-48
- Munguia, L., Anderson, J.G. and Brune, J.N. 1988, The Cerro Prieto earthquake of February 6, 1987. *En the Cerro Prieto, Baja California, earthquake of February 6, 1987 and processed strong-motion data*. Report OSMS 87-04, California Department of Conservation, Division of Mines and Geology
- Pelayo, A., Razo, M., Gutiérrez, L.C.A., Arellano G, F., Espinoza, J.M. and Quijano, L., 1991, Main geothermal fields of México; Cerro Prieto Geothermal Field, Baja California, The Geology of North America, Geological Society of America, Vol. P-3, Economic Geology, México, 23-58
- Rockwell, T.K. and Suárez, F., 1995, Holocene slip rates and timing of past earthquakes for Northern Baja California faults based on trenching studies, Tercera Reunión internacional sobre geología de la Península de Baja California, abril 17-21 de 1995, libro de resúmenes La Paz Baja California Sur, 174-175
- Sibson, R.H., 1982, Fault zone models, heat flow and depth distribution of earthquakes in continental crust of the United States, Bulletin Seismological Society of America, 72, 151-163
- Wong, V., Frez, J. and Suárez, F., 1997, The Victoria, México, Earthquake of June 9, 1980, Geofísica Internacional, 36, 139-159
- Yambe, T.H. and Hamza, V.M., 1996, Geothermal investigations in area of induced seismic activity, northern Sao Paulo State Brazil, Tectonophysics, 253, 209-225.

CORRECCIÓN DE ESTACIÓN PARA HIPOCENTROS DETERMINADOS LOCALMENTE EN EL SISTEMA DE FALLAS SAN MIGUEL, BAJA CALIFORNIA. IMPLICACIONES PARA LA ESTRUCTURA SÍSMICA

F. Farfán, I. Méndez, J. Frez, V.M. Frías, G. Arellano, J. Carlos, L. Orozco, O. Gálvez y J.J. González
CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, 22860, B.C., México

RESUMEN

Seleccionamos determinaciones hipocentrales locales de alta calidad y con tiempos de arribo registrados en estaciones de las redes regionales (RESNOM y SCSN) para calcular correcciones de estaciones ubicadas en la frontera de ambas Californias, entre los 31°S y 33.5°S. Los hipocentros están ubicados en la falla San Miguel, en el Valle de Ojos Negros y en sus alrededores más cercanos. En un cálculo, se utilizan todas las determinaciones hipocentrales; otros corresponden a dos altas concentraciones hipocentrales. Los resultados, mostrados en mapas y tablas, señalan variaciones significativas de la velocidad en las estructuras sísmicas recorridas por los rayos. Las correcciones más grandes están en la Cuenca Salton (1.5 s); valores menores (entre 0.25 s y 0.50 s) quedan asociados a la Cordillera Peninsular y aún menores (< 0.25 s), a las estaciones ubicadas cerca de la costa. El modelo *Sierra97* necesita pequeños ajustes para representar mejor la estructura sísmica que va desde la Cordillera Peninsular hasta el Borde Continental; las variaciones requeridas son menores al ~5% y corresponden a la corteza media e inferior. Las variaciones de valores de las velocidades en la zona hipocentral (corteza superior) son menores al 2%. La significación de las correcciones se mide por la compatibilidad entre los valores de estaciones vecinas y que pertenecen a la misma provincia geológica; además, las correcciones satisfacen aproximadamente la hipótesis de que $V_p/V_s = \sqrt{3}$.

INTRODUCCIÓN

La *corrección de estación* para tiempos de recorrido de ondas sísmicas se estima del valor promedio de los residuales (residual = valor observado – valor calculado) para un conjunto de determinaciones hipocentrales. La bondad de las correcciones implica que los hipocentros están bien determinados y concentrados espacialmente; además, debe haber una relativa homogeneidad estructural en el recorrido de los rayos correspondientes y el modelo de estructura sísmica debe ser apropiado en primera aproximación. Correcciones positivas se asocian a velocidades sísmicas medias más pequeñas que las del modelo. Correcciones negativas se asocian a velocidades más grandes. Las correcciones de tiempos sísmicos para estaciones son importantes por lo siguiente: en primer lugar, permiten utilizar posteriormente los tiempos de esas estaciones con mayor propiedad en el cálculo de hipocentros, reemplazando parcialmente la falta de datos locales; en segundo lugar, entregan evidencias acerca de las estructuras sísmicas recorridas. A este respecto, las tendencias sistemáticas de las correcciones son una medida de la homogeneidad de las estructuras sísmicas muestreadas, así como de la calidad de las determinaciones hipocentrales mismas. Se puede considerar al cálculo de correcciones como la etapa exploratoria del problema mayor de determinar directamente las estructuras sísmicas; en este trabajo, nos limitamos a la etapa exploratoria.

En esta investigación, tomamos 210 determinaciones hipocentrales de buena calidad que provienen del estudio de la microsismicidad asociada a la falla San Miguel, realizado en 1998 y que denominamos SIERRA98 (González *et al.*, 1998; Frez *et al.* 2000b, ver también Frez *et al.*, 2000a); en la selección, usamos el criterio de que al menos tres estaciones de redes regionales reportan tiempos de arribo. Estas redes son la Red Sismológica del Noroeste de México, RESNOM, (v. gr. Medina y Duarte, 1979; Hinojosa, 1990) y la Red Sismológica del Sur de California, SCSN, (v. gr. Nordquist, 1964; Norris *et al.*, 1986). “Buena calidad” significa que la red local reporta lecturas de al menos un par de estaciones a distancias epicentrales menores o del orden de la profundidad del foco sísmico y que el hueco acimutal de estaciones es menor a 180°. Estas condiciones permiten una determinación independiente y precisa de cada coordenada del hipocentro. SIERRA98 funcionó entre mayo y septiembre de 1998 con un máximo de 30 estaciones en los últimos dos meses; las estaciones de esta red local (Figuras 4 y 5) están distribuidas en un rectángulo de 80 km x 40 km. Las magnitudes locales (M_L) de los sismos utilizados en este estudio fluctúan entre 2.1 y 3.6; las profundidades están entre 2 y 20 km, aunque concentrados (~80%) entre 10 y 17 km. La magnitud máxima registrada hizo imposible la obtención de tiempos del arribo P_n ; se necesitan sismos de magnitud mayor que 4.5 para que, en esta región, se obtengan registros claros de estos arribos. El marco tectónico regional se muestra en la Figura 1, donde se marca la zona de cobertura de la red local; la sismicidad tomada del catálogo de RESNOM se ilustra en la Figura 2. La

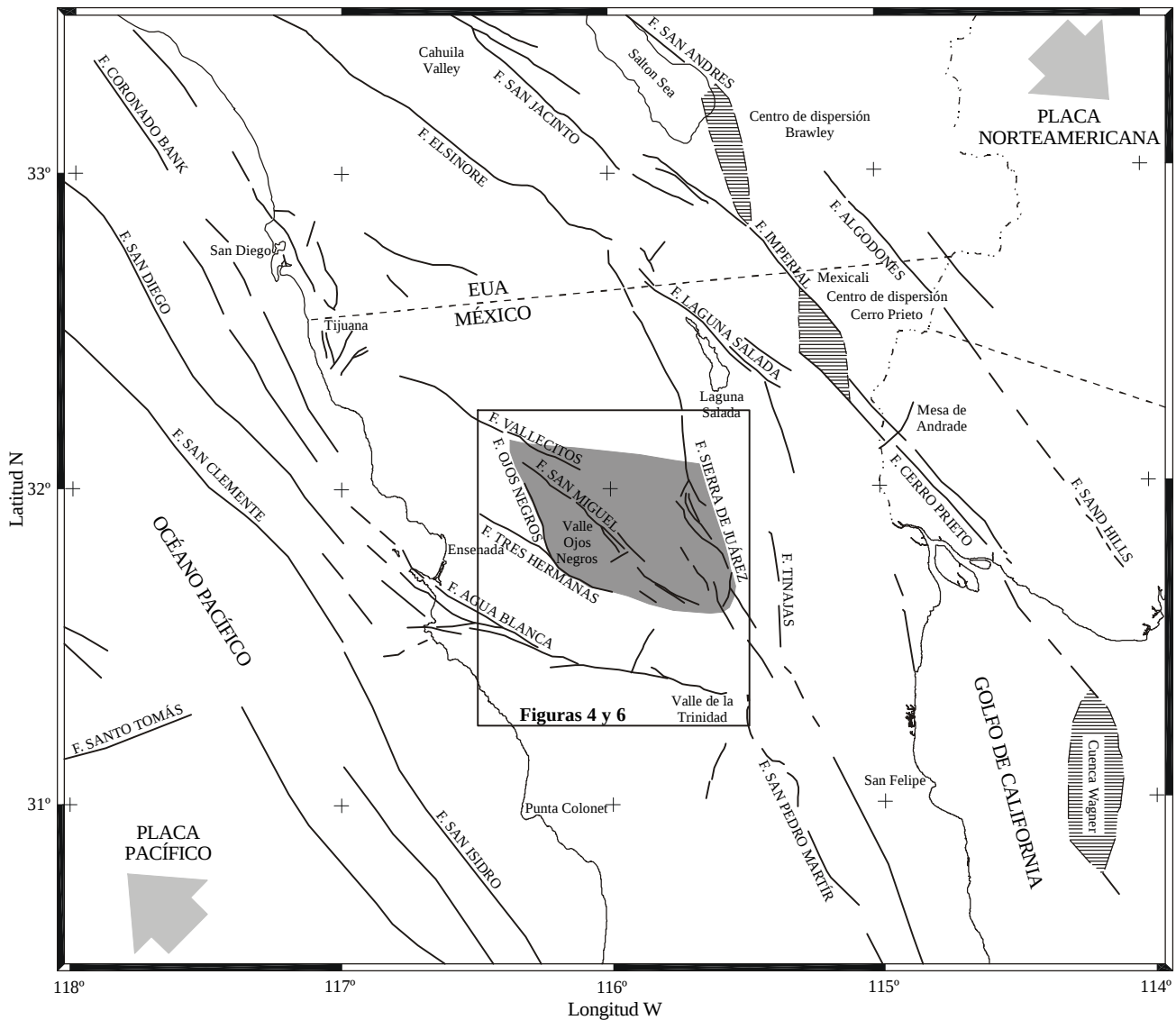


Figura 1. Marco tectónico (basado en Frez y Frías, 1998); la región sombreada muestra la región de estudio, cubierta por una red local (SIERRA98) de estaciones sismológicas. Para detalles de la operación de esta red, ver Frez et al. (2000a) y Frez et al. (2000b).

ubicación de las estaciones locales y regionales se encuentra en la figura 3. La Figura 4 muestra los epicentros de los eventos utilizados. Las figuras 5 y 6 contienen las correcciones resultantes, arribos P y S, para las redes regional y local, respectivamente.

Aspectos relacionados con la sismotectónica del norte de Baja California se pueden encontrar en Frez y González (1991) y Frez y Frías (1998); la primera publicación contiene un resumen acerca de las estructuras sísmicas apropiadas para la región. El límite entre la Cordillera Peninsular y la Cuenca Salton, con un cambio de alrededor de 1500 m de altitud, coincide aproximadamente con la falla Sierra Juárez (Figura 1); la falla Elsinore (Figura 1) marca aproximadamente las altitudes más mayores de la Sierra Peninsular.

METODOLOGÍA

Para calcular las correcciones, utilizamos un procedimiento estándar que se aplica a los eventos seleccionados. En un primer paso, se obtienen residuales promedios para cada estación local; las determinaciones hipocentrales correspondientes utilizan sólo tiempos de arribo de estaciones locales. El cálculo iterativo de hipocentros y correcciones busca convergencia a partir de valores iniciales. La convergencia se mide con respecto a una desviación estándar de los residuales. Al mismo tiempo, se determina la estabilidad de los resultados numéricos con respecto a distintas selecciones de valores iniciales (un valor nulo de la corrección es la selección más común). En un segundo paso, se fijan los hipocentros localmente estimados y se calculan los residuales promedios de las estaciones regionales. Los residuales promedios (locales y regionales) constituyen las correcciones de las estaciones correspondientes. Algunas esta-

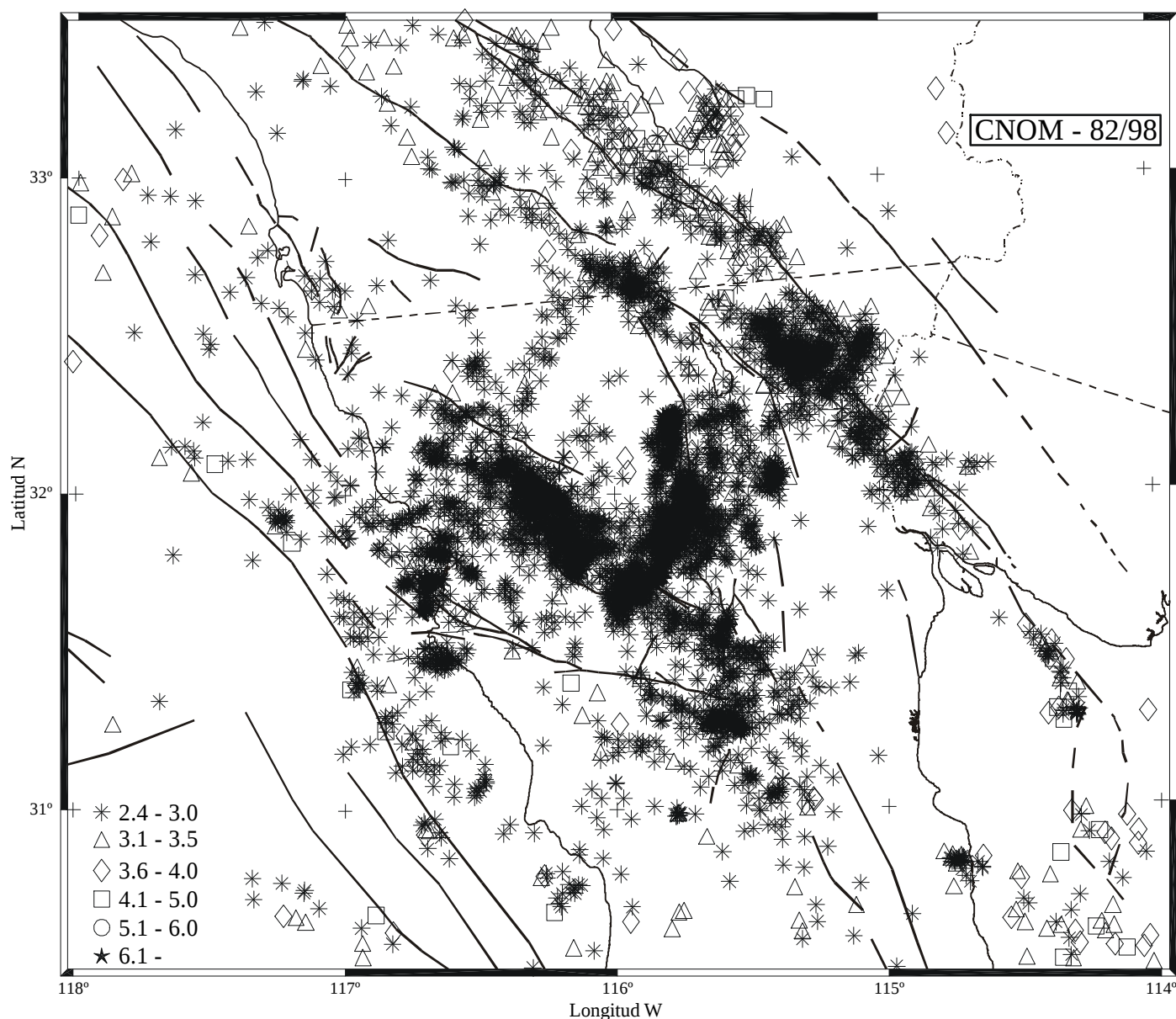


Figura 2. Sismicidad de la región cubierta en la Figura 1 y localizada por la red regional RESNOM entre 1982 y 1998; mapa basado en Frez y Frías (1998).

ciones pueden contribuir local y regionalmente, como en el caso de PGX y RDX; los valores consignados toman en cuenta todos sus tiempos de arribo.

DESARROLLO DEL TRABAJO

De las aproximadamente 1200 determinaciones hipocentrales de alta calidad obtenidas en SIERRA98, se seleccionaron 210 eventos con tiempos de arribo P registrados en al menos tres estaciones de las dos redes regionales. Los epicentros que resultan de este proceso se muestran en la Figura 4. Para el cálculo de hipocentros, utilizamos el programa HYPO71 (Lee y Lahr, 1975); el modelo de estructura sísmica el *Sierra97* (Frez *et al.*, 2000a) que aparece en la Tabla 1; este modelo es una modificación del de Nava y Brune (1982). Todos los tiempos

Tabla 1. Modelo de estructura sísmica *Sierra97* utilizado en los cálculos (Frez *et al.*, 2000).

MODELO SIERRA97		
V _P (km/s)	V _S (km/s)	Profundidad interfase superior (km)
4.60	2.66	0.00
5.75	3.32	0.50
6.57	3.79	5.23
6.95	4.01	19.88
8.02	4.63	42.02

de arribos locales (precisión de 0.01 s a 0.03 s) y de la Red RESNOM fueron leídos por los autores.

Los tiempos de arribo de las estaciones regionales fueron extraídos de los catálogos electrónicos de RESNOM y de la Red del Sur de California. Luego, se aplicó el esquema iterativo ya descrito para calcular los residuales promedios de todas las

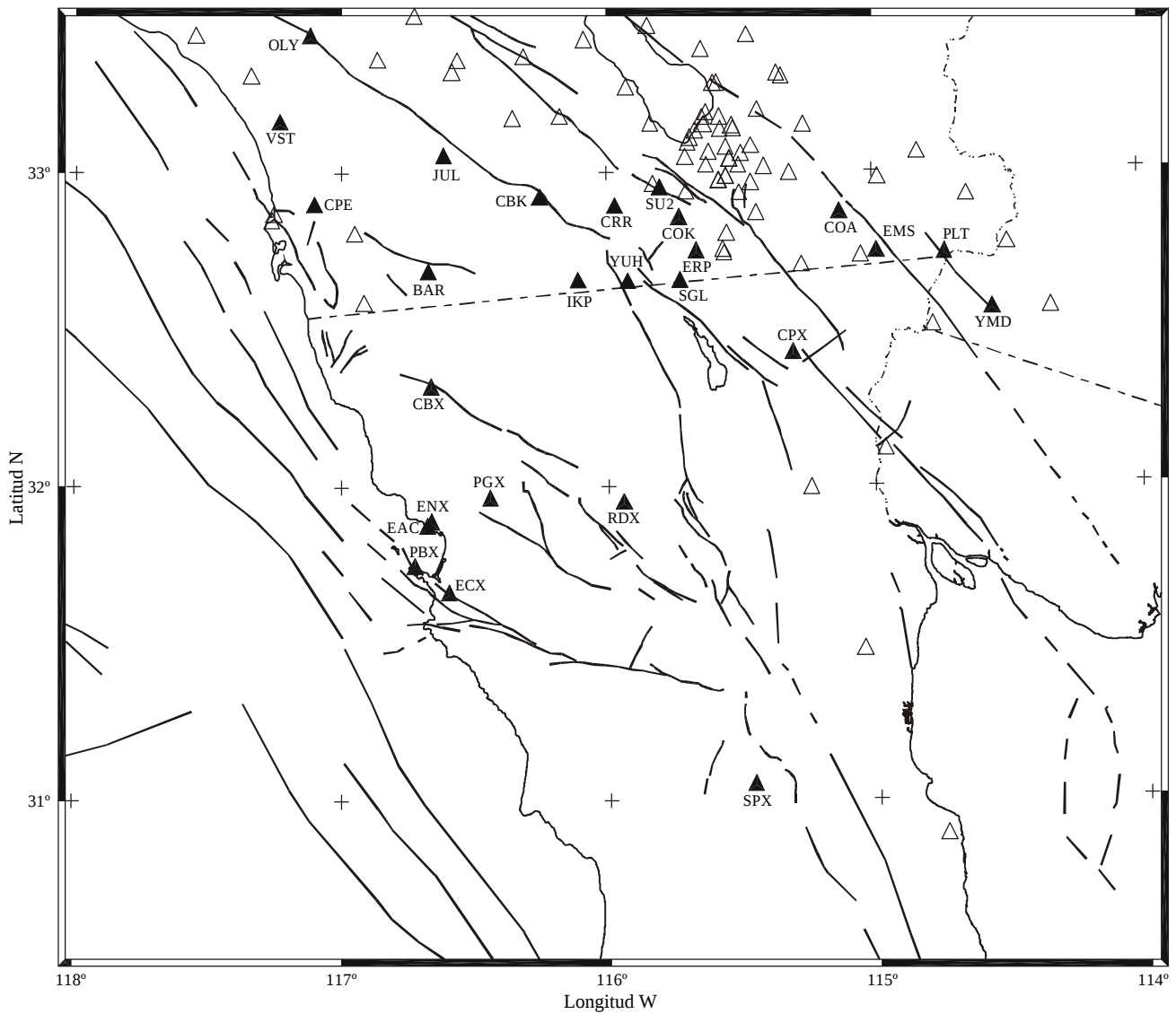


Figura 3. Estaciones sismológicas de las redes regionales de ambas Californias, RESNOM, en el norte de Baja California, y SCSN, en el Sur de California. Se marcan con negritas y con su nombre a las estaciones para las cuales se calcularon correcciones de estación.

estaciones (ondas P y S). Algunas de las estaciones de la red RESNOM no operaron durante el periodo de estudio y, por lo tanto, sólo se reportan resultados para PGX, CBX, RDX, ENX, EAC, ECX, PBX, SPX y CPX. Evaluamos la calidad de cada corrección tomando en cuenta el valor de su desviación estándar. En la primera iteración, revisamos cuidadosamente los valores promedios y su desviación estándar, así como los residuales individuales, con el propósito de corregir valores anómalos de tiempos de recorrido. La compatibilidad entre correcciones de estaciones vecinas, tanto para ondas P como para S, se estudia bajo la hipótesis de que la distribución espacial de las correcciones regionales depende de estructuras sísmicas recorridas por los rayos. El Borde Continental, la Cordillera Peninsular y la Cuenca Salton, particularmente estas últimas, se distinguen fuertemente por sus estructuras sísmicas, aunque cada uno de ellos son relativamente homogéneos y tienen variaciones lentas en sus perfiles NW-SE que se deben principalmente a la profundidad de discontinuidades estructurales (ver, por ejemplo, el resumen de Frez y González, 1991).

Los resultados que se muestran en las figuras 5 y 6 y la Tabla 2 corresponden a las correcciones calculadas con los sismos cuyos epicentros se muestran en la Figura 4, menos algunos que están en la frontera del área cubierta por la red local o que producen resultados inestables. Los valores relativamente altos de desviaciones estándares (tabla 2 y 3) se deben a la heterogeneidad del área de hipocentros y de las trayectorias, a diferencias en profundidades de los focos sísmicos (mayormente, entre 10 y 17 km) y a errores en los tiempos de arribo. No tenemos suficientes hipocentros como para refinar las estimaciones y reducir las desviaciones estándares, separando diferentes rangos de profundidad. Sin embargo, podemos utilizar epicentros agrupados compactamente (v. gr., nidos o racimos de nidos sísmicos). En este trabajo, tomamos dos agrupamientos compactos de hipocentros (Figura 4): uno, con 25 eventos, en el extremo NW del Valle OjosNegros/Falla San Miguel entre LOS8, AGD8, SIE8 y ELO8; el otro, con 63 eventos, entre las estaciones ABL8, ELN8, CCO8 y LPU8. Los resultados para este caso se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Correcciones de estación calculadas con todos los hipocentros localmente determinados (Figura 4) y que tienen arribos al menos en tres estaciones de las redes regionales. STA: estación sismológica; NRES: número de arribos; SRWT: ponderación total, según Hypo71; SDRES: desviación estándar correspondiente; CORR: corrección resultante. Las estaciones están listadas alfabéticamente en el siguiente orden; RESNOM: entre CBX y SPX; SCSN: entre BAC y YUH; Red Local: entre ABL8 y TPI8.

STA	ONDA P				ONDA S			
	NRES	SRWT	SDRES	CORR	NRES	SRWT	SDRES	CORR
CBX	166	343.91	.24	.06	154	206.03	.36	.24
CPX	5	5.44	.48	1.47	3	1.46	.93	2.72
EAC	5	7.08	.06	.13	5	4.88	.13	.49
ECX	98	145.01	.16	.17	93	81.08	.31	.39
ENX	123	167.05	.16	.17	118	95.84	.26	.32
PBX	95	128.71	.17	.32	84	65.99	.26	.63
PGX	173	253.58	.19	.01	170	177.28	.21	.14
RDX	176	236.42	.09	.05	171	146.60	.18	.19
SPX	6	6.07	.16	.41	6	2.33	.20	.80
BAC	3	.68	.09	.07	--	--	--	--
BAR	43	25.40	.31	.06	57	28.07	.36	.04
CBK	43	20.74	.32	.83	4	.89	.25	2.34
COA	5	8.09	.60	1.19	--	--	--	--
COK	10	3.62	.39	1.55	--	--	--	--
CPE	25	11.00	.31	.07	11	6.23	.42	.15
CRR	35	14.15	.26	.92	3	.48	.09	1.27
EMS	6	7.88	.64	1.69	--	--	--	--
ERP	12	3.77	.21	1.42	--	--	--	--
IKP	60	43.34	.23	.45	25	11.22	.30	.40
JUL	54	23.94	.54	.31	22	7.75	.37	.37
LTC	3	.66	.23	-.09	--	--	--	--
OLY	7	1.92	.49	-.26	--	--	--	--
PLT	3	2.49	.60	.67	--	--	--	--
SGL	51	45.21	.25	.72	11	3.44	.53	1.50
SU2	9	3.43	.22	.95	--	--	--	--
VST	3	1.55	.11	-.05	--	--	--	--
YMD	10	22.31	.40	1.52	5	12.29	.34	2.36
YUH	64	60.44	.17	.36	33	19.43	.32	.35
ABL8	145	123.41	.07	.01	144	105.64	.13	.12
ACA8	130	184.46	.37	-.09	128	154.65	.19	.06
AGD8	46	84.73	.07	-.11	46	72.39	.10	-.03
ARM8	66	55.75	.11	.15	61	44.55	.13	.25
CAM8	32	26.26	.15	.14	30	17.00	.27	.28
CCO8	159	117.08	.12	-.11	157	93.92	.17	-.06
ELA8	172	194.86	.13	-.06	163	153.95	.12	.04
ELN8	51	39.75	.06	-.01	51	30.90	.14	.03
ELO8	36	56.98	.10	-.03	36	47.96	.17	.14
EPO8	115	83.63	.15	.02	103	58.33	.24	.23
EWA8	39	62.29	.09	-.11	38	46.78	.13	-.08
GON8	144	154.72	.09	-.08	144	127.85	.14	-.01
HER8	93	74.64	.10	-.09	93	62.88	.16	-.01
K618	121	88.31	.16	-.07	113	58.07	.28	.03
LAE8	125	174.26	.11	-.18	126	149.59	.17	-.22
LAS8	148	154.71	.10	.06	146	132.03	.13	.21
LCA8	91	88.56	.14	-.13	86	67.71	.17	-.03
LOS8	78	80.30	.16	.03	75	65.40	.21	.24
LPO8	85	83.63	.14	-.23	69	58.84	.28	-.32
LPU8	103	98.64	.11	.11	92	69.75	.22	.12
MAR8	45	40.97	.12	-.10	43	31.97	.16	-.08
PAP8	123	164.85	.08	-.19	112	106.68	.13	-.24
ROM8	77	67.51	.06	.17	75	56.41	.14	.43
RVI8	10	10.51	.12	-.01	10	9.57	.18	.10
RVS8	141	138.29	.11	.00	132	101.97	.22	.10
SCA8	49	41.57	.15	-.19	43	34.12	.20	-.22
SEM8	127	130.64	.10	-.11	123	105.81	.12	-.05
SIE8	49	97.31	.11	-.04	50	80.17	.12	.04
SIO8	101	119.83	.10	-.05	98	88.90	.15	-.04
TPI8	85	111.46	.10	.04	83	90.02	.16	.17

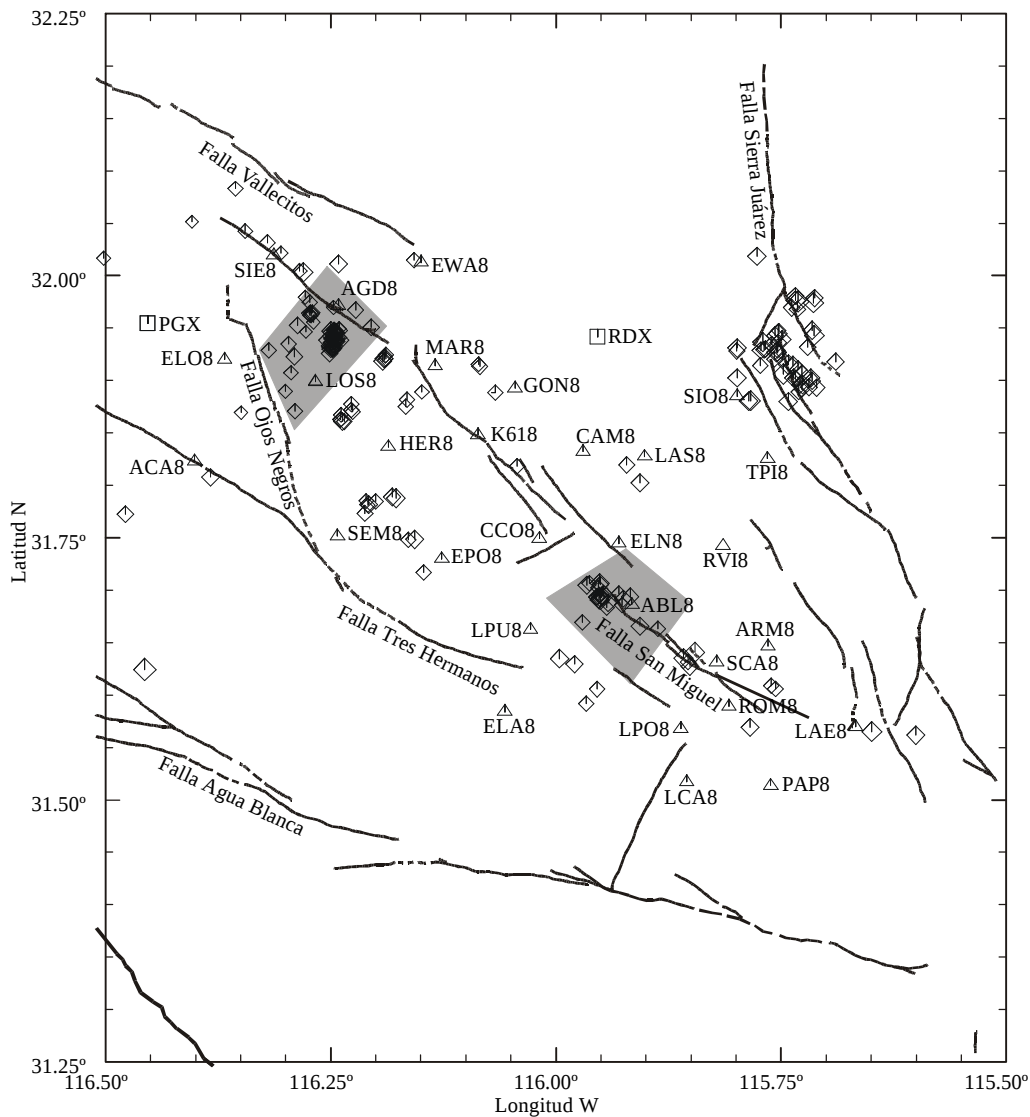


Figura 4. Mapa con los epicentros seleccionados para este trabajo, tomados de un total de ~1200 determinaciones de SIERRA98, con la condición de que tengan arribos registrados en al menos tres estaciones de las redes regionales RESNOM y/o SCSN. Los cuadriláteros encierran las agrupaciones compactas de epicentros que se mencionan en el texto.

RESULTADOS

Las correcciones obtenidas a partir de todos los hipocentros (Tabla 2 y Figura 5) muestran varias sistematicidades. Las correcciones de las estaciones RESNOM para los arribos P son todas positivas, con valores más altos (0.35s-0.45s) para las estaciones PBX y SPX y muy alto (1.5s) para CPX; las correcciones de las estaciones RDX y PGX (menores a 0.1s) se calcularon primero local y, luego, regionalmente (con arribos no considerados “locales”). Los recorridos hacia CPX contienen una alta heterogeneidad estructural con el paso desde la estructura de la Sierra Peninsular hasta el flanco oeste del Valle Mexicali. Las restantes estaciones tienen correcciones positivas relativamente pequeñas y están ubicadas hacia la costa. Las correcciones positivas sugieren una velocidad promedio más baja que la de *Sierra97* en la corteza media para la Sierra Peninsular y la costa. Los tres valores más altos mencionados de correc-

ciones para onda P se asocian también a valores grandes para la onda S, con un factor entre 1.5s y 2.0s que se interpreta como una conducta poissoniana aproximada de las estructuras ($V_p/V_s = \sqrt{3}$). No podemos comprobar estadísticamente esta hipótesis cuando las correcciones son pequeñas, con diferencias dentro de las desviaciones estándares correspondientes.

Las correcciones de las estaciones de la SCSN para los arribos P se dividen entre las asociadas a estaciones que están en el Valle Imperial y su flanco W, (SU2, CRR, COA, COK, ERP, EMS, PLT, YMD y SGL) con valores positivos y cercanos o mayores que 1s (de acuerdo con la corrección de CPX); mientras que las que están en la Sierra y el Borde Continental tienen valores pequeños o moderados y casi siempre positivos. Las correcciones de las estaciones IKP (0.45 s) y CBK (0.83 s) son intermedias entre los valores altos del valle y los bajos de la costa; las correspondientes altitudes, 957 m y 414 m, son

Tabla 3. Correcciones de estación basadas en dos agrupaciones espaciales y muy compactas de hipocentros. Agrupación 1 (63 eventos): entre las estaciones ABL8, ELN8, CCO8 y LPU8; agrupación 2 (25 eventos): entre las estaciones LOS8, AGD8, SIE8 y ELO8. Las estaciones están listadas alfabéticamente en el siguiente orden; RESNOM: entre CBX y RDX; SCSN: entre BAR y YUH; Red Local: entre ABL8 y TPI8.

STA	ONDA P				ONDA S			
	NRES1	CORR1	NRES2	CORR2	NRES1	CORR1	NRES2	CORR2
CBX	10	-.05	56	.03	10	.19	56	.18
EAC	--	--	4	.12	--	--	4	.49
ECX	13	.14	30	.13	12	.23	30	.48
ENX	15	.27	42	.12	10	.36	38	.22
PBX	14	.27	25	.26	9	.60	20	.60
PGX	22	.11	59	-.04	20	.21	59	.09
RDX	22	.21	57	.11	22	.27	53	.35
BAR	3	.27	10	-.07	5	.21	16	-.23
CBK	--	--	12	.66	--	--	--	--
CPE	--	--	11	-.05	--	--	4	.01
CRR	--	--	10	.76	--	--	--	--
IKP	4	.72	15	.30	3	.71	6	.17
JUL	4	.53	15	-.18	3	.75	5	.31
SGL	4	.86	12	.56	--	--	--	--
YUH	6	.51	17	.34	--	--	7	.32
ABL8	20	.07	48	.01	20	.10	47	.17
ACA8	16	.06	43	-.13	17	.14	42	-.03
AGD8	6	-.04	13	-.10	6	.05	13	-.03
ARM8	9	.24	23	.22	9	.35	23	.35
CAM8	4	-.17	6	.31	4	-.40	6	.58
CCO8	22	.02	53	-.18	22	-.01	53	-.16
ELA8	25	.04	58	-.16	25	.07	59	-.06
ELN8	7	.00	17	.03	6	.00	17	.11
ELO8	5	.08	12	-.02	5	.26	12	.14
EPO8	16	-.25	33	.13	16	-.51	31	.42
EWA8	5	.11	12	-.11	5	.05	12	-.08
GON8	17	-.01	47	-.09	16	-.09	47	-.04
HER8	11	-.05	27	-.14	9	-.07	28	-.08
K618	19	-.33	38	.10	19	-.59	35	.32
LAE8	20	-.06	40	-.10	20	-.08	39	-.17
LAS8	19	.12	43	.14	18	.17	41	.36
LCA8	17	-.07	27	-.24	17	.00	26	-.16
LOS8	11	.17	29	.05	10	.26	28	.30
LPO8	16	-.16	23	-.34	15	-.28	14	-.30
LPU8	16	.06	29	.20	16	-.07	25	.55
MAR8	8	.06	12	-.16	8	.06	12	-.12
PAP8	16	-.17	42	-.26	15	-.20	37	-.39
ROM8	13	.25	25	.21	13	.51	21	.54
RVS8	18	-.06	46	.05	18	-.11	38	.09
SCA8	5	-.11	15	-.25	5	-.21	11	-.18
SEM8	17	.09	42	-.16	16	.01	41	-.06
SIE8	4	.23	18	-.07	5	.33	18	.01
SIO8	11	-.10	31	.00	11	-.25	31	.03
TPI8	9	-.04	26	.16	8	.00	27	.38

ilustrativas para su interpretación. Las correcciones para las estaciones JUL (0.31 s) y OLY (-0.26 s) indican que el modelo *Sierra97* es adecuado para las altitudes máximas de la Sierra Peninsular mientras que los valores de BAR (0.06 s), CPE (0.07 s) y VST (-0.05 s) permiten una conclusión semejante para la zona entre la anterior y la costa. La magnitud de las correcciones indica pequeños cambios en las velocidades equivalentes o menores al 5% en la parte media y profunda de la corteza. Las correcciones pequeñas hacia la costa coinciden con una conducta semejante de las estaciones (excepto PBX) correspondientes de RESNOM. Como para el caso de las estaciones RESNOM, las correcciones de la onda S están dentro de un factor de 1.5 a 2.0 de la corrección del arribo P en los casos en

que la comparación tiene significación (tomando en cuenta las desviaciones estándares correspondientes); excepciones notables son los casos de IKP, YUH y JUL.

Las estaciones de la red local tienen, en su mayoría, correcciones negativas (sombreadas en la Figura 5) y pequeñas en valor absoluto (menores a 0.10 s), lo que sugiere velocidades marginalmente mayores (a lo más del 2%) que las de *Sierra97* dentro de los primeros 15 km de profundidad.

Las correcciones calculadas para estaciones regionales a partir de agrupaciones espaciales de hipocentros muestran una menor desviación estándar y las tendencias generales ya descritas se mantienen (Tabla 3). Cuantitativamente, estas correccio-

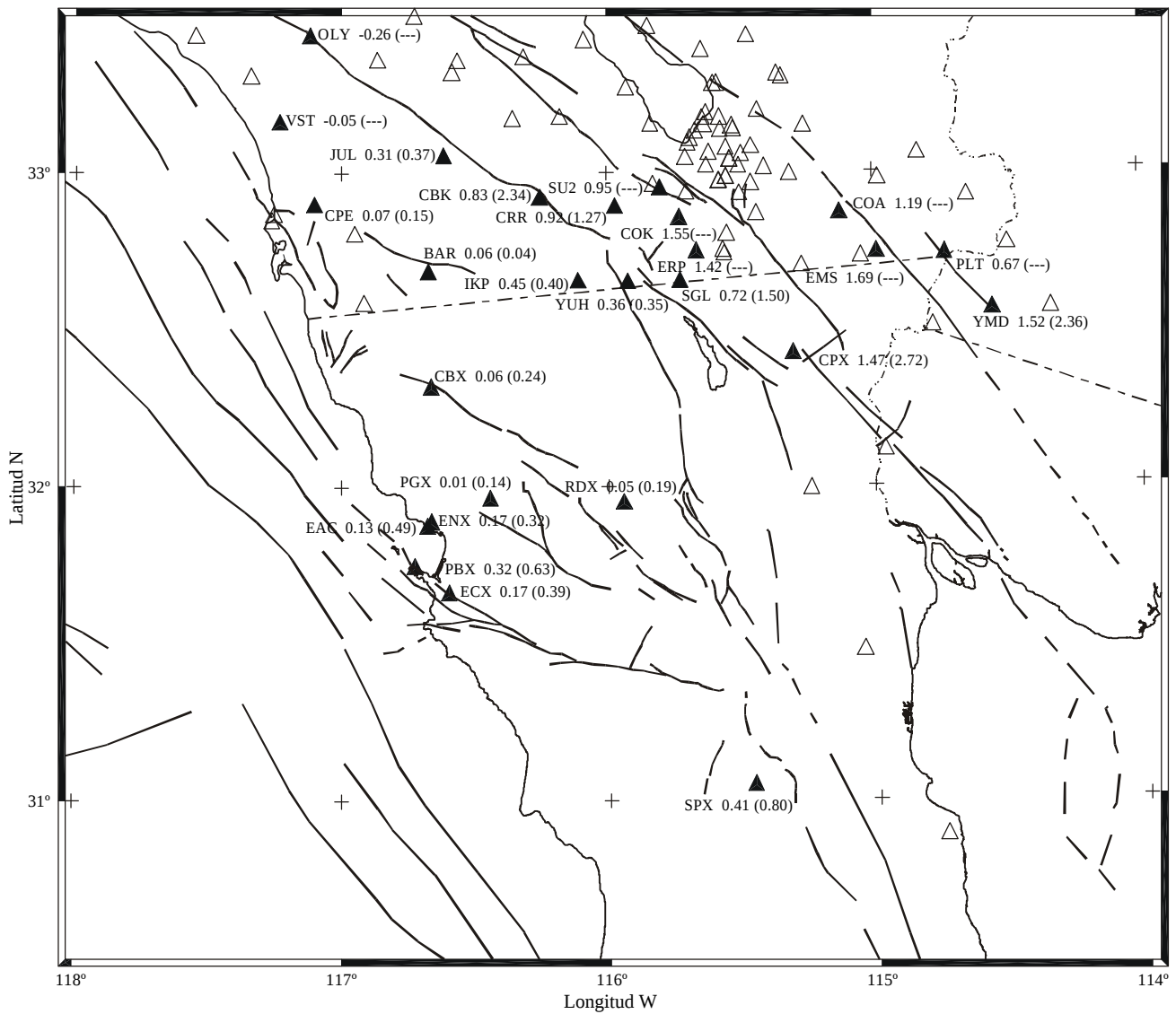


Figura 5. Correcciones de estación de las redes regionales para los arribos primarios P y S; el valor entre paréntesis corresponde a la corrección de la onda S. Las correcciones son calculadas a partir de todos los hipocentros mostrados en la Figura 4 y listados en la Tabla 2. La corrección entre paréntesis corresponde a la de onda S.

nes se ubican dentro del intervalo formado por la corrección calculada con todos los hipocentros y con una variación de una desviación estándar; las excepciones a esta regla son las correcciones de onda P para PGX y RDX (estaciones locales). Siendo estas correcciones pequeñas, la relación entre la de los arribos P y S reflejan predominantemente el error en determinar los tiempos, mayor para S que para P. Estas correcciones de estaciones locales dependen del agrupamiento hipocentral correspondiente; su estudio detallado debe incluir todos los ~ 1,200 hipocentros determinados en SIERRA98.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Utilizamos determinaciones hipocentrales locales de alta calidad para calcular correcciones de estaciones tanto locales como regionales. El método iterativo converge en sólo tres pa-

sos, alcanzándose convergencia en la cuarta iteración, tanto en tiempos de P como de S, con una convergencia más lenta, pero aún clara, dentro de las tres iteraciones para el segundo caso.

Las tendencias anotadas parecen ser significativas; las concordancias de las correcciones para ondas P y S a través de un modelo poissoniano de estructura y las tendencias espaciales encontradas son indicativas en este respecto. Debe enfatizarse que las correcciones de estación son función de la configuración de la red local, del agrupamiento espacial de los hipocentros utilizados y del modelo estructural utilizado; nos parece que los datos de SIERRA98 utilizados son adecuados para este cálculo.

Los resultados indican velocidades medias algo más bajas (no más del 5 %) para recorridos en la corteza media e inferior; una relativa concordancia en el eje de la Sierra Peninsular (para el cual se estimó el modelo Nava-Brune) y en la dirección de la

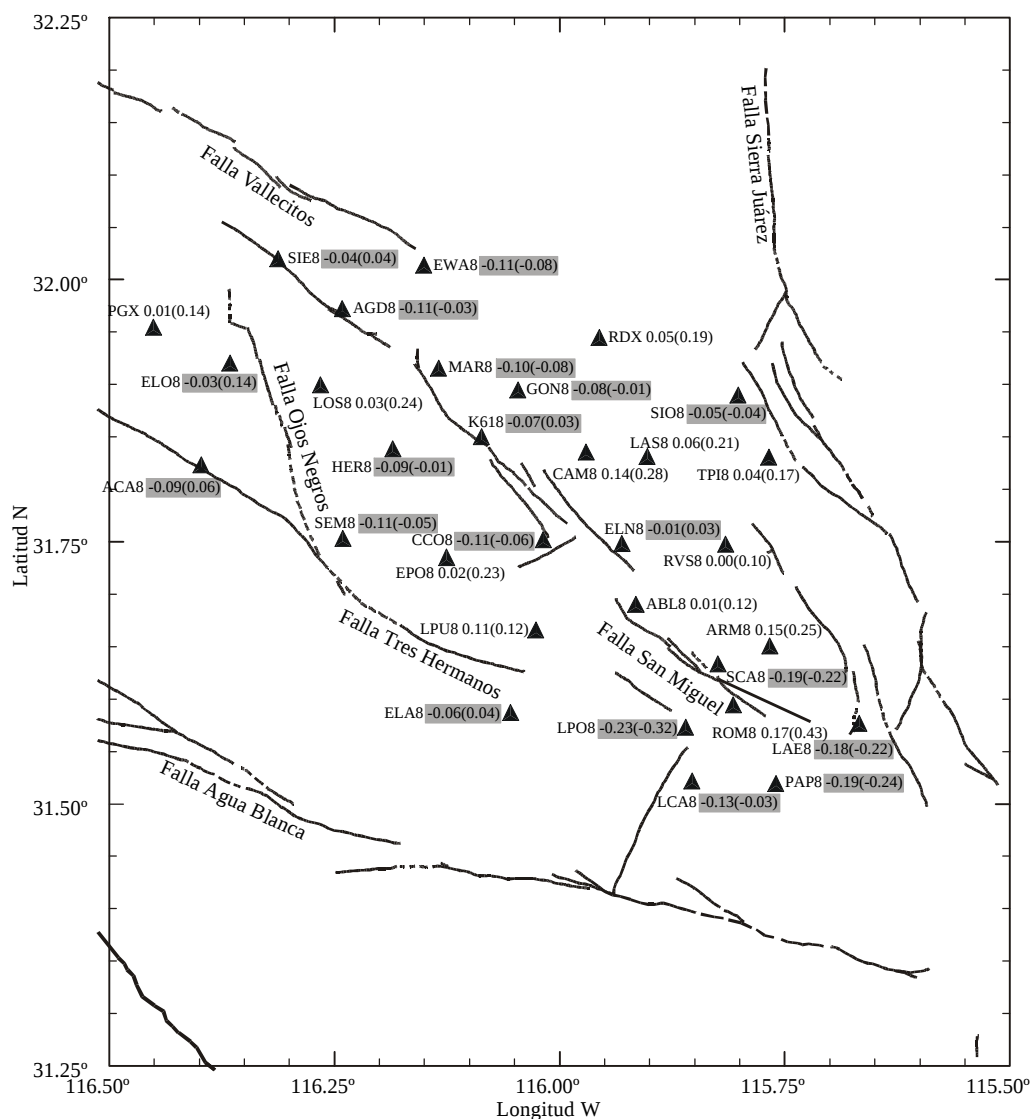


Figura 6. Correcciones de estación de las redes locales para los arribos primarios P y S; el valor entre paréntesis corresponde a la corrección de onda S. Las correcciones son calculadas a partir de todos los hipocentros mostrados en la Figura 4 y listados en la Tabla 2. Las estaciones PGX y RDX pertenecen a RESNOM. Los valores sombreados tienen correcciones negativas.

costa. La preponderancia de correcciones negativas y pequeñas dentro de la red local sugiere una velocidad media marginalmente más alta (no más del 2%) que la de *Sierra97*, en los primeros 15 km de profundidad (ya que la mayoría de los recorridos se realizan en la corteza superior). Un estudio más detallado de las correcciones de las estaciones de la red local basado en todas las determinaciones hipocentrales (y no sólo en aquellos eventos con registros en estaciones regionales como se especifica en este estudio) y el trabajo asociado de modificar el modelo *Sierra97* es materia de un trabajo separado.

AGRADECIMIENTOS

La operación de SIERRA98 fue financiada por CONACYT (Proyecto 25309-T) y CICESE; la instrumentación fue prestada por IRIS/PASSCAL. Agradecemos al USGS/CalTech y RESNOM por permitirnos el uso de los datos regionales, así

como también al resto de los participantes del proyecto 25309-T. R. Eaton colaboró con la administración del proyecto y en la edición del manuscrito. Agradecemos a los revisores y a F. Suárez por comentarios e información que han mejorado la presentación del artículo.

REFERENCIAS

- Frez, J. y J.J. González (1991). Crustal structure and seismotectonic of northern Baja California, *en* American Association Of Petroleum Geologists Memoir #47, *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*, B. Simoneit y J.P. Dauphin, ed., 261-283, Tulsa, Oklahoma, EEUU.
- Frez, J. y V.M. Frías (1998) Mapas anuales de sismicidad para la región fronteriza de ambas Californias, *GEOS*, Vol. 18, pp 112-130.

- Frez, J., J.J. González, J.G. Acosta, F.A. Nava, I. Méndez, J. Carlos, R.E. García-Arthur, and M. Alvarez (2000a) A detailed microseismicity study and current stress regime in the Peninsular Ranges of northern Baja California, Mexico: the Ojos Negros Region, *Bulletin Seismological Society of America*, vol. 90, pp. 1133-1142.
- Frez, J., J.J. González, J.G. Acosta, F.A. Nava, H. Fabriol, M. Alvarez, G. Arellano, J. Carlos, R.E. García-Arthur, I. Méndez y F. Farfán (2000b) Monitoreo de sismicidad con redes locales en el norte de Baja California, 2a. Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, GEOS, vol. 20, p. 232.
- González, J.J., J. Frez, L. Orozco, R. Ochoa, I. Méndez, F. Carrillo, G. Arellano, O. Gálvez, R. Eaton, J. Acosta, A. Nava, A. González, A. González, A. Ortega y M. Alvarez (1998). Verano del '98: Un sondeo de microsismicidad en el corazón del norte de Baja California, Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, GEOS, Vol. 18, p. 343.
- Hinojosa, A. (1990). Procesado de archivos sísmicos RESNOR en estaciones de trabajo SUN, Reporte Técnico Interno, CIST9001, CICESE, Ensenada, B.C., México, 25 pp.
- Lee, W.H. and J.C. Lahr (1975). HYPO71 (revised): a computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, USGS Open-File Report 75-311, 114 pp.
- Medina, M. and C. Duarte (1979). Red sismológica de telemedición digital del campo geotérmico de Cerro Prieto, Mexicali, Second Symposium on the Cerro Prieto Geothermal Field Proceedings, Comisión Federal de Electricidad, Mexicali, México, pp. 355-368.
- Nava, F.A. y J.N. Brune (1982) An earthquake-explosion reversed refraction line in the Peninsular Ranges of Southern California and Baja California Norte, *Bulletin Seismological Society of America*, vol. 72, pp. 1195-1206.
- Nordquist, J.M. (1964). A catalogue of southern California earthquakes and associated electronic data processing programs, *Bulletin Seismological Society of America*, vol. 54, pp. 1003-1011
- Norris, R., C. Johnson, L. Jones, and K. Hutton (1986). The southern California Network Bulletin, USGS Open-File Report 86-96, 32 pp.

RUPTURA DE LA LITÓSFERA CONTINENTAL EN LA REGIÓN DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SALTON TROUGH. REPORTE DEL TALLER MARGINS DE PUERTO VALLARTA

Arturo Martín-Barajas¹, Mike Steckler² y Joann Stock³

¹ División de Ciencias de la Tierra, CICESE, Ensenada, B. C., México 22860.

² Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, N.Y., 10964, EUA

³ Division of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology, Pasadena, Cal. 91125, EUA

INTRODUCCIÓN

Del 27 al 29 de octubre del 2000 se llevó a cabo en Puerto Vallarta, Jalisco, el taller sobre “Ruptura de la Litósfera Continental en la Región del Golfo de California y Salton Trough”. Este taller fue auspiciado por la Unión Geofísica Mexicana y el programa MARGINS de la National Science Foundation (NSF). El objetivo del mismo fue en discutir el estado del conocimiento sobre los procesos de *rifting* que operan en el Golfo de California, ya que ésta es una de las dos áreas seleccionadas por la iniciativa del programa MARGINS para el estudio de la ruptura de la litósfera continental. Al taller asistieron 56 científicos de Estados Unidos y 32 de instituciones mexicanas y consistió en la presentación de ponencias y carteles, incluyendo discusiones sobre diversos tópicos relacionados con esta iniciativa.

En las últimas dos décadas se han logrado avances sustantivos en lo que respecta a la comprensión de la cinemática de los procesos de *rifting* continental. El tema “Ruptura de la Litósfera Continental” (RLC) se seleccionó como una de las iniciativas científicas de MARGINS debido a que, no obstante los avances logrados en los últimos años, aún se desconocen muchos de los aspectos físicos asociados con este proceso, quedando todavía muchas preguntas por responder sobre los mecanismos y patrones de distribución de la deformación y el magmatismo asociados al proceso de *rifting*. En una reunión previa a la de Puerto Vallarta, en enero del 2000, en Snowbird, Utah, se realizó un taller y un curso corto con el tema “RUPTURING OF THE CONTINENTAL LITHOSPHERE”. En esa ocasión se formuló un plan científico para enfocar las investigaciones sobre la mecánica de fallamiento, distribución de la deformación y el emplazamiento del magma en regiones de *rifting* continental activo, en donde actualmente ocurre la transición a dispersión oceánica. Las dos áreas seleccionadas fueron el Golfo de California y el Mar Rojo (MARGINS Newsletter no. 5, Otoño 2000). Derivado de esta selección, en el taller de Puerto Vallarta, se discutieron los estudios requeridos para entender mejor los procesos de ruptura continental y revisar el avance de los estudios en el Golfo de California y Salton Trough. El taller se diseñó de manera que los investigadores que no habían realizado trabajos en esta región, o que no habían trabajado en procesos de *rifting*, pudieran familiarizarse con el estado actual de las investigaciones más relevantes e identificar cuáles son las

oportunidades científicas que existen en la región del Golfo de California. El taller también fue un foro en donde se encontraron investigadores mexicanos y estadounidenses para explorar posibles colaboraciones relacionadas con el tema del taller, el cual precedió la 2a. Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra.

ACTIVIDADES PRINCIPALES

El taller inició con unas palabras de bienvenida por Arturo Martín Barajas y con presentaciones de las instituciones a cargo del apoyo a la ciencia en México y Estados Unidos: el representante de NSF (Bilal Haq) y el representante del CONACYT (Jesús Cervantes Servín), seguidos de una presentación de Garry Karner de la Oficina de MARGINS. La información de los representantes de NSF y de MARGINS sirvió para que los científicos mexicanos se enteraran del funcionamiento de este programa y de su nivel de financiamiento, ya que MARGINS no es muy conocido en México. A su vez, la presentación del Fis. Cervantes Servín fue informativa para los científicos de Estados Unidos y les ayudó a comprender el papel del CONACYT en apoyo a la ciencia en México.

Las sesiones científicas iniciaron con una presentación acerca de las principales interrogantes sobre los procesos de *rifting* y una discusión sobre cuáles de estas cuestiones podrían ser resueltas con estudios en la región del Golfo de California y el Salton Trough. Los temas generales sobre procesos de *rifting* se presentan detalladamente en el plan científico de la iniciativa RLC (<http://www.ldeo.columbia.edu/margins/RCLdraft.pdf>).

Los temas que destacan son:

1. Fuerzas que conducen el inicio y desarrollo de un *rift*.
2. Ubicación y condiciones del inicio de un *rift* en diferentes ambientes.
3. Comportamiento del *rift* como un sistema termomecánico (leyes de flujo reológico y papel del fallamiento en un medio quebradizo, incluyendo falla normales de bajo ángulo).
4. Escala de la deformación de la corteza inferior durante el proceso de *rifting*.
5. Transferencia de calor hacia y dentro de la litósfera durante el proceso de *rifting*.

6. Distribución de la deformación extensional y transcurrente a profundidad y en superficie.
7. Procesos que controlan la arquitectura del *rift*.
8. Rol de los fluidos durante el proceso de *rifting*.
9. Entendimiento de la temporalidad, la cinemática y la reología de la transición de extensión continental a dispersión oceánica.
10. Composición y origen de la corteza transicional generada durante el proceso de *rifting*.

Las sesiones consistieron de varias presentaciones orales, posters y discusiones. Estas sesiones se organizaron bajo los siguientes tópicos generales:

- Observaciones de la corteza inferior y el manto litosférico en la región del Golfo de California.
- Observaciones de la corteza superior en Baja California y el Salton Trough.
- Observaciones en la corteza superior, volcanismo y flujo de calor al este del Golfo de California y en la provincia del *Basin and Range*.
- Evolución de las cuencas y de la corteza en la parte marina del Golfo de California.
- Estudios análogos y estudios teóricos.

La discusión durante las sesiones permitió a los participantes entender los trabajos en curso y la orientación de las propuestas para investigaciones futuras. La reunión concluyó con una descripción de algunos proyectos relevantes para la RLC en el Golfo de California, pero que se han presentado en otros programas de NSF (por ejemplo *Continental Dynamics*). El taller también incluyó una discusión de la logística, los aspectos legales y la normatividad para realizar trabajos en México, que estuvo dirigida principalmente a científicos de instituciones extranjeras. Al final se discutieron tópicos diversos de interés general.

HISTORIA GEOLÓGICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

La región del Golfo de California y el Salton Trough comprende el límite de placas Pacífico-Norteamérica del sur de California y el noroeste de México. A lo largo de esta región, el límite cambia de carácter oceánico a continental. En la porción sur, la litósfera se ha abierto por completo propiciando la creación de piso oceánico, en tanto que, en la mitad norte, aún no se ha formado nueva corteza oceánica y el desplazamiento de las placas está ocurriendo a lo largo de una zona con deformación extensional de carácter continental. Esta región se conoce como Provincia Extensional del Golfo (PEG), la cual se une y confunde con la provincia del *Basin and Range* del sur de California y noroeste de México, donde la mayor parte de la deformación es más antigua.

En las cuencas del norte del golfo se desconoce la naturaleza y la composición de la corteza y de la litósfera, mientras que las cuencas del sur del golfo tienen ya un carácter oceánico. La Cuenca Alarcón, la más meridional, presenta una cresta y profundidades típicas de dorsal oceánica, con anomalías magnéticas que llegan al cron 2a (3.4 Ma). Las cuencas en la parte central del Golfo de California (e.g. Cuenca de Guaymas) presentan anomalías magnéticas axiales más estrechas, que se han interpretado como la respuesta de rocas intrusivas jóvenes de carácter máfico; sin embargo, ha sido imposible reconocer anomalías magnéticas simétricas en estas cuencas. En contraste, las cuencas en el norte del golfo (por ejemplo Cuencas Delfín) presentan una batimetría somera, con fallas normales distribuidas y afloramientos de rocas ígneas muy restringidos y cubiertas de sedimentos que no producen anomalías magnéticas simétricas. En el límite norte, el Salton Trough contiene cuencas colmadas de sedimentos en condiciones subaéreas; sin embargo, las observaciones geológicas y geofísicas en el Salton Trough son consistentes con la presencia de una corteza nueva que está en formación. Este proceso, al parecer, está representado por diques máficos que intrusionan y metamorfizan una gruesa secuencia de sedimentos terrígenos, pero no han producido corteza oceánica típica. En síntesis, la naturaleza de la corteza en la mitad norte del golfo podría ser igual a la nueva corteza que se ha identificado en el Salton Trough, o podría tratarse de corteza continental extendida, o una combinación de las dos.

La naturaleza de los límites transformes también cambia de sur a norte. Las fallas transformes en la porción sur del Golfo de California parecen ser de carácter oceánico. Sin embargo, contrario a lo que se observa en esta parte del golfo, al norte del sistema de falla transforme Ballenas, las cuencas Delfín y Wagner no están separadas por fallas transformes discretas, sino que, parecen traslaparse con complicadas zonas de falla que las separan y que tienen una orientación oblicua a la dirección del movimiento de placas.

Una característica importante de este sistema de *rift*, es su relación a una historia compleja de la tectónica de placas al oeste de Norteamérica. Antes del desarrollo del golfo había subducción de la Placa Farallón, dirigida al este, mientras que la Placa Pacífico se ubicaba al oeste. Cuando la Placa Pacífico se puso en contacto con la Placa Norteamérica, la subducción cesó a lo largo de la Península de Baja California a medida que la junta triple entre las placas Pacífico-Farallón-Norteamérica migraba hacia el sur. Esta junta triple dio un salto hacia su posición actual hace aproximadamente 12 Ma, y el límite al oeste de Baja California Sur experimentó un cambio tectónico mayor: de una zona de subducción de las microplacas Magdalena y Guadalupe, remanentes de la Placa Farallón, a una zona transtensiva de movimiento relativo entre las placas Norteamérica y Pacífico. La mayor parte de la extensión documentada en las márgenes del Golfo de California en la península, debió ocurrir después de este cambio tectónico (<12 Ma). En contraste, la mayor parte de la extensión en la margen continental de Sonora fue más temprana (25-12 Ma) y en una posición intraarco y trasarco con respecto a la subducción y al arco miocénico.

La actividad magmática relacionada al arco volcánico se extendió a lo largo de la porción oriental de la Península de Baja California. Esta actividad cesó progresivamente a medida que la junta triple migraba hacia el sur. La actividad volcánica andesítica fue seguida por un volcanismo bimodal (basalto-riolita, que incluye erupciones ignimbríticas) y por otra actividad localmente diversa que incluye composiciones alcalina, toleítica y calcoalcalina. Algunas de estas manifestaciones volcánicas continuaron su actividad durante el desarrollo del rift en el Mioceno tardío, Plio-Cuaternario y aún durante el Holoceno.

La extensión en el Golfo de California parece haber ocurrido en dos etapas. Durante la primera etapa, o etapa del protogolfo, la Península de Baja California actuó como una microplaca confinada entre las placas de Norteamérica y Pacífico, de tal forma que la abertura temprana del golfo se suma al movimiento total entre estas dos placas. Esta etapa temprana del rift debió tener un movimiento más ortogonal con el desplazamiento de rumbo ubicado fuera del protogolfo y posiblemente a lo largo del borde continental del Pacífico. Durante la segunda fase, la Península de Baja California debió estar esencialmente adherida a la Placa Pacífico, de manera que el desplazamiento posterior a 6 Ma, durante la abertura del golfo, representa el movimiento oblicuo Pacífico-Norteamérica.

En general, se piensa que la magnitud de la abertura del Golfo de California es de aproximadamente 300 km, con un desplazamiento a rumbo de similar magnitud. Sin embargo, en la porción sur del golfo existe un máximo de 180 km de corteza oceánica, por lo que debe haber un desplazamiento adicional que fue acomodado en algún otro sitio, probablemente por extensión continental y/o formación de corteza transicional durante el proceso de *rifting*. Los detalles de esta distribución de la deformación constituyen uno de los objetivos de primer orden de la iniciativa de RLC. Aún más, las variaciones en el estilo estructural del sistema de *rift* y la naturaleza de la transición continente-oceano son necesariamente independientes de la dispersión, ya que gran parte de la península se ha movido como un bloque rígido y las tasas netas de movimiento han sido constantes a lo largo del Golfo de California. En este caso, queda por definir cuáles son los factores que controlan las variaciones estructurales a lo largo del *rift*.

La margen noroeste del Golfo de California presenta una segmentación estructural que se ha atribuido a una tectónica de fallas tipo *detachment*. La segmentación del sistema actual del límite de placas podría estar relacionada con la segmentación temprana del rift; sin embargo, esta idea requiere aún verificarse en gran parte de la margen del golfo. Aun queda por aclarar con mayor detalle la relación entre las estructuras ortogonales del rift observadas en tierra y el sistema oblicuo de fallas transformes y crestas en el golfo, y su traslape en el tiempo. Además, es necesario investigar si las estructuras terrestres y su conexión con las estructuras marinas ejercen algún control en la ubicación actual de la zona de transición del rift con carácter continental, en el norte, y en las cuencas con carácter oceánico del sur del golfo.

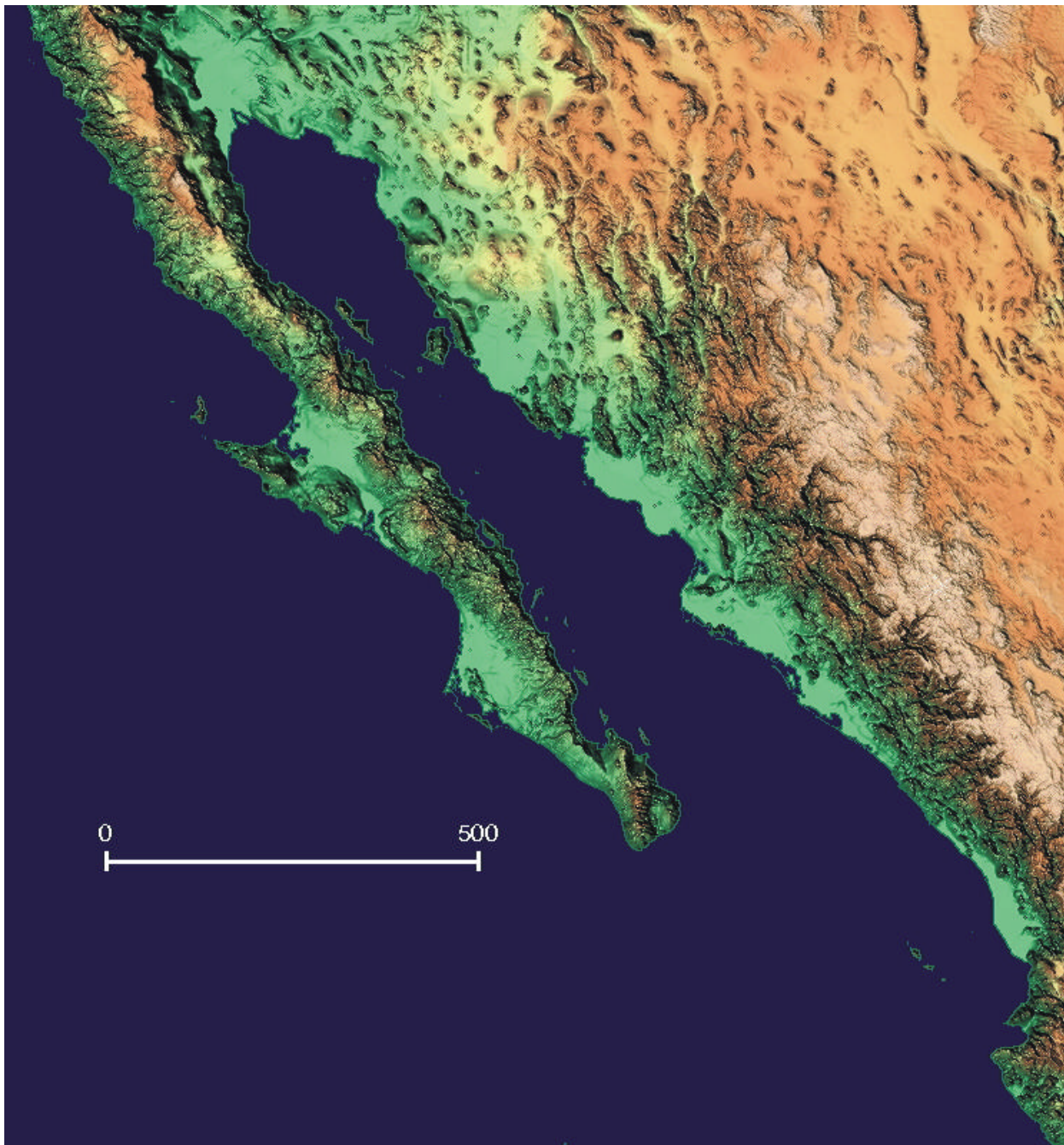
ASPECTOS CIENTÍFICOS SOBRESALIENTES

En la región del Golfo de California y el Salton Trough se pueden realizar varios estudios para comprender muchos aspectos relevantes sobre la ruptura de la litósfera continental. Durante el taller se discutió mucho sobre la necesidad de aumentar nuestro conocimiento acerca de la estructura de la litósfera en esta región. Por ejemplo, se requiere una determinación más precisa de la Moho bajo la parte central y los costados del rift. Es importante relacionar la composición y la evolución de la litósfera a la arquitectura del rift, y es importante también caracterizar la naturaleza y distribución de la corteza transicional en el rift. Aún se tienen imprecisiones sobre la magnitud de la corteza extendida y sobre cuánta corteza oceánica se ha producido en las diferentes cuencas del Golfo de California. La evolución termomecánica del rift podría precisarse mejor a través de una combinación de estudios de la historia volcánica, flujo de calor y modelado térmico. Pensamos que las condiciones iniciales para el proceso de *rifting* están influenciadas por la presencia del arco volcánico miocénico y la posible presencia de un fragmento de placa oceánica relictas bajo la Península de Baja California. El conocimiento de esto último es importante para evaluar la distribución de fuerzas que se requieren para romper la corteza continental del Golfo de California.

El Golfo de California exhibe variaciones en el estilo de deformación a través y a lo largo y del sistema de *rift*. Los segmentos del rift y sus márgenes conjugadas necesitan estudiarse para determinar secciones transversales y la evolución en el tiempo, así como la magnitud de una posible asimetría estructural de ambos lados del rift. La deformación se distribuye en fallas normales, oblicuas y de rumbo, a escala local en las cuencas, en las estructuras terrestres y marinas y en ambos lados de la península. De forma similar, se requiere estudiar el papel de las fallas de bajo ángulo en la evolución del rift y entender los controles en la distribución espacial y temporal de la deformación. El amplio registro de la sedimentación asociada a la distensión podría ser utilizado para acotar los modelos que nos permitan entender la interacción entre tectonismo, erosión y sedimentación, y entender cómo estos procesos han afectado la evolución del rift. Se necesita completar la cartografía geológica de las márgenes para determinar las relaciones entre las estructuras en tierra y el sistema marino de crestas y fallas transformes.

Aunque se conoce bastante sobre la evolución cinemática del Golfo de California, aún existen imprecisiones sobre la evolución del movimiento de las placas. Por ejemplo, el acoplamiento pasado y presente de la Península de Baja California a la Placa Pacífico a lo largo del borde continental del Océano Pacífico, requiere mejor definición, ya que es un factor importante para entender la partición del movimiento entre las placas Pacífico y Norteamérica.

El Golfo de California y el Salton Trough muestran una gran variación en el estilo estructural, en la forma y el tiempo de transición entre distensión continental y acreción oceánica. Esta variación estructural parece no estar relacionada a varia-



ciones en la tasa de abertura, la cual se considera homogénea, por lo que el Golfo de California ofrece la oportunidad de utilizar estos contrastes e investigar otros factores que pudieran haber controlado la ruptura de la litósfera continental y la transición a la dispersión oceánica.

RESÚMENES DISPONIBLES EN LA RED

Aunque este taller no generó un volumen formal, se invitó a los participantes a contribuir con un resumen que describiera sus trabajos terminados o en proceso, y que describiera sus intereses para trabajos futuros relacionados al tema del taller (RLC) en el Golfo de California y Salton Trough. Los resúmenes fueron traducidos a fin de crear un volumen bilingüe Inglés/Español, el cual estuvo disponible como archivo pdf. Los partici-

pantes pudieron imprimir este volumen antes de la reunión para familiarizarse con los temas a discutir. Los resúmenes aún pueden ser consultados y bajados de la red en: (<http://www.ldeo.columbia.edu/margins/GOC.html>).

AGRADECIMIENTOS

La asistencia logística de la oficina de MARGINS y de la Unión Geofísica Mexicana fue de gran ayuda para el éxito del taller. En particular queremos agradecer a Ivonne Pedrín, Lois Karner y Ana María Frías por todo su apoyo previo y durante la reunión. El apoyo financiero para los participantes provino de NSF grant OCE 00-94425 a la coordinación de MARGINS.

LISTA DE PARTICIPANTES

Mohamed G. Abdelsalam, University of Texas, Dallas
abdels@utdallas.edu

Jorge Jacobo Albarrán, Instituto Mexicano del Petróleo
jjacobo@www.imp.mx

Jorge Aranda, UNAM jjag@servidor.unam.mx

Gary J. Axen, UCLA gaxen@ess.ucla.edu

Suzanne L. Baldwin, Syracuse sbaldwin@syr.edu

Richard A. Bennett, Harvard rbennett@cfa.harvard.edu

Roger Buck, LDEO Columbia University
buck@ldeo.columbia.edu

Thierry Calmus, ERNO-UNAM tcalmus@servidor.unam.mx

Edgardo Cañón-Tapia, CICESE ecanon@cicese.mx

José Frez Cardeñas, CICESE jofrez@cicese.mx

Ana Luisa Carreño, UNAM anacar@servidor.unam.mx

Jesús Cervantes Servín, DAIC-Conacyt
gfranco@conacyt.mx

Frederick Chester, TAMU chesterf@geo.tamu.edu

David Christie, Oregon State University
dchristie@oce.orst.edu

Peter Clift, HOI pclift@whoi.edu

Luis A. Delgado-Argote, CICESE ldeltado@cicese.mx

Timothy Dixon, Miami tdixon@rsmas.miami.edu

Rebecca J. Dorsey, Oregon rdorsey@darkwing.uoregon.edu

Mihai Ducea, Arizona ducea@geo.arizona.edu

Robert A. Dunn, Brown dunn@emma.geo.brown.edu

Juan Manuel Espinosa-Cardena, CICESE
jespinos@cicese.mx

Luca Ferrari, UNAM luca@geol-sun.igeolcu.unam.mx

John Fletcher, CICESE jfletche@cicese.mx

Lance Forsythe, CICESE forsythe@cicese.mx

Ana Maria Frías, CICESE afrias@cicese.mx

Kevin P. Furlong, Penn State kevin@geodyn.psu.edu

Jim Gaherty, Georgia Institute of Technology
gaherty@eas.gatech.edu

Phil Gans, UC Santa Barbara gans@geol.ucsb.edu

Juan García Abdeslem, CICESE jgarcia@cicese.mx

Ewa Glowacka, CICESE glowacka@cicese.mx

Enrique Gómez Treviño, CICESE egomez@cicese.mx

Mario González Escobar, CICESE mgonzale@cicese.mx

Antonio González-Fernández, CICESE mindundi@cicese.mx

Javier Gonzalez Garcia, CICESE javier@cicese.mx

Andrew Goodliffe, Hawaii andrew@soest.hawaii.edu

Robert N. Harris, Utah rnharris@mines.utah.edu

Dennis Harry, Alabama dharry@wgs.geo.ua.edu

Jim Hawkins, Scripps jhawkins@ucsd.edu

Don Helmberger, Caltech helm@gps.caltech.edu

Marc Hirschmann, Minnesota
Marc.M.Hirschmann-1@umn.edu

Jack Holt, UTIG jack@ig.utexas.edu

James S. Jackson, Portland, Oregon Qtzdiorite@aol.com

Susanne U. Janecke, Utah State sjanecke@cc.usu.edu

Garry Karner, LDEO garry@ldeo.columbia.edu

Lois Karner, LDEO lois@ldeo.columbia.edu

Miriam Kastner, Scripps mkastner@ucsd.edu

Graham M. Kent, UC San Diego gkent@ucsd.edu

Grant Kier, Colorado grant@emarc.colorado.edu

Simon Klemperer, Stanford sklemp@pangea.stanford.edu

Jorge Ledesma Vázquez, UABC ledesma@faro.ens.uabc.mx

Jonathan C. Lewis, UC Davis lewis@geology.ucdavis.edu

Daniel Lizarralde, Georgia Institute of Technology
danl@hatteras.eas.gatech.edu

Peter Lonsdale, Scripps lonsdale@kims.ucsd.edu

Harold Magistrale, San Diego State University
harold@hal.sdsu.edu

Maria G. Maldonado Sanchez, UNAM
magmaldonado@hotmail.com

Arturo Martin Barajas, CICESE amartin@cicese.mx

Fernando Martinez, Hawaii martinez@soest.hawaii.edu

Tim Melbourne, Central Washington tim@geology.cwu.edu

Ramon Mendoza Borunda, CICESE
rmendoza@cicese.mx

Elizabeth Miller, Stanford miller@pangea.stanford.edu

Gabriela Mora-Klepeis, Vermont gmora@zoo.uvm.edu

Elizabeth A. Nagy, Syracuse eanagy@syr.edu

Enrique H. Nava-Sánchez, CICIMAR-IPN
enava@redipn.ipn.mx

Chuck Nittrouer, Washington nittroue@ocean.washington.edu

Jonathan A. Nourse, California State Polytechnic
janourse@csupomona.edu

Amabel Ortega-Rivera, UNICIT-UNAM
amabel@servidor.unam.mx

Mike Oskin, Caltech oskin@gps.caltech.edu

Francisco A. Paz-Moreno, Universidad de Sonora
paz@marina.geologia.uson.mx

Simon Peacock, Arizona State peacock@asu.edu

Patricia Persaud, Caltech ppersaud@gps.caltech.edu

Cecilio Rebollar, CICESE rebollar@cicese.mx

Jeroen Ritsema, Caltech jeroen@gps.caltech.edu

José Manuel Romo Jones, CICESE jromo@cicese.mx

José Rosas-Elguera, CICESE jrosas@quantum.ucting.udg.mx

Mousumi Roy, New Mexico mroy@unm.edu

Keegan Schmidt, USC kschmidt@earth.usc.edu

John Sclater, Scripps sclater@turbogt.ucsd.edu

Eli Silver, UCSC esilver@earthsci.ucsc.edu

Christopher C Sorlien, UCSB Chrisneilr@aol.com

Debra Stakes, Monterrey Bay Aquarium Res. Inst.
debra@mbari.org

Michael Steckler, LDEO steckler@ldeo.columbia.edu

Joann Stock, Caltech jstock@gps.caltech.edu

Francisco Suárez Vidal, CICESE fsuarez@cicese.mx

Brian Taylor, Hawaii taylor@soest.hawaii.edu

Paul J. Umhoefer, Northern Arizona paul.umhoefer@nau.edu

Douglas Wiens, Washington doug@kermadec.wustl.edu

Victor Wong-Ortega, CICESE vwong@cicese.mx

COMPETENCIAS ACADÉMICAS DE LOS TUTORES DEL POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA UNAM

García Sahagún M.C.¹, Laguna Calderón J.¹, Campos Enríquez J.O.², Ruiz Gutiérrez R.¹ y Martínez González, A.¹

¹ Dirección General de Estudios de Posgrado.

² Coordinación del Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra.

RESUMEN

Si bien en los programas de estudio de maestría y doctorado de la Universidad Nacional Autónoma de México, se señalan las responsabilidades generales y los requisitos que deben cumplir los tutores, no se mencionan sus competencias académicas para participar efectivamente en este nivel de estudios y para apoyar la toma de decisiones respecto a la formación y a la evaluación de su desempeño en el logro de los objetivos y metas propuestos por cada programa. Por lo anterior, y con el propósito de identificar las competencias tutorales para mejorar y fortalecer el sistema tutorial del posgrado en la UNAM, se llevó a cabo este estudio. Para lograr el propósito antes mencionado, se seleccionó el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra. Se eligió la metodología *Developing a Curriculum* cuya característica principal es que un grupo de expertos, en este caso los tutores, analizan el trabajo que llevan a cabo a fin de sistematizar las funciones, actividades, conocimientos, habilidades, actitudes y valores requeridos para desempeñar con éxito la función tutorial. Posteriormente se realizó la validación de contenido. Como resultado se identificaron nueve funciones esenciales con sus respectivas actividades y competencias académicas. Paralelamente, para evaluar el rendimiento del tutor se señalaron las evidencias de desempeño. Las competencias académicas tutorales del programa de posgrado en Ciencias de la Tierra presentadas en este trabajo, proporcionan las bases para el establecimiento de un sistema de gestión de recursos humanos basado en competencias: la selección, la inducción, la formación, el desarrollo, la evaluación del desempeño y el otorgamiento de estímulos.

INTRODUCCIÓN

En la educación universitaria, y en particular en el nivel de estudios de maestría y doctorado, el sistema tutorial fue adoptado como una estrategia propia para el posgrado, con el fin de elevar la calidad de la educación superior. Se entiende por estrategia las acciones para alcanzar los objetivos finales que se desean (Steiner, 1994).

En la actualidad, las innovaciones tecnológicas y las tendencias actuales hacia una mayor globalización requieren que el posgrado forme recursos humanos de alto nivel que, por una parte, produzcan el conocimiento científico y tecnológico indispensable para el avance y el desarrollo de las áreas estratégicas de cualquier país y por otra, que tengan la capacidad de adaptarse a situaciones nuevas, que posean un pensamiento crítico que sustenta la toma de decisiones para solucionar problemas creativamente. La responsabilidad anterior en este nivel de estudio recae, en gran parte, en el tutor de maestría y doctorado.

En la Universidad Nacional Autónoma de México, el antecedente de la figura del tutor aparece desde 1941, en el Instituto de Química en el nivel de doctorado. Al transcurrir el tiempo la figura del tutor va integrándose a los otros programas de posgrado. Tal como lo testimonian las respectivas normas operativas, sin embargo, no es sino hasta el Reglamento General de Estudios de Posgrado, aprobado en 1995, en donde se le

considera como un componente clave de su operación académica.

Con motivo de la reforma llevada a cabo en el posgrado de la UNAM e instrumentada mediante el Reglamento General de Estudios de Posgrado de (RGEP), se han realizado esfuerzos adicionales para fortalecer el sistema tutorial, sustento fundamental de la reforma. En el mencionado reglamento se establece que todos los alumnos inscritos en programas de maestría y doctorado se les asignará un tutor principal y a los de doctorado, además, un comité tutorial. En los programas de maestría, el comité académico podrá asignar comités tutorales si es necesario. Si bien en el RGEP se señalan los requisitos académicos para que un profesor de carrera de tiempo completo sea acreditado como tutor, así como las responsabilidades generales de éstos, no se mencionan las funciones específicas que deben de realizar los tutores que participan en este nivel de estudios. Esto no permite tomar decisiones que apoyen la selección de nuevos tutores, el desarrollo de programas de actualización, y en forma particular, la evaluación del desempeño de los tutores y su papel en el logro de los objetivos y metas propuestos por cada programa de posgrado.

Ante esta situación, se planteó como impostergable definir las funciones básicas, en particular, de los tutores de los posgrados. De esta forma se pretende identificar las competencias académicas necesarias por los tutores participantes en el posgrado. En este artículo se presenta el Ciencias de la Tierra.

MÉTODO

Para los propósitos del presente estudio, las competencias académicas tutorales, han sido definidas como el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que posee el tutor y que, relacionados entre sí, permiten el desempeño exitoso de las actividades y funciones en el proceso educativo, con base en indicadores y estándares establecidos.

El estudio se realizó en el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra y es de carácter observacional, descriptivo y transversal. La población de tutores que participa en dicho programa suma un total de 109 académicos. El criterio para la selección de este Programa de Posgrado fue la fecha de su adecuación a los lineamientos señalados en el RGEF. El Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra se ofrece bajo esta nueva modalidad desde 1997 y, a tres años, se pueden identificar fortalezas y debilidades de los elementos que lo conforman, como es en el caso del Sistema Tutorial.

Conforme al método *Developing a Curriculum (DACUM)* (Norton, 1997) utilizado para esta investigación, el Coordinador del programa realizó una invitación extensiva a todos los tutores a fin de que participaran en este estudio. De esta forma, la muestra no aleatoria de tutores quedó constituida por 7 tutores del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra, los cuales eran académicos de tiempo completo, con grado de doctor, y participaron voluntariamente.

El método DACUM, que toma su nombre del acrónimo de las palabras inglesas *DEVELOPING A CURRICULUM*, fue creado en 1966 (Norton, 1997) por The Canadian Department of Manpower and Immigration, y The General Learning Corporation of New York (University of Technology, Sydney, 1995) como una nueva opción para desarrollar el currículum y combinarlo con un nuevo proceso de evaluación para los programas ocupacionales de capacitación. Este término fue acuñado por el canadiense Howard Clement (Coffin, 1995). El DACUM fue rápidamente adoptado por el Holland College para el diseño del currículum de todos sus programas, así como por algunos otros colegios de Canadá y del resto del mundo.

El DACUM se utiliza en las instituciones educativas para:

- Identificar las funciones que debe realizar una persona en un trabajo o en un área ocupacional determinada.
- Identificar las competencias de un área ocupacional.
- Determinar necesidades de desarrollo de competencias.
- Evaluar el desempeño.
- Desarrollar una currícula basada en competencias.

Los supuestos de la metodología DACUM aplicadas al campo educativo son:

1. Los tutores conocen muy bien su trabajo; por ello, lo pueden describir mejor que nadie.
2. Un modo efectivo de describir el trabajo es describir las funciones que los tutores realizan.
3. Para ser desarrolladas correctamente, todas las funciones demandan ciertos conocimientos, habilidades, actitudes y valores.

Para este estudio, la aplicación del método DACUM con los tutores del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra de la UNAM siguió las siguientes etapas:

ETAPA 1 PLANEACIÓN

Elaboración de los instrumentos de recopilación de información, tanto para la definición de competencias tutorales como para la validación de contenido. Con respecto al primer instrumento, se siguió lo establecido por la metodología DACUM; sin embargo, con base en una prueba piloto, se llevaron a cabo ligeras adecuaciones, a fin de lograr los objetivos propuestos.

ETAPA 2 DESARROLLO

Se llevó a cabo un taller durante dos días; en él participaron siete doctores que realizan la función de tutor en el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra. El taller tuvo una duración de 15 hrs.

1. A cada tutor seleccionado se le solicitó que escribiera todas las funciones necesarias que debe desempeñar el tutor, con base en el objetivo del programa de posgrado.
2. Cada uno de los tutores participantes explicó al grupo su contribución. En caso de que existiera alguna duda con relación a la exposición, los tutores podían preguntar.
3. Posteriormente, se le pidió al grupo que analizara la información a fin de identificar y agrupar, por consenso, las aportaciones similares y eliminar las repetitivas. De las funciones que por consenso fueron aceptadas se les pidió a los tutores que las redactaran.
4. Se le solicitó a cada tutor que seleccionara las funciones más importantes.
5. Se realizó la selección de las funciones más importantes identificando aquellas que obtuvieron un mayor número de puntos.
6. Se les solicitó a los tutores que identificaran las actividades que deben realizarse para cumplir con cada función.
7. Cada tutor explicó al grupo cada una de las actividades y, en consenso, se decidió qué actividades son necesarias para el logro de la función. Este procedimiento se realizó para cada función.

8. Se les solicitó posteriormente que identificaran los conocimientos, habilidades, actitudes y valores requeridos para desempeñar cada una de las funciones.

ETAPA 3 VALIDACIÓN

1. Se invitó a los miembros del Consejo Académico del Posgrado de Ciencias de la Tierra a participar como expertos en la validación de contenido.
2. Ocho miembros del Comité Académico aceptaron participar voluntariamente.
3. Se les entregó a cada uno de los integrantes el producto final del taller, así como las hojas de validación de contenido y claridad de las funciones, actividades y competencias de los tutores.
4. Se analizaron los comentarios y observaciones para, posteriormente, integrarlos al producto final del taller.
5. Del análisis anterior se obtuvieron las competencias académicas de los tutores.
6. Se entregó al coordinador del programa una copia del documento final el cual contenía las competencias tutorales.

Una vez validadas las competencias tutorales se procedió a agruparlas por similitudes y posteriormente se determinó una clasificación teórica de las mismas.

RESULTADOS

De la participación de los 15 expertos se establecieron nueve funciones esenciales, con sus respectivas actividades y seis categorías de competencias académicas. A continuación se presentan:

FUNCIÓN 1 ACTIVIDADES

Identificar conocimientos, habilidades, expectativas, y vocación en los estudiantes de posgrado a su incorporación al programa que puedan ser relevantes para el proceso de aprendizaje y desarrollo del trabajo de tesis.

- 1.1 Analizar documentalente los antecedentes académicos y personales del estudiante.
- 1.2 Realizar una entrevista personal con el estudiante para identificar su perfil académico, su interés por estudiar el posgrado así como sus metas personales y profesionales.
- 1.3 Preguntar a profesores y/o tutor sobre el desempeño y capacidades del estudiante.
- 1.4 Evaluar los conocimientos, habilidades y experiencias del estudiante mediante un examen específico.

FUNCIÓN 2 ACTIVIDADES

Estructurar con el estudiante el proyecto de tesis y asesorarlo en el desarrollo del mismo.

- 2.1 Definir los conceptos del trabajo de investigación y/o tesis así como su estructura (objetivos, metodología).
- 2.2 Seleccionar, conjuntamente con el alumno, el problema científico y derivar los pasos teóricos y metodológicos a seguir.
- 2.3 Desarrollar un programa de trabajo sobre el proyecto de tesis y convenir métodos de seguimiento.
- 2.4 Determinar si existen limitaciones técnicas y buscar soluciones.
- 2.5 Revisar y criticar constructivamente los resultados parciales del trabajo de tesis.
- 2.6 Enseñar al alumno las técnicas y métodos necesarios para su trabajo de investigación, en campo, laboratorio y gabinete.

FUNCIÓN 3 ACTIVIDADES

Supervisar el desempeño académico del estudiante a lo largo del programa de posgrado.

- 3.1 Reunir información sobre el desempeño y los avances del estudiante por medio de entrevistas periódicas con el estudiante, otros profesores y otros medios que se consideren apropiados.
- 3.2 Evaluar las fortalezas y debilidades académicas en el desempeño del estudiante.
- 3.3 Discutir con el estudiante los resultados de la evaluación y acordar con él medidas pertinentes.

FUNCIÓN 4 ACTIVIDADES

Facilitar el acceso a la infraestructura necesaria para alcanzar los objetivos y metas planteados en el plan de trabajo general del estudiante.

- 4.1 Informar al alumno sobre la infraestructura institucional disponible.
- 4.2 Apoyar al alumno en trámites administrativos para tener acceso a la infraestructura.
- 4.3 Ayudar al alumno a conseguir los espacios físicos internos y externos, necesarios para el trabajo de gabinete y laboratorio.
- 4.4 Apoyar al alumno para conseguir equipo e instrumentos necesarios para llevar a cabo el trabajo de investigación.
- 4.5 Apoyar al alumno para conseguir financiamiento para su proyecto de investigación.

4.6 Considerar al alumno en los planteamientos financieros.

FUNCIÓN 5 ACTIVIDADES

Inducir y apoyar al alumno para que desarrolle su propia capacidad de investigación, de trabajo independiente y de análisis crítico de la información.

5.1 Propiciar que el alumno diseñe y desarrolle su propio trabajo de investigación.

5.2 Guiar al alumno para que aprenda la metodología de investigación.

5.3 Enseñar las técnicas de lectura crítica de trabajos de investigación (tesis, publicaciones, reportes, proyectos, exposiciones orales, etc.).

5.4 Encomendar al alumno el desarrollo de trabajo experimental y de gabinete, discutiendo los resultados.

5.5 Invitar al estudiante a participar en discusiones y diseño de proyectos de investigación.

5.6 Favorecer el desarrollo de habilidades autodidactas mediante planteamientos que el alumno deba resolver.

5.7 Fomentar la participación en trabajos escritos originales.

5.8 Revisar y evaluar los reportes escritos del alumno.

5.9 Incorporar al estudiante en las actividades académicas departamentales y del proyecto de investigación en particular.

FUNCIÓN 6 ACTIVIDADES

Asesorar a los estudiantes durante sus actividades académicas.

6.1 Identificar las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

6.2 Elaborar el plan de actividades académicas (objetivos de aprendizaje) a lo largo del periodo escolar.

6.3 Facilitar el aprendizaje y el logro de los objetivos durante las sesiones de tutoría.

FUNCIÓN 7 ACTIVIDADES

Propiciar que el alumno profundice en el tema de su investigación mediante la asesoría de expertos en el área y la interacción con pares académicos.

7.1 Propiciar el acercamiento del alumno con otros académicos.

7.2 Organizar y fomentar actividades de intercambio académico.

7.3 Fomentar la participación del estudiante en reuniones científicas, talleres, cursos, excursiones, etc.

FUNCIÓN 8 ACTIVIDADES

Promover la incorporación del estudiante a actividades formativas.

8.1 Incentivar al alumno para participar en la organización de eventos y/o actividades académicas.

8.2 Apoyar y fomentar que el alumno se involucre en actividades docentes.

8.3 Hacer participar al alumno en actividades de difusión.

8.4 Apoyar su participación en estancias de investigación en otras instituciones nacionales y extranjeras.

FUNCIÓN 9 ACTIVIDADES

Propiciar discusiones académicas con el tutor y otros miembros de la comunidad científica.

9.1 Participar con los alumnos en foros de discusión académica locales y externos.

9.2 Sostener reuniones periódicas con el grupo de trabajo para discusiones académicas.

Para desempeñar las funciones anteriores se requieren de ciertos conocimientos, habilidades, actitudes y valores que interrelacionados entre sí conforman las competencias que el tutor de posgrado debe poseer; éstas se clasificaron en las seis categorías que pueden ser consultadas en el anexo 1, así como las evidencias para evaluar el desempeño del tutor.

DISCUSIÓN

En este estudio se identifican las competencias de los tutores de posgrado del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra, su establecimiento requirió, en primera instancia, de la determinación de aquellas funciones esenciales que deben realizar los tutores de posgrado obteniendo nueve funciones para el mencionado programa.

Los resultados muestran que para los tutores del Posgrado en Ciencias de la Tierra la función “Inducir y apoyar al alumno de posgrado para que desarrolle su propia capacidad de investigación, de trabajo independiente y de análisis crítico de la información” es considerada por los expertos como una función muy importante (100%) mientras que “asesorar al estudiante durante sus actividades académicas” resultó ser importante (79%).

Estos resultados coinciden en algunos aspectos con lo que establece el Código de Buena Práctica de la Universidad del Sur de Australia (University of South Australia, 1998) respecto a algunas de las funciones que debe desempeñar un tutor de

maestría y doctorado al igual que con lo que señalan la Universidad de Manchester (Manchester Graduate School of Social Sciences, 1998), la Universidad de Sheffield (University of Sheffield, Graduate School, 1997), la Universidad de Canterbury (University of Canterbury, 1999), Concordia University (Concordia University, 1999), y el Programa de Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM (Programa de Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales, s.f.). Estas coincidencias, básicamente se orientan a la de proporcionar guía acerca del proyecto de investigación, a la revisión del proyecto a lo largo del desarrollo del mismo, proporcionando al estudiante sugerencias para su mejora y definir con el estudiante actividades extracurriculares. Sin embargo, estas referencias no señalan explícita o implícitamente el uso o no de alguna metodología para identificar las funciones de los tutores o responsabilidades como le llaman algunos autores.

Con respecto a las actividades, éstas tienen una relación muy estrecha a cada una de las funciones identificadas y, con base en lo señalado por los 15 expertos, son las que deben llevarse a cabo para, en su conjunto, desempeñar cada una de las funciones.

En este estudio se identificaron seis categorías en las que se agrupan las competencias de los tutores del Programa de Maestría y Doctorado de Ciencias de la Tierra.

Con relación a las competencias que debe poseer un tutor, no se tienen antecedentes de investigaciones de esta naturaleza; sin embargo existen estudios (Chamberlain, 1961; Rossman y Bunning, 1978; Ibañez, 1990; Garduño, 1999; Ceja et.al., 1998) en los que se determinan las competencias de los docentes coincidiendo con este estudio en las competencias de comunicación de ideas e información y las habilidades académicas (psicología del adulto). De estos estudios sólo Chamberlain y Rossman y Bunning utilizaron alguna técnica para identificarlas; pero, no lo hacen basados en las funciones de los docentes, lo que nos lleva a formular la siguiente pregunta: ¿es posible establecer las competencias de los tutores sin antes haber determinado el objetivo o propósito del programa o sin antes señalar las funciones? Para esta investigación resulta imprescindible hacerlo, ya que de otra forma se podrían identificar las competencias del tutor pero sin un referente, y lo importante es que las competencias sean incorporadas a esos desempeños lo que a su vez manifiesta si el tutor tiene o no las competencias para desempeñarse con éxito.

Para asegurar que un tutor posee o no las competencias antes señaladas, se requieren las evidencias de su desempeño; éstas se enmarcan en cada función identificada. En este estudio, las evidencias documentales fueron de mayor importancia, posteriormente se señalan las evidencias indirectas y no se detallaron evidencias directas. Este resultado muestra que las evidencias tienen un fuerte enfoque hacia la evaluación académica tradicional, consistente en la presentación de artículos publicados en revistas arbitradas, proyectos de investigación, actas, etc., sin importar tanto la calidad de estos productos. Este tipo de evidencias no es suficiente para afirmar que un tutor

posee las competencias requeridas por el programa, ya que se dejan de lado las referencias de terceras personas, como la opinión de los alumnos o de pares. Es conveniente identificar otros indicadores que evalúen el desempeño de los tutores de los programas del sistema universitario de posgrado.

Las competencias tutorales presentadas en este trabajo proporcionan la bases para el establecimiento de un sistema de gestión de recursos humanos basado en competencias en este programa. Los resultados pueden ser utilizados en el establecimiento de estrategias de mejora continua de los procesos que intervienen en el sistema tutorial ya que las competencias identificadas señalan criterios para la selección, la inducción, la evaluación, el otorgamiento de estímulos, la formación y el desarrollo.

La selección de nuevos profesores que deseen incorporarse como tutores a alguno de los Programas de Posgrado señalados en este estudio. Uno de los principios del enfoque de competencias es que éstas pueden ser consultadas por cualquier persona, los posibles profesores que deseen incorporarse como tutores podrán examinar el perfil de competencias tutorales requeridas y las evidencias que demuestren su desempeño previo. Por otra parte, permiten prever el potencial de éxito que tendrá un profesor al incorporarse como tutor acreditado al posgrado al identificar las competencias que posee.

Los resultados de este estudio sirven de referencia para guiar las acciones de los tutores que actualmente participan en el programa y para llevar a cabo la inducción de los tutores que se vayan incorporando ya que señala exactamente las funciones y actividades que deben realizar así como las evidencias de su desempeño.

La determinación de necesidades de formación académica de los actuales tutores. El perfil de competencia es el referente para elaborar los instrumentos de determinación de necesidades de formación académica, asimismo es el referente para elaborar los programas para desarrollar las competencias de los tutores. Se pueden diseñar instrumentos de autoevaluación para que cada tutor identifique sus propias necesidades de capacitación, de tal forma que le sirva de base para la elaboración de su plan individual de aprendizaje que potencialice las competencias necesarias para un desempeño superior.

Por otra parte, las competencias tutorales sirven de parámetro para desarrollar las competencias que los tutores no tienen. De esta manera, los programas de formación se diseñarán tomando como base sólo aquellas competencias que el tutor no posee. La identificación de la importancia de las funciones así como la frecuencia en que las realizan, permite ubicar las competencias que se requieren sólo para esa función, de tal forma que se enfaticen en ese aspecto los contenidos de los programas de formación.

Llevar a cabo la evaluación del desempeño de los tutores con base en las evidencias del desempeño identificadas. Al igual que en la selección y la formación, el perfil de competen-

cias académicas del tutor es el referente para la evaluación ya que en él se señalan las evidencias de su desempeño. Los tutores pueden, en cualquier momento, consultar el perfil para conocer los aspectos que se van a evaluar. De esta manera, la evaluación se convierte en un mecanismo de mejora continua, tanto del mismo tutor como del sistema tutorial, ya que toma en cuenta los productos de su desempeño (número de alumnos titulados en cierto tiempo, impacto de la investigación para solucionar necesidades reales, escribir artículos incorporando a sus estudiantes, etc.) y además considera la opinión de los estudiantes.

Otorgar estímulos a los tutores. Con la existencia de parámetros se podrán otorgar estímulos a los tutores considerando a aquéllos con alto desempeño académico para lo cual es necesario realizar una investigación posterior para identificar aquellas competencias que distinguen a los tutores de excelencia.

La determinación de necesidades de formación basada en competencias, la autoevaluación y la evaluación del desempeño sirven de fundamento para que los coordinadores de los programas de posgrado, así como la Dirección General de Estudios de Posgrado tomen decisiones y corrijan desviaciones para fortalecer el Sistema Tutorial.

Cabe hacer mención que los resultados de este estudio son válidos exclusivamente para el Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra y no pueden ser extrapolados a otros programas del área. Para hacerlo es necesario realizar estudios adicionales que nos permitan identificar aquellas funciones y competencias comunes a otros programas de posgrado del Área de las Ciencias Físico-Matemáticas y las Ingenierías y, eventualmente, determinar tanto por área como para el Sistema Universitario de Posgrado en lo general, las funciones y competencias “universales” de un tutor de posgrado independientemente del programa al que pertenezca.

REFERENCIAS

- Ceja, C.M., Venegas, G.F.J. y Armenta, A.M., (1998). “Metodología para el diseño de un sistema de tutoría personalizada para alumnos del nivel superior en la Universidad de Colima”, Material del curso: *Liderazgo y Gestión*, Universidad de Colima, México.
- Coffin, L. (1995). *Manual del facilitador DACUM*, Canadian Vocational Association, México, p. 1.
- Concordia University. *Concordia University thesis preparation and thesis examination regulations*, <<http://art-history.concordia.ca/thesis/regulativos.html>>, [Consulta: 29 de diciembre de 1999].
- Chamberlain, M.N. (1961). “The competencies of adult educators”, *Adult education*, XI, 2, winter. op. cit., pp 78-83.
- Garduño, R.S. (1999). “El modelo tutorial, una estrategia para la formación doctoral en el siglo XXI: El caso del doctorado en ciencias administrativas de la SEPI-ESCA, Santo Tomás, IPN”, Ponencia presentada en el *III Congreso Nacional de la investiga-*

ción en administración en México, Teoría y Praxis. La administración en el siglo XXI, Mexicali, abril.

- Ibañez, M.J. (1990). Dimensiones de la competencia profesional del profesor de universidad, *Revista española de pedagogía*, Madrid, mayo-agosto, (186).
- Manchester Graduate School of Social Sciences (1998). *Guide for research students and supervisors 1998-1999*, U.K.
- Norton, R.E. (1997). *Dacum Handbook*, 2nd. ed., Center on education and training for employment, Columbus, Ohio.
- Programa de Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales. *Acerca del sistema tutorial y el desempeño de nuestro personal académico*, documento de trabajo presentado a la Comisión de Plantillas del H. Consejo Técnico de la FCPYS, UNAM, México, s/f.
- Rossmann, M.H., and Bunning, R.L. (1978). *Knowledge and skills for the adult educator: a Delphi study*. U.S.
- Steiner, G.A. (1994). *Planeación estratégica. Lo que todo directivo debe saber*, CECSA, México.
- University of Canterbury (1999). *Supervision Guidelines*, Department of Sociology, Nueva Zelanda, <<http://www.soci.canterbury.ac.nz/gradsgui.htm>>, [Consulta: 29 de diciembre de 1999].
- University of Sheffield, Graduate School. (1997). *Guidebook for Research Students and Supervisors 1997-1998*, U.K.
- University of South Australia. *Code of Good Practice: Research Degree Supervisor*, <<http://www.unisa.edu.au/admininfo/codes/research.htm>>, [Consulta: 9 de noviembre de 1998].
- University of Technology, Sydney (1995). *Writing Competency Standards*, UTS, Sydney.

ANEXO 1

COMPETENCIAS DE LOS TUTORES DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

CONOCIMIENTOS ACADÉMICO-ADMINISTRATIVOS:

- Conocer las características de la institución; infraestructura, financiamiento, áreas de investigación, el marco legal, académico y administrativo del posgrado.
- Identificar el ámbito de desarrollo profesional en cuanto a las necesidades del país y de la especialidad.
- Conocer el medio académico y sus necesidades de difusión y docencia.
- Distinguir áreas de investigación y docencia.
- Medio académico científico nacional e internacional en el que se desenvuelve el investigador (revistas científicas, foros especializados, ambiente de su disciplina, etc.).

- Reconocer áreas de investigación de vanguardia y líneas de investigación sobre temas de interés científico.
- Distinguir el nivel académico de instituciones académicas similares así como su infraestructura de frontera.
- Conocer el tema de investigación del estudiante así como las posibles actividades formativas para éste.

HABILIDADES ACADÉMICAS BÁSICAS

- Conocer y manejar técnicas didácticas, técnicas de redacción, técnicas para analizar problemas, técnicas de análisis de información, técnicas de observación, de entrevista.
- Manejar equipos de cómputo y de observación.
- Utilizar paquetes y sistemas de interpretación y procesamiento.
- Identificar los métodos idóneos de evaluación en el posgrado.
- Planear actividades mediante la generación de rutas de trabajo.
- Monitorear logros.
- Tener capacidad para trabajar en equipo y manejar conflictos.
- Poseer capacidad de negociación y gestión para solucionar problemas académicos y administrativos.

INVESTIGACIÓN

- Manejar los conceptos del tema de investigación.
- Manejar los métodos y técnicas de investigación en Ciencias de la Tierra.
- Cooperar en el desarrollo del trabajo de investigación.
- Tener una visión interdisciplinaria.

RELACIÓN INTERPERSONAL

- Conocer las expectativas del estudiante.
- Identificar las capacidades del estudiante.
- Conocer la personalidad del estudiante.
- Apoyar al estudiante.
- Respetar el trabajo y pensamiento del estudiante, así como su desarrollo.
- Conocer los avances y logros académicos del estudiante.

COMUNICACIÓN DE IDEAS E INFORMACIÓN

- Organizar ideas y sugerencias.

- Comunicar ideas de manera verbal y no verbal.
- Redactar documentos científicos.
- Manejar técnicas de comunicación en el medio académico.
- Tener facilidad de palabra.
- Leer en otros idiomas.

CARACTERÍSTICAS PERSONALES

- Apertura al intercambio de ideas.
- Autocrítica.
- Buena memoria.
- Capacidad de síntesis.
- Claridad de conceptos.
- Colaboración.
- Compartir ideas.
- Concreto.
- Congruente entre lo que dice y hace.
- Crítica constructiva.
- Discreción con la información.
- Empático.
- Equitativo.
- Con ética.
- Flexibilidad.
- Franqueza.
- Honestidad.
- Imparcialidad.
- Inspirar confianza.
- Justo.
- Madurez.
- Negociador.
- No tener miedo al fracaso.
- Objetividad.
- Persistencia.
- Persuasivo.
- Propositivo de ideas y sugerencias.

- Responsabilidad.
- Saber escuchar.
- Sensatez.
- Tolerancia.
- Visión amplia.

Para evaluar el desempeño competente del tutor, los participantes señalaron las siguientes evidencias válidas en el medio académico y factibles de obtener:

EVIDENCIAS DOCUMENTALES

- Actas de los dictámenes del Comité de Admisión.
- Actas de examen intermedio anual.
- Actas de la evaluación semestral que se realiza de los planes de trabajo.
- Artículos del estudiante publicados en revistas internacionales con arbitraje.
- Cartas u oficios en el que se establezcan mecanismos de intercambio con otras instituciones para estancias académicas.
- Cartas u oficios en que se solicita que el estudiante acuda a otros centros de investigación para realizar estancias académicas.
- Oficio del Comité académico autorizando la estancia académica del estudiante.
- Constancia de apoyo en impartición de cursos.
- Constancias de aceptación de ponencias elaboradas conjuntamente con los estudiantes.
- Actas en la que se demuestre la participación del estudiante en seminarios.
- Exposiciones en seminarios de investigación.
- Presentación de ponencias por parte del alumno en congresos nacionales e internacionales.
- Reporte del estudiante de asistencia a congresos nacionales e internacionales.
- Reporte semestral de actividades y plan de trabajo del tutor.
- Resúmenes en extenso.
- Informes, artículos, ponencias que haya presentado el estudiante.
- Participación en proyectos.
- Proyecto de investigación (PAPIIT, CONACYT, etc.) específico en el que se incluya al estudiante.
- Documentación de proyectos de investigación de los que se obtiene financiamiento para el proyecto de tesis del estudiante.
- Proyecto de tesis estructurado de acuerdo a los semestres que marca el posgrado.
- Actas de cursos, seminarios impartidos por el tutor para garantizar la formación del estudiante en el área deseada.
- Haber graduado alumnos sin exceder los términos máximos señalados por las normas operativas del programa.
- Ser tutor acreditado del posgrado, si es el caso, haber sido evaluado positivamente en sus funciones por el Comité Académico del Posgrado.

EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO INDIRECTO:

- Que el estudiante se desempeñe con éxito.
- Preguntar al alumno a qué reuniones académicas asistió así como a seminarios individuales, sobre su participación en grupos de trabajo, y sobre sus líneas de investigación, etc.
- Preguntar directamente al estudiante acerca del cumplimiento de las funciones del tutor.

SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO

GRUPO RESNOM

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

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

E-mail: resnor@cicese.mx

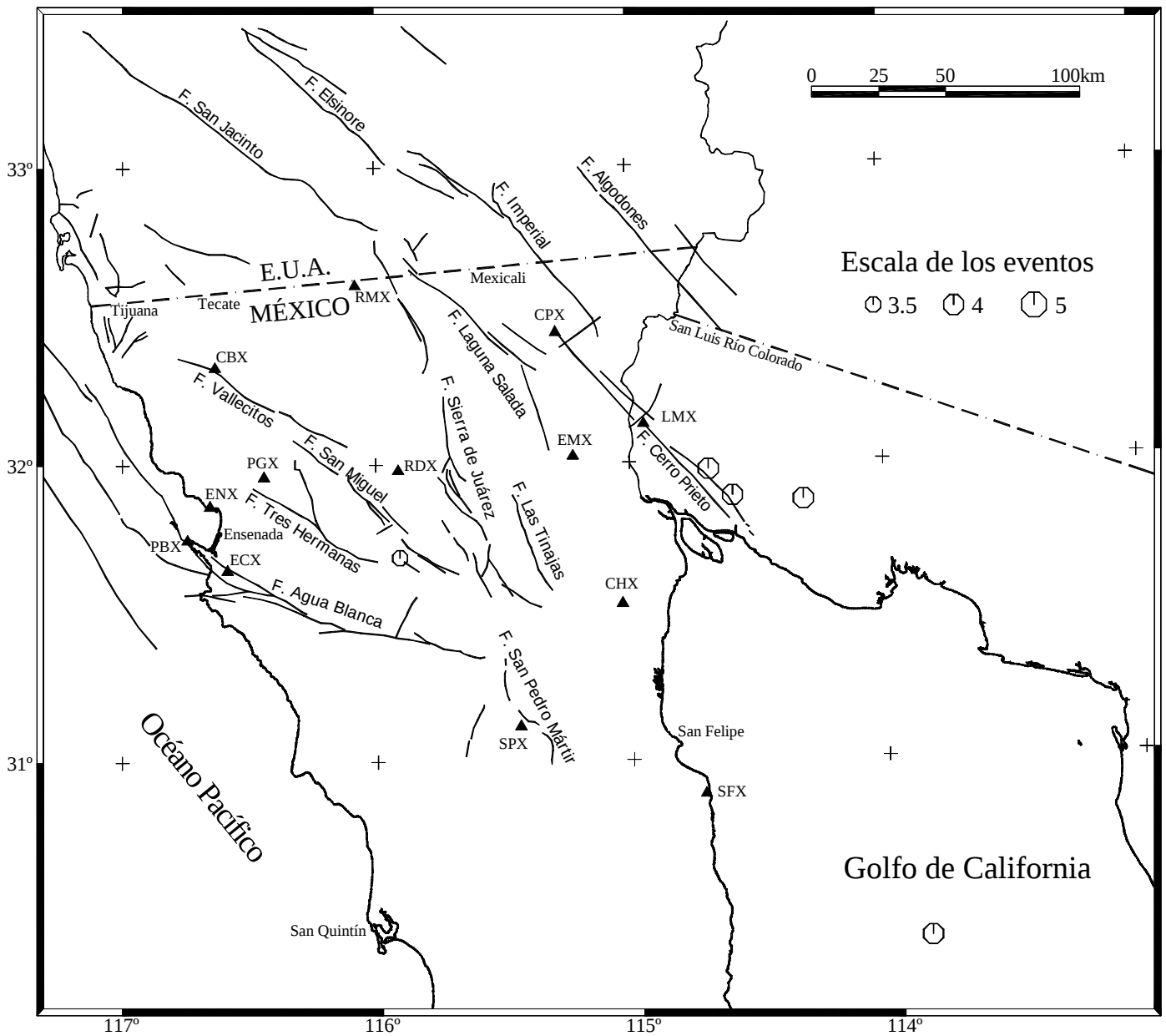
Este Boletín de Información Sísmica tiene como objetivo difundir las localizaciones de los sismos registrados por la Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM), en la región norte de Baja California y áreas adyacentes con magnitudes $M \geq 3.5$ en el período comprendido de **Enero - Abril del 2001**.

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

REFERENCIAS

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

TIEMPO			COORDENADAS		PROF.	M _p	RMS	NO	REGIÓN	
DÍA	HR	MN	SEG	LAT. N						LON. O
ENERO 2001										
09	19	09	18.91	31°58.42'	114°41.32'	31.75	4.2	0.25	18	Localizado a 30 km al sureste de LMX. (sur de la Falla Cerro Prieto, sentido en el Golfo de Santa Clara, Son.).
16	07	26	35.21	30°23.45'	113°51.14'	0.31	4.3	0.13	13	Localizado a 100 km al sureste de SFX. (frente a las costas de B.C.).
17	01	26	34.45	31°53.02'	114°35.72'	25.11	4.4	0.26	16	Localizado a 42 km al sureste de LMX. (, sentido en el Golfo de Santa Clara, Son.).
17	09	33	27.88	31°52.04'	114°18.98'	19.95	4.2	0.16	11	Localizado a 65 km al sureste de LMX. (, sentido en el Golfo de Santa Clara, Son.).
FEBRERO 2001										
06	13	46	8.77	31°41.22'	115°54.46'	15.20	3.5	0.17	24	Localizado a 29 km al sur de RDX. (Falla San Miguel).



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 Montaña.

ACTA DE LA ASAMBLEA GENERAL DE LA REUNIÓN ANUAL 2000 DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

El día 1° de noviembre, 2000, siendo las 16:20 horas, dio inicio la Asamblea General de la Unión Geofísica Mexicana (UGM) ante un foro inicial de 48 personas que aumentó a 54 media hora después. El presidium estuvo formado por el Fernando García García, presidente, Juan García Abdeslem, vicepresidente, Jaime Urrutia Fucugauchi, secretario general, Luca Ferrari Pedraglio, tesorero, Luis A. Delgado Argote, secretario de difusión, Enrique Gómez Treviño, secretario de investigación, Gustavo Tolson Jones, secretario de educación y los delegados regionales, presentando el siguiente

ORDEN DEL DÍA

Bienvenida

- I. Informe sobre la organización de la II Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra.
- II. Informe financiero parcial.
- III. Actividades de educación.
- IV. Olimpiadas de Ciencias de la Tierra.
- V. Informe sobre GEOS.
- VI. Declaración Interciencia.
- VII. Entrega del Premio Mariano Bárcena.
- VIII. Temas Generales.

I. ORGANIZACIÓN DE LA SEGUNDA REUNIÓN NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA (SRNCT)

Luis A. Delgado A. presentó la forma en que la SRNCT se organizó en conjunto con la Sociedad Geológica Mexicana (SGM). La UGM y la SGM se distribuyeron el trabajo de organización y enlace con: Sociedad Mexicana de Mineralogía, Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, la Asociación Geotérmica Mexicana y la Unión Mexicana para Estudios del Cuaternario.

II. INFORME FINANCIERO PARCIAL

Luca Ferrari P. presentó un informe parcial actualizado hasta el momento de la Asamblea, indicando movimientos durante el año. Informó de la contratación de un contador que presentó las declaraciones anuales ante la Secretaría de Hacienda hasta 1999 y de la emisión de nuevos recibos separados en serie A y B para utilizarse en la Ciudad de México y en Ensenada, B.C.

El informe financiero anual se presenta al final de esta sección.

III. ACTIVIDADES DE EDUCACIÓN

Gustavo Tolson J. informó sobre el apoyo económico otorgado a estudiantes que no fueran del CICESE o de la UNAM (quienes son financiados por esas instituciones) con los fondos obtenidos de la venta de espacios de exhibición. Se informa que la Facultad de Ingeniería e Instituto de Geofísica, UNAM, apoyaron con transporte terrestre. Se comentó además, que a esos estudiantes becados no se les cobró resumen ni inscripción.

Se informó también sobre los resultados de la Mesa Redonda sobre Educación. En ésta se acordó formar la Asociación de Profesores de Ciencias de la Tierra. La UGM ofreció su página electrónica para apoyar a la organización de la Asociación.

IV. OLIMPIADAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez T. informó sobre el cambio de fechas para la realización de las Olimpiadas en Ensenada para el mes de noviembre (se describe en uno de los artículos de este número) y se describió la organización de las olimpiadas en Taxco, Guerrero en febrero del 2000 por Israel Castrejón de la Universidad de Guerrero. Se mencionó sobre la organización de la misma actividad en Linares, Nuevo León.

V. GEOS

Luis A. Delgado A. comentó sobre el impacto de la revista, mencionando los problemas que se tienen en la captación de trabajos y celeridad de los arbitrajes. Se informa sobre el apoyo financiero recibido por parte del CICESE para el pago de impresión de los números regulares de la revista, indicando que el número de resúmenes y programa es financiado con lo recabado en las reuniones.

VI. DECLARACIÓN INTERCIENCIA

Jaime Urrutia F. informó sobre su participación, a nombre de la UGM, con miembros del equipo de transición del nuevo gobierno federal.

VII. PREMIO MARIANO BÁRCENA

Enrique Gómez T. presidió la ceremonia de entrega del Premio Mariano Bárcena al Dr. Federico Sabina.

El Dr. Federico Sabina recibió en octubre pasado la medalla Mariano Bárcena en reconocimiento a su larga y sostenida trayectoria académica y por servicios importantes a favor de la Unión Geofísica Mexicana. El Dr. Sabina se une con este reconocimiento a los Drs. Cinna Lomnitz, Julián Adem, Ernesto Jáuregui y Saúl Álvarez Borrego, quienes en años anteriores recibieron este mismo reconocimiento por parte de la Unión. Esta medalla se otorga desde 1992.

BREVE SEMBLANZA

Dr. Federico Sabina Císcar originario de la Ciudad de México, estudió la carrera de Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM y el doctorado en matemáticas aplicadas en la Universidad de Cambridge, en Inglaterra, bajo los auspicios de una beca otorgada por el gobierno británico. A su regreso a México ingresó al Instituto de Geofísica de la UNAM y tres años más tarde se encuentra en el IIMAS, también de la UNAM, del que es ahora Investigador Titular Nivel C de tiempo completo. Recientemente recibió la prestigiada beca de la Fundación Guggenheim, sita en Nueva York, por sus contribuciones en la investigación de propiedades dinámicas de materiales compuestos inhomogéneos distribuidos aleatoriamente. Entre sus trabajos de investigación destacan el descubrimiento de ondas de superficie guiadas por cordilleras y las predicciones de ampliificaciones de ondas elásticas por valles aluviales. Más recientemente destacan sus trabajos sobre la predicción de propiedades efectivas y de materiales fibrosos. Actualmente continúa trabajando en problemas relacionados con las ondas elásticas y sus aplicaciones en diversos campos de la ciencia. Fue Presidente de la UGM en 1985 y co-editor de Geofísica Internacional, órgano científico de la UGM.

VIII. TEMAS GENERALES

1. Se propuso y se aceptó que se efectuaran Reuniones Anuales de Ciencias de la Tierra cada dos años. La siguiente sería en el 2002.
2. Se anunció y aceptó que la Reunión Anual 2001 de la UGM se realizara la semana del 4 de noviembre.
3. Se anunció la elección de vicepresidente de la UGM en la Reunión Anual 2001.
4. Debido al éxito de la sesión especial de Paleoclimatología, se propuso y se aceptó su inclusión como tema regular para las próximas reuniones.

No habiendo más temas que tratar, se dio por terminada la Asamblea General de la Reunión Anual 2000 de la Unión Geofísica Mexicana a las 18:10.

ANEXO 1. TESORERÍA

INFORME FINANCIERO DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C., 2000

Saldo del ejercicio anterior en bancos Ensenada	\$ 97,691.74
Saldo del ejercicio anterior en bancos México	\$ 1,360.67
Suma al 31 de Diciembre de 1999	\$ 99,052.41
INGRESOS:	
Inscripciones Reunión Anual 2000	\$ 468,941.47
Membresías	\$ 281,300.00
Venta de camisetas, vinos y cachuchas	\$ 44,455.00
Resúmenes	\$ 12,255.00
Cenas	\$ 46,950.00
Renta Piso Exhibición	\$ 32,100.00
Intereses Bancarios	\$ 35,000.00
Aportación Taller NSF-MARGINS	\$ 3,306.47
	\$ 13,575.00
EGRESOS:	
Gastos de oficina	\$ 496,045.54
Organización Reunión Anual 2000	\$ 14,418.79
Gastos de viaje	\$ 141,341.63
Gastos de envíos	\$ 4,801.00
Gastos de impresión (GEOS, publicidad y posters)	\$ 11,100.00
Gastos camisetas, vinos y cachuchas	\$ 143,734.90
Administración	\$ 47,329.03
Gastos VI Olimpiada	\$ 37,308.55
Comisiones e Intereses	\$ 8,175.00
I.V.A. Pagado en gastos	\$ 24.00
Organización Reunión (NFS-MARGINS)	\$ 43,743.67
11 Becas a estudiantes	\$ 14,568.97
	\$ 29,500.00
Suma al 31 de Diciembre de 2000	\$ 71,948.34
Saldo en Bancos en Ensenada	\$ 71,948.34

Debido a la organización y realización de la Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, en la que participaron seis sociedades, podemos observar que los ingresos prácticamente se duplicaron con respecto a 1999. Sin embargo, los gastos se multiplicaron por un factor de 2.44.

El mayor número de participantes a la reunión triplicó los ingresos por inscripción, triplicó el ingreso por resúmenes y lo quintuplicó por concepto de renta de piso por exhibición. Es notable también que las membresías no se incrementaron en las mismas proporciones.

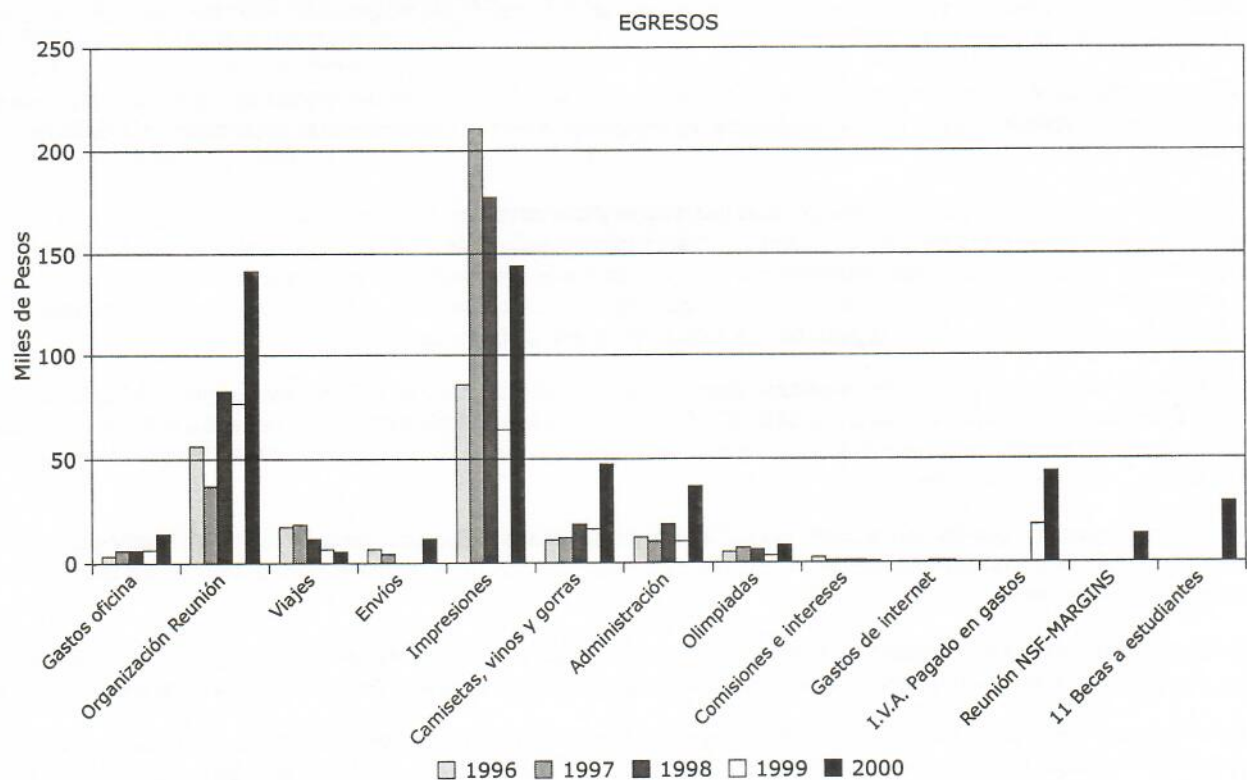
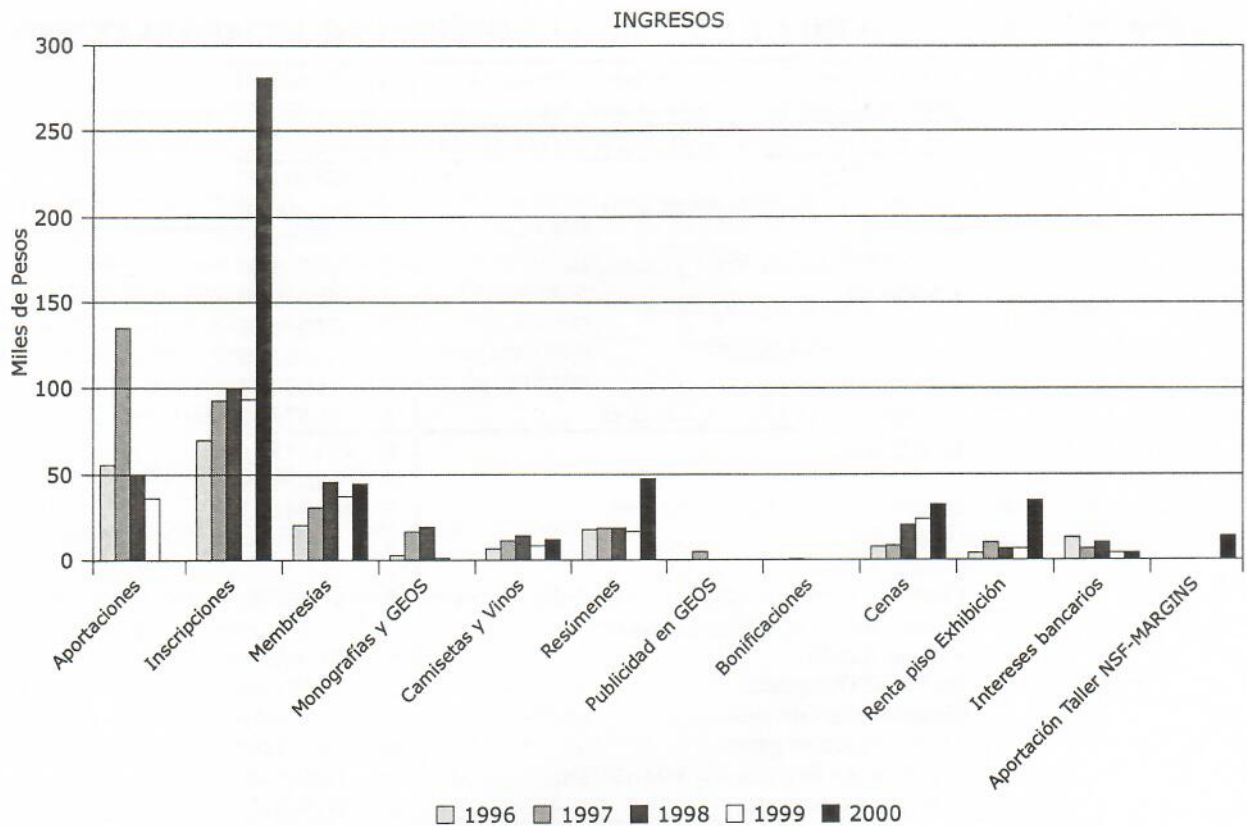
Los renglones de egresos muestran las siguientes diferencias importantes con respecto al año anterior: La impresión del GEOS número 3 de resúmenes se multiplicó por 2.37 pues se editaron más ejemplares de un libro del doble de páginas; los gastos de hotel por organización de la reunión se multiplicaron por 1.65; los gastos por concepto de honorarios se multiplicaron por 3.25 que resultan de incrementar las percepciones del personal de apoyo de la UGM, quienes ahora trabajan durante el año completo, y pago parcial de viáticos durante la reunión; el pago de IVA se multiplicó por un factor de 2.33.

Finalmente, con fines de aclaración, se observa que el saldo del ejercicio 2000 es \$27,104 menor que el del año anterior; sin embargo, debe añadirse al saldo 2000 la cantidad de \$35,000 que la Sociedad Geológica Mexicana pagó a la UGM en el presente año al ajustar ingresos y egresos derivados de la reunión y que no se reflejan en la contabilidad del 2000. El resultado es que el saldo 2000 es mayor 1.08 veces que el de 1999.

Es importante resaltar que las aportaciones del CICESE y del Instituto de Geofísica de la UNAM para la edición de **GEOS y Geofísica Internacional**, respectivamente, no se reflejan en el estado de cuenta de la Unión en vista de que esos apoyos se contabilizan en esas instituciones.

Al igual que en 1999, los intereses bancarios son bajos debido a que nuestra cuenta bancaria trabajó con un monto muy bajo pues en el primer trimestre del año tuvimos que pagar un anticipo mayor que la de los años anteriores al hotel sede.

Aprovechamos este espacio para agradecer a los colegas que han colaborado con la Mesa Directiva, a los Institutos de Geofísica, Ciencias de la Atmósfera y Geología de la UNAM y al CICESE, por el apoyo otorgado a la UGM para que sus actividades se hayan desarrollado con éxito.



DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 2001

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

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

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



Rolando Labacha
Miembro # 999

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

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

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
1	678	X					Aceves Quesada Fernando	UNAM	Geofísica	giad@servidor.unam.mx
2	20	X	X	X			Aguirre Díaz Gerardo J.	UNAM	UNICIT	jag@culer.ingen.unam.mx
3	797				X	X	Aguirre González Jorge	UNAM	Ingeniería	alaniz@servidor.unam.mx
4	16	X	X		X	X	Alaniz Álvarez Susana A.	UNAM	UNICIT	alatorre@quantum.ucting.udg.mx
5	271		X		X		Alatorre Zamora Miguel Ángel	UDG	CUCEI	david_alariste@yahoo.com
6	19	X	X		X	X	Alariste Vilchis David Rey	UNAM	Geofísica	lalva@tonatuh.igeofcu.unam.mx
7	668	X	X	X	X		Alva Valdivia Luis Manuel	UNAM	Geofísica	elcano@elfoco.com
8	821					X	Alvarado Cano Rodney R.	UAZ	Escuela de Minas	josue@cicese.mx
9	4	X	X	X	X		Álvarez Borrego Josué	CICESE	Física Aplicada	saul@cicese.mx
10	3	X	X	X	X		Álvarez Borrego Saúl	CICESE	Oceanología	
11	676	X					Álvarez Manilla Alfonso			lalvarez@cicese.mx
12	267	X			X		Álvarez Sánchez Luis G.	CICESE	Oceanología	dinmar@cicese.mx
13	272				X		Amador Buenrostro Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	maragon@cicese.mx
14	8	X	X	X	X	X	Aragón Arreola Manuel de J.	CICESE	UNICIT	ijag@servidor.unam.mx
15	283			X	X		Aranda Gómez Jorge Javier	UNAM	Geotermia	vag@axp2.ile.org.mx
16	18	X		X	X	X	Arellano Gómez Victor Manuel	IIE	Residencia de Estudios	
17	278		X				Arellano Guadarrama José Fco.	CFE	Geofísica	victoria@tonatuh.igeofcu.unam.mx
18	21		X			X	Armentia Hernández María A.	UNAM	Geotermia	cfeinf@mail.giga.com
19	13			X			Arredondo Frago José	CFE	Geotermia	arrocha@zeus.ccu.umich.mx
20	814				X	X	Arreygue Rocha Eleazar	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	
21	827					X	Arteaga Flores Lorenzo	INEGI	Geología	arzatej@unicit.unam.mx
22	10			X			Arzate Flores Jorge Arluro	UNAM	UNICIT	gavila@bahia.ens.uabc.mx
23	757				X		Ávila Serrano Guillermo E.	UABC	Ciencias Marinas	gaxen@ess.ucla.edu
24	287	X	X	X	X		Axen Gary	UCLA	Earth and Space Sciences	bandy@tonatuh.igeofcu.unam.mx
25	296	X	X	X	X	X	Bandy William L.	UNAM	Geofísica	
26	28	X	X	X	X	X	Barajas Díaz Pablo	ITESO	Hábitat y Desarrollo Urbano	vbarrada@miranda.ecologia.unam.mx
27	29					X	Barradas Miranda Víctor Luis	UNAM	Ecología	rmb@ile.org.mx
28	30	X		X	X	X	Barragán Reyes Rosa María	IIE	Geotermia	sjimenez@vmredipn.ipn.mx
29	802			X			Bautista Belmonte Aarón	IPN	CIDIR OAXACA	ibautro@cibnor.mx
30	701			X		X	Bautista Romero José Jesús	CIBNOR	Impacto Ambiental y Cambio Climático	ebeier@cicese.mx
31	305		X				Beier Martín Emilio José	CICESE	Oceanología	
32	31					X	Belmonte Jiménez Salvador	IPN	CIDIR	
33	26	X	X				Bermúdez Angulo María Luisa	UNAM	Ingeniería	maria@gea.ingen.unam.mx
34	461			X			Bermúdez Juárez María Blanca	BUAP	Ciencias Físico Matemáticas	bbj@xanum.uam.mx
35	711		X				Bernal Franco Gladys	UABC	Investigaciones Oceanológicas	gbernal@bahia.ens.uabc.mx
36	41			X		X	Birkle Peter	IIE	Geotermia	birkle@ile.org.mx
37	37	X	X	X	X	X	Bohnel Norbert Harald	UNAM	UNICIT	harald@tonatuh.igeofcu.unam.mx
38	34		X				Brassee Ochoa Jesús	CICESE	Ciencias de la Tierra	ibrassee@cicese.mx
39	27	X		X	X		Bravo Cabrera José Luis	UNAM	Geofísica	jbravo@tonatuh.igeofcu.unam.mx
40	24	X		X	X		Brito Castillo Luis	CIBNOR	Unidad Guaymas	lbrito@cibnor.mx
41	32	X	X				Buendía Carrera Enrique	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
42	632	X	X	X	X	X	Bulgakov Sergey N.	UDG	Astronomía y Meteorología	sbulgano@udgserv.cencar.udg.mx
43	536	X	X				Burrola Sánchez María Sara	CIBNOR	Zona Costa	sburrola@cibnor.mx
44	324		X	X			Caballero Miranda Cecilia	UNAM	Geofísica	maga@tonatuh.igeofcu.unam.mx
45	704			X			Cabral Cano Enrique	UNAM	Geofísica	ecabral@tonatuh.igeofcu.unam.mx
46	51		X	X	X		Calmus Thierry	UNAM	Geología	lcalmus@servidor.unam.mx
47	246		X	X	X	X	Campa Uranga María Fernanda	UAEG	Ciencias de la Tierra	miemanda@data.net.mx
48	325	X	X		X		Campos Enríquez Oscar	UNAM	Geofísica	ocampos@tonatuh.igeofcu.unam.mx
49	480			X			Candela Pérez Julio	CICESE	Oceanología	jcandela@cicese.mx
50	581	X	X	X	X	X	Cañón Tapia Edgardo	CICESE	Ciencias de la Tierra	ecanon@cicese.mx
51	52	X	X	X	X	X	Carbajal Pérez Noel	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	noelc@ola.icmyl.unam.mx
52	557	X					Carbonell Ramón	CSIC	Ciencias de la Tierra	rcarbonell@ija.csic.es
53	54		X				Carcione José M.		Observatorio Geofísica Sperimentale	
54	321	X				X	Cárdenas Soto Martín	UNAM	Geofísica	martin@servidor.unam.mx
55	331	X			X		Carrasco Núñez Gerardo	UNAM	UNICIT/Geología	gerardoc@unicit.unam.mx
56	330	X	X		X		Carreño Ana Luisa	UNAM	Geología	anacar@servidor.unam.mx
57	694			X			Carrillo García Verónica Karina	CENAM	Óptica	vcarrill@cenam.mx
58	663	X	X	X			Castrejón González Israel	UAEG	Ciencias de la Tierra	castrejo@sacbe.fi-a.unam.mx
59	541	X		X	X		Castrejón Pineda Héctor R.	UNAM	Geofísica	raul@cicese.mx
60	47	X	X	X	X	X	Castro Escamilla Raúl	CICESE	Ciencias de la Tierra	
61	45	X		X			Castro Gorea Renato	UNAM	Geofísica	
62	49						Castro Leyva Teresa	IMP	Exploración y Producción	
63	53		X		X		Cerca Martínez Luis Mariano	UNAM	UNICIT/Geología	mcerca@unicit.unam.mx
64	664	X	X				Charre Meza Adolfo Salomé	IMP	Delegación Zona Marina	acharre@yahoo.com
65	65				X		Chávez Cabello Gabriel	UANL	Ciencias de la Tierra	gachavez@ccr.dsi.uanl.mx
66	68		X	X	X	X	Chávez Pérez Sergio	U NEVADA	Sismological Laboratory	
67	284			X	X	X	Choumiline Evgueni	IPN	CICIMAR	eshumili@vmredipn.ipn.mx
68	624	X					Cifuentes Nava Gerardo	UNAM	Geofísica	gercife@tonatuh.igeofcu.unam.mx
69	726			X	X	X	Cisneros Stojanowski Gerardo	SILICON GRAPHICS		gerardo@cray.com
70	805				X		Concha Dimas Aline	U NEVADA	Mackay School of Mines	aline@scs.unr.edu
71	736			X			Contreras Pérez Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	juanc@cicese.mx
72	558	X	X	X		X	Córdoba Barba Diego	UCM	Ciencias de la Tierra	dcordoba@eucoms.sim.ucm.es
73	683		X	X			Corona Chávez Pedro	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	pcorona@zeus.ccu.umich.mx
74	58	X					Corona Ruiz Martín	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto	
75	566	X					Correa Mora Francisco	UNAM	Geofísica	pancho@tonatuh.igeofcu.unam.mx
76	723		X	X		X	Cortés Cortés Abel	UCOL	Observatorio Vulcanológico	cortes@cgic.ucol.mx
77	699			X	X		Cruz Atienza Víctor Manuel	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	victor@ollin.igeofcu.unam.mx
78	59	X	X	X	X	X	Cruz Castillo Manuel	IMP	Gerencia de Geociencias	mcruz@www.imp.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
1	678	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
2	20	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
3	797	Nardo #2, Xaltocán	Xochimilco	México	D.F.	México	16090	70-472
4	16	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
5	271	Prol. El Mediero #517 Mod. F-201	San Gilberto	Zapopan	Jal.	México	45150	
6	19	Temaca #6241	Aragón Inguarán	México	D.F.	México	07820	
7	668	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
8	821	Hacienda el Cuidado #11	Fracc. Nuevo Bernárdez	Guadalupe	Zac.	México	98600	
9	4	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
10	3	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
11	676	Circuito Jardín #356-3	Alamos 3ª	Querétaro	Qro.	México	76160	
12	267	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
13	272	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
14	8	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
15	283	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
16	18	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
17	278	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	3636
18	21	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
19	13	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
20	814	Santiago Tapia #403, Edificio "U"	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58000	
21	827	Salto de los Salado #409	Fracc. Ojo Caliente	Aguascalientes	Ag.	México	20190	
22	10	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
23	757	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
24	287	UCLA - Box 951567		Los Angeles	CA.	USA	90095-1567	
25	296	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
26	28	Periférico Sur #8585		Tlaquepaque	Jal.	México	45090	31-175
27	29	Apdo. Postal No. 70-275	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-275
28	30	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
29	802	Meza de Anahuac #17-A	Volcanes	Oaxaca	Oax.	México		
30	701	Lic. Primo Verdad #206, Depto. 7	Zona Centro	La Paz	B.C.S.	México		128
31	305	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
32	31	Hornos #1003	Xoxocotlán	Oaxaca	Oaxaca	México	71230	
33	26	Calle 128A #29-15 Depto. 403		Santa Fé de Bogotá	Bogotá	Colombia		70472
34	461	Priv. 29 Ote. #1816	Mirador	Puebla	Pue.	México	72540	
35	711	Villa de San Miguel #36	San Miguel	Ensenada	B.C.	México	22760	
36	41	Apdo. Postal #1-475		Cuervavaca	Mor.	México	62001	1-475
37	37	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
38	34	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
39	27	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
40	24	Laureles #5-A	Loma Dorada	Guaymas	Son.	México	85465	349
41	32	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
42	632	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
43	536	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacoichampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
44	324	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
45	704	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
46	51	Apdo. Postal #1039	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	1039
47	246	Hacienda Xajay #426	Hda. Echeagaray	Naucaipan	EdoMéx	México	53300	
48	325	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
49	480	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
50	581	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
51	52	Apdo. Postal #811		Mazatlán	Sin.	México	82000	811
52	557	Luis Solé i Sabarís s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
53	54	P.O. BOX 2011		Opicina	Trieste	Italy	34016	2011
54	321	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-472
55	331	Apdo. Postal #1-742	Centro	Querétaro	Qro.	México	76001	1-742
56	330	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
57	694	Cerrada Heriberto Jara #18	F. V. Querétaro	Querétaro	Qro.	México	76000	
58	663	Ex-Hacienda de San Juan Bautista	Taxco el Viejo	Taxco	Gro.	México	40200	197
59	541	10 Ote. Manzana 33, Lote 6	Isidro Fabela	México	D.F.	México	14030	
60	47	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
61	45	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
62	49	Apdo. Postal #224	Oficina Correo	Cd. del Carmen	Camp.	México	24101	224
63	53	Apdo. Postal #1-742	Centro	Querétaro	Qro.	México	76001	1-742
64	664	Av. Universidad #12	Col. Petrolera	Cd. del Carmen	Camp.	México	24180	
65	65	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
66	68	Shelland #348	Cosmopolita	Azcapotzalco	D.F.	México		
67	284	Apdo. Postal #592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592
68	624	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
69	726	Av. Vasco de Quiroga #3000	Santa Fé	México	D.F.	México	01210	
70	805	Mackay School of Mines/172		Reno	Nevada	USA	89557-0138	
71	736	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
72	558	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
73	683	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
74	58	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
75	566	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
76	723	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
77	699	5 de Mayo #117	Tepepan	México	D.F.	México	16020	
78	59	Av. Volcán Fernandina #92	El Mirador	México	D.F.	México	14449	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
79	813				X		Cruz Orozco Rodolfo	UABCS	Geología Marina	rroca@balandra.uabcs.mx
80	309		X				Cuenca Julio César	UNAM	Ingeniería	julio@gea.ingen.unam.mx
81	686		X				Cupul Magaña Amílcar Levi	UDG	Recursos Naturales	cmagana@vallarta.cuc.udg.mx
82	559	X	X	X			Dañobeltia Juan José	CSIC	Ciencias de la Tierra	jidanobeltia@ija.csic.es
83	342	X				X	Davydova Belifskaya Valentina	UDG	Astronomía y Meteorología	vdavidov@udgserv.cencar.udg.mx
84	69	X	X	X	X	X	De Cserna Gombos Zoltan	UNAM	Geología	
85	72		X	X			De la Cruz Reyna Servando	UNAM	Geofísica	sdelacrr@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
86	73				X		De León Gómez Héctor	UANL	Ciencias de la Tierra	hdeleon@ccr.dsi.uanl.mx
87	784			X	X		Del Río Jesús Antonio	UNAM	CIE	antonio@servidor.unam.mx
88	82	X	X	X	X	X	Delgado Argote Luis Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	ldelgado@cicese.mx
89	75	X		X			Delgado Contreras Juan A.	CICESE	Oceanología	jdelgado@cicese.mx
90	338		X	X	X		Delgado Granados Hugo	UNAM	Geofísica	hugo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
91	688		X	X	X		Díaz Navarro Ricardo	IMP	Exploración Geofísica	ricky@orion.expl.imp.mx
92	454	X	X	X	X		Diego Orozco Arturo	IMP	Exploración y Producción	arturo@orion.expl.imp.mx
93	84			X		X	Dominguez Reyes Tonatiuh	UCOL	Ciencias del Ambiente	tonatiuh@ucol.mx
94	341	X	X	X	X	X	Dworak Robinson Juan A.	SEP	Tecnológico del Mar 03	jdworak@cicese.mx
95	573	X					Eliás Herrera Mariano	UNAM	Geología	elias@servidor.unam.mx
96	580				X	X	Escalona Alcázar Felipe de J.	IEMAZ	Ordenamiento Ecológico	fescalona@hotmail.com
97	343			X			Escobar Sánchez Alejandra	UANL	Ciencias de la Tierra	
98	86	X	X	X	X		España Hernández Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	fesparz@cicese.mx
99	87	X	X	X	X	X	Espindola Castro Juan Manuel	UNAM	Geofísica	jme@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
100	88	X	X	X	X		Espinosa Cardena Juan M.	CICESE	Ciencias de la Tierra	jespinos@cicese.mx
101	92	X			X		Fabriel Beauville Hubert	BRGM	Geophysics and Geological Imagery	h.fabriel@brgm.fr
102	346	X	X	X	X	X	Farreras Sanz Salvador	CICESE	Oceanología	sfarrera@cicese.mx
103	91	X	X		X	X	Ferrari Pedraglio Luca	UNAM	UNICIT	luca@unicit.unam.mx
104	137	X	X	X	X	X	Filonov Anatoly E.	UDG	CUCEI	afilonov@udgserv.cencar.udg.mx
105	97	X	X				Fletcher John M.	CICESE	Ciencias de la Tierra	jfletche@cicese.mx
106	679	X					Flores Cruz Fernando			
107	803				X		Flores Estrella Hortencia	UNAM	Ingeniería	flori@data.net.mx
108	348	X	X	X	X	X	Flores Luna Carlos Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	cflores@cicese.mx
109	817					X	Flores Maciel Roberto	UDG	CUCBA	romaciel@cucba.udg.mx
110	675	X	X	X	X		Forsythe Lance	CICESE	Ciencias de la Tierra	forsythe@cicese.mx
111	96	X	X	X	X		Frez Cárdenas José	CICESE	Ciencias de la Tierra	jofrez@cicese.mx
112	680	X	X	X	X		Fuentes Vargaz Carlos	UNAM	Geofísica	carlos@ollin.igeofcu.unam.mx
113	108	X	X	X	X	X	Galicia Pérez Marco Antonio	UCOL	CEUNIVO	galicia@volcan.ucol.mx
114	578	X	X				Gallegos Cruz Apolonio	IPN	Ciencias Básicas	
115	755				X		Garatza Payan Jaime	ITSON	Ingeniería en Admon. de Rec. H.	garatza@yaqui.itson.mx
116	101	X	X	X	X	X	García Abdeslem Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	lgarcia@cicese.mx
117	104	X	X	X	X		García Arthur Rosalía	CICESE	Ciencias de la Tierra	arthur@cicese.mx
118	372				X		García Córdova Joaquín	CICESE	Oceanología	joaquin@cicese.mx
119	819					X	García Cueto Rafael	UABC	Ingeniería	rcueto@ling.mxl.uabc.mx
120	820					X	García Daniel	UANL	Ciencias de la Tierra	
121	368	X	X	X	X	X	García García Fernando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	dire@ccaunam.atmosfcu.unam.mx
122	537			X		X	García Gutiérrez Alfonso	IIE	Fuentes Alternas de Energía	aggarcia@iie.org.mx
123	373				X	X	García y Barragán Juan Carlos	UNAM	Geología	jcarlosg@servidor.unam.mx
124	358		X	X	X	X	Garduño López Rene	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
125	100	X	X		X		Garduño Monroy Víctor Hugo	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	vgmonroy@zeus.ccu.umich.mx
126	650			X			Garza Rocha Daniel	UANL	Ciencias de la Tierra	dagarza@ccr.dsi.uanl.mx
127	724		X	X	X		Gavilanes Ruiz Juan Carlos	UCOL	Observatorio Vulcanológico	gavilan@cgic.ucol.mx
128	119	X	X	X	X	X	Gaviño Rodríguez Juan Heberto	UCOL	Oceanografía Física	gavinho@volcan.ucol.mx
129	366		X	X	X		Gay García Carlos	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	cgay@servidor.unam.mx
130	122	X	X	X	X	X	Glowacka Ewa	CICESE	Ciencias de la Tierra	glowacka@cicese.mx
131	353				X		Gómez González Juan Martín	UNAM	UNICIT	gomez@comin.unicit.unam.mx
132	811				X		Gómez López David Roberto			dgomez@xal.megared.net.mx
133	121	X	X	X	X	X	Gómez Treviño Enrique	CICESE	Ciencias de la Tierra	egomez@cicese.mx
134	112	X	X	X	X	X	Gómez Valdés José	CICESE	Oceanología	lgomez@cicese.mx
135	672	X	X	X	X		González Fernández Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	mindundi@cicese.mx
136	113	X	X		X		González García José Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	javier@cicese.mx
137	774				X	X	González Ibarra Alfonso	IMP	Gerencia de Prospección Geofísica	agibarra@imp.mx
138	118		X				González Morales Carlos A.	CICESE	Ciencias de la Tierra	cgonzalez@cicese.mx
139	99		X		X		González Morán Tomás	UNAM	Geofísica	tglez@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
140	807				X		González Yajimovich Oscar	UABC	Geología	
141	690		X				Gorsline Donn S.	USC	Earth Sciences	gorsline@earth.usc.edu
142	370	X	X		X		Graef Ziehl Federico	CICESE	Oceanología	fgrae@cicese.mx
143	388	X	X				Grajales Nishimura Manuel	IMP	Exploración Geofísica	grajales@geologia.unam.mx
144	570	X	X			X	Green Ruiz María de Jesús	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	mgreen@ola.icmyl.unam.mx
145	111	X	X				Guerrero García José C.	UNAM	Geología	josec@servidor.unam.mx
146	110			X			Guerrero Guadarrama José L.	CFE	Geotermia	geoexplo@mich1.telnet.net.mx
147	360				X		Guzmán Speziale Marco	UNAM	UNICIT	marco@ollin.igeofcu.unam.mx
148	126	X					Helenes Escamilla Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	jhelenes@cicese.mx
149	125		X	X	X	X	Herguera García Juan Carlos	CICESE	Oceanología	herguera@cicese.mx
150	572	X	X	X	X	X	Hernández Bernal María del Sol	UNAM	Geología	msol@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
151	582	X					Hernández Guerrero Joel	PEMEX	Integración e Interpretación	zyanya@hotmail.com
152	564	X					Hernández Treviño Teodoro	UNAM	Geofísica	tht@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
153	689		X				Herrera Charles Roberto	IPN	CITEDI	charles@citedi.mx
154	387		X	X	X		Hinojosa Corona Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	alhinc@cicese.mx
155	386			X	X	X	Huerta López Carlos I.	CICESE	Ciencias de la Tierra	huerta@cicese.mx
156	669	X					Hughes Simon	UNAM	Geofísica	shuhs@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
79	813	Carret. al Sur Km 5.5		La Paz	B.C.S.	México	23080	
80	309	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
81	686	Av. Universidad #203	Delegación Ixtapa	Puerto Vallarta	Jal.	México		
82	559	Lluís Solé i Sabarís s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
83	342	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
84	69	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
85	72	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
86	73	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
87	784	Apdo. Postal #34		Temixco	Mor.	México	62580	34
88	82	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
89	75	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
90	338	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
91	688	Hacienda Ajulapán #107	Hda. Echegaray	Naucalpan	EdoMéx	México	53310	
92	454	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
93	84	Av. Universidad #333		Colima	Col.	México		
94	341	Km 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85425	742
95	573	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
96	580	Av. López Velarde #428-2A	Centro	Zacatecas	Zac.	México	98000	
97	343	Blvd. Fundadores, Manzana 1, C-4	Fundadores	Saltillo	Coah.	México	25015	
98	86	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
99	87	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
100	88	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
101	92	117, Avenue de Luminy B.P. 167			Marseille cedex 9	France	13276	
102	346	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
103	91	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
104	137	Río Auitlán #2180-34	Altas	Guadalajara	Jal.	México	44421	407
105	97	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
106	679	Antonia Nava s/n Esc.Pri. Makarenko	Carmen Serdán	México	D.F.	México	04910	
107	803	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
108	348	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
109	817	Juárez #975	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México		
110	675	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
111	96	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
112	680	Plaza del Carmen #69	Plazas del Sol, 2a Sección	Querétaro	Qro.	México	76090	
113	108	Apdo. Postal #275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
114	578	Té #950	Iztacalco	México	D.F.	México	08400	
115	755	5 de Febrero # 818 Sur	Centro	Cd. Obregón	Son.	México		
116	101	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
117	104	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
118	372	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
119	819	Blvd. Benito Juárez s/n	Insurgentes Este	Mexicali	B.C.	México	21280	
120	820	Km 8, Carret. Cerro Prieto	Linares	N.L.	México		67700	
121	368	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
122	537	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
123	373	Quinta Mayor #133	Las Quintas	Hermosillo	Son.	México	83240	1039
124	358	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
125	100	Av. Rey Tariacuri #374-D	Villabellá	Morelia	Mich.	México	58090	
126	650	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
127	724	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
128	119	Apdo. Postal #275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
129	366	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
130	122	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
131	353	Apdo. Postal #1-742		Querétaro	Qro.	México	76001	1-742
132	811	Mendez Alcalde No. 3	Salud	Xalapa	Ver.	México	91070	
133	121	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
134	112	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
135	672	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
136	113	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
137	774	Magdalena #410, Depto. 303	Del Valle	México	D.F.	México	03100	14-805
138	118	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
139	99	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
140	807	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
141	690			Los Angeles	CA.	USA	90089-0740	
142	370	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
143	388	Tokio #921-202B	Portales	México	D.F.	México	3300	
144	570	Explanada de la Azada y Crestón		Mazatlán	Sin.	México	82040	
145	111	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
146	110	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
147	360	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
148	126	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
149	125	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
150	572	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
151	582	Av. Sitio Grande #2000 Edif. 3 Piso 1	Fracc. Carrizal	Villahermosa	Tab.	México	86035	270
152	564	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
153	689	Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
154	387	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
155	386	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
156	669	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
157	127	X	X	X			Huidobro González Adolfo	UNAM	Ingeniería	lermo@inti.lingen.unam.mx
158	128		X				Huizar Álvarez Rafael	UNAM	Geología	huizar@servidor.unam.mx
159	719		X	X	X	X	Hutton Wallis	U. WISCONSIN	Geophysical	wallis@geology.wisc.edu
160	700			X			Iglesias Mendoza Arturo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	amg@tornado.com.mx
161	722		X				Israde Alcántara Isabel	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	aisrade@zeus.ccu.umich.mx
162	131		X	X			Jacques Ayala Cesar	UNAM	Geología	jacques@servidor.unam.mx
163	130		X				Jáuregui Ostos Ernesto	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	ejos@ccaunam.atmosfca.unam.mx
164	735			X			Jiménez Sergio	UABC		
165	133	X					Jiménez Illescas Angel R.	IPN	CICIMAR	ajimenez@ipn9021.ipn.mx
166	132	X					Jiménez Jiménez Zenón	UNAM	Geofísica	zenon@igeofcu.unam.mx
167	752				X	X	Jödicke Hartmut	U. MUNSTER	Institut für Geophysik	jodicke@earth.uni-muenster.de
168	395		X	X			Juárez Sánchez Faustino	UNAM	Geofísica	tino@tonatihu.igeofcu.unam.mx
169	153			X			Keller Torres Jaime	UNAM	Ciencias Básicas	keller@servidor.unam.mx
170	238			X			Koshevaya Svetlana S.	INAOE		svetleana@tonali.inaoep.mx
171	135	X	X	X	X	X	Kostoglodov Vladimir	UNAM	Geofísica	vladimir@ollin.igeofcu.unam.mx
172	640	X					Kotsarenko Nikola Y.	UNAM	Geofísica	kotsaren@tonatihu.igeofcu.unam.mx
173	136	X					Kouzoub Nikolai	UANL	Ciencias de la Tierra	nkouzoub@ccr.dsi.uanl.mx
174	655	X		X	X		Kuraica Ogie	KINEMETRICS	Sales Manager	sales@kmi.com
175	61			X			Lara Lara Rubén	CICESE	Oceanología	rlara@cicese.mx
176	598	X					Lares Reyes María Lucila	CICESE	Oceanología	llares@cicese.mx
177	141	X	X	X		X	Lavin Peregrina Miguel F.	CICESE	Oceanología	mlavin@cicese.mx
178	399	X	X				Lázaro Mancilla Octavio	CICESE	Ciencias de la Tierra	olazaro@cicese.mx
179	483	X	X	X	X		Ledesma Vázquez Jorge	UABC	Geología	ledesma@bahia.ens.uabc.mx
180	404	X		X	X		Lermo Samaniego Javier Fco.	UNAM	Ingeniería	lermo@inti.lingen.unam.mx
181	828					X	Lesser Luis E.	ARIZONA STATE U.	Civil and Environmental Engineering	lesser@asu.edu
182	602	X					Lira Herrera Héctor	CFE	Residencia General de Cerro Prieto	
183	818					X	Lizarraga Celaya Carlos	UNISON	Física	carlos@fisica.uson.mx
184	730		X	X			Luch Cota Daniel Bernardo	CIBNOR	Geología Marina	dbluch@cibnor.mx
185	731		X				Luch Cota Salvador Emilio	CIBNOR	Geología Marina	sluch@cibnor.mx
186	273		X				Lobato Sánchez René	IMTA	Hidrología	rlobato@tajin.imta.mx
187	681			X			López Loera Héctor	UNAM	Geofísica	lopezdes@cofi.telmx.net.mx
188	146	X			X		López Mariscal Juan Manuel	CICESE	Oceanología	malope@cicese.mx
189	691			X			López Martínez Juana	CIBNOR	Evaluación y Manejo de Recursos	jlopez@cibnor.mx
190	145	X	X	X	X	X	López Martínez Margarita	CICESE	Ciencias de la Tierra	marlopez@cicese.mx
191	822					X	López Pineda Leobardo	CESUS	Geociencias	odranoe@yahoo.com
192	398	X					Lozada Zumaeta Manuel	IMP	Exploración Geofísica	manuel@orion.explimp.mx
193	615	X	X				Machain Castillo María Luisa	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	machain@ola.icml.unam.mx
194	154					X	Macías Vázquez José Luis	UNAM	Geofísica	macias@tonatihu.igeofcu.unam.mx
195	653	X					Magaña Rueda Víctor Orlando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	victor@belenos.atmosfca.unam.mx
196	542			X	X		Makarov Vyacheslav G.	IPN	CICIMAR	smakarov@redipn.ipn.mx
197	810				X		Malishewsky Peter G.	U. Jena	Institut für Geowissenschaften	mali@geo.uni.jena.de
198	175	X					Marinone Moschetto Silvio G.L.	CICESE	Oceanología	marinone@cicese.mx
199	157	X	X	X	X	X	Márquez Azúa Bertha	UDG	Estudios Históricos y Humanos	bmarquez@udgserv.cencar.udg.mx
200	823					X	Márquez García Antonio Zoilo	UAM	Ciencias Básicas y Salud	azmg@xanum.uam.mx
201	677	X	X				Márquez González Alvaro	UCM	Petrología y Geoquímica	alvaromg@eucmax.sim.ucm.es
202	319			X			Marshall Kyle Jeffrey	FRANKLIN MARSHALL C	Keck Institute	j_marshall@fandm.edu
203	673	X	X	X	X		Martín Atienza Beatriz	UCM	Ciencias de la Tierra	mindundi@cicese.mx
204	2	X	X	X	X		Martín Barajas Arturo	CICESE	Ciencias de la Tierra	amartin@cicese.mx
205	748				X		Martínez Díaz de León Asdrúbal	UABC	Investigaciones Oceanológicas	asdrubal@faro.ens.uabc.mx
206	408	X	X	X	X		Martínez García Mario	CIBNOR	Dirección General	mmartine@cibnor.mx
207	815					X	Martínez Hernández Enrique	UNAM	Geología	emar@servidor.unam.mx
208	156	X					Martínez Serrano Raymundo G.	UNAM	Geofísica	rms@tonatihu.igeofcu.unam.mx
209	630	X				X	Martínez Zatarain Alejandro	UDG	Astronomía y Meteorología	amartine@udgserv.cencar.udg.mx
210	161					X	Martiny Kramer Bárbara	UNAM	Geología	martiny@servidor.unam.mx
211	808				X		Mascareño Gastelum Ramón A.	UAS	Ciencias de la Tierra	alejandro_trami@hotmail.com
212	667	X	X	X	X	X	Matthes Miguel	APASCO	Ingeniería	
213	697			X			Mazariegos Alfaro Rubén A.	U TEXAS PAN AMERICAN	Physics and Geology	rubenm@panam.edu
214	436	X					Mejía Trejo Adán	UABC	Investigaciones Oceanológicas	amejia@bahia.ens.uabc.mx
215	164	X	X	X	X		Méndez Delgado Sostenes	UANL	Ciencias de la Tierra	somendez@ccr.dsi.uanl.mx
216	427			X			Mendieta Jiménez Francisco J.	CICESE	Dirección General	jmediet@cicese.mx
217	631		X				Meulener Peña Ángel R.	UDG	Astronomía y Meteorología	ameulene@udgserv.cencar.udg.mx
218	95	X					Michaud Francois	U PIERRE ET M. CURIE	Laboratoire de Géodynamique	micho@ccrv.obs-vlfr.fr
219	709			X			Milan Valdés Marcos	IPN	ESIA	milan@mexico.com
220	829					X	Molina Roberto	UNAM	UNICIT	luca@unicit.unam.mx
221	167	X	X		X		Montesinos Silva Genaro	UGTO	Ciencias Agrícolas	genaros@dulcinea.ugto.mx
222	414			X	X		Monzón Cesar Octavio	UDG	CUCEI	monzon@cucei.udg.mx
223	450			X			Morales Blake Alejandro	UCOL	Ciencias Marinas	mblake@volcan.ucol.mx
224	421	X	X			X	Morán Zenteno Dante Jaime	UNAM	Geología	dante@tonatihu.igeofcu.unam.mx
225	173	X	X	X	X		Morandi Soana María Teresa	U. DE LOS ANDES	Laboratorio de Geofísica	maria@ciens.ula.ve
226	619	X	X		X		Mortera Gutiérrez Carlos A.	UNAM	Geofísica	carlosm@ollin.igeofcu.unam.mx
227	608	X					Moya Juan Carlos	U. COLORADO	Geological Sciences	moya@creep.colorado.edu
228	439			X			Munehisa Sawada	CENAPRED		sawada@cenapred.unam.mx
229	160	X	X	X			Munguía Orozco Luis	CICESE	Ciencias de la Tierra	lmunguia@cicese.mx
230	682			X	X	X	Muñoz Diosdado Alejandro	IPN	UPIBI	amunoz@acei.upibi.ipn.mx
231	716					X	Murillo Nava Janette	IPN	CICIMAR	
232	434	X	X		X		Murieta Hernández José Luis	UVER	Fac. de Ingeniería Civil-Zona Xalapa	josef@dino.coacade.uv.mx
233	816					X	Nájera Garza Jesús		Consultor Privado	jng1207@hotmail.com
234	176		X		X		Natividad Baizabal Miguel Ángel	UVER	Ciencias Atmosféricas	navidad@dino.coacade.uv.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
157	127	Av. México #120	Del Carmen	México	D.F.	México	04100	
158	128	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
159	719	1215 West Dayton St.		Madison	WI	USA	53706	
160	700	Siracusa #130, Edif. 5-B-22	Lomas Estrella	México	D.F.	México	09890	
161	722	Edif. U, Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	
162	131	De la Rivera #21		Hermosillo	Son.	México	83288	
163	130	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
164	735			Ensenada	B.C.	México	22760	
165	133	Colegio Militar #192	Esterito	La Paz	B.C.S.	México	23020	592
166	132	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
167	752	Corrensstr 24 D-48149		Munster		Germany		
168	395	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
169	153	Fuente de la Juventud #64	Tecamachalco	Naucalpan	EdoMéx	México	53950	70-528
170	238			Puebla		México		
171	135	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
172	640	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
173	136	Pedro Noriega #569 Sur		Linares	N.L.	México	67700	
174	655	222 Vista Avenue		Pasadena	CA.	USA	91107	
175	61	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
176	598	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
177	141	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
178	399	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
179	483	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
180	404	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-472
181	828	Arizona State University, PO BOX 875306		Tempe	Arizona	USA	85287-5306	
182	602	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
183	818	Luis D. Colosio # 128-1	Zona Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
184	730	Apdo. Postal #128		La Paz	B.C.S.	México	23000	128
185	731	Km 0.5, Carret. al Conchalito		La Paz	B.C.S.	México	23000	
186	273	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
187	681	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
188	146	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
189	691	Retorno Mondorica #2056	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
190	145	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
191	822	Ley Federal del Trabajo Final s/n	Apolo	Hermosillo	Son.	México		
192	398	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
193	615	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70305
194	154	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
195	653	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
196	542	Av. IPN s/n	Playa Palo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	592
197	810	Burgweg 11		Jena		Germany	07749	
198	175	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
199	157	Av. Maestros y Mariano Bárcena		Guadalajara	Jal.	México	44260	
200	823	Av. Purísima y Michoacán	Vicentina		D.F.	México	09340	
201	677	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
202	319	625 W. Chestnut St.		Lancaster	PA	USA	17604	717
203	673	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
204	2	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
205	748	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
206	408	Km 1, Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
207	815	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
208	156	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
209	630	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44100	
210	161	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
211	808	Las Lichis #1839	Fracc. La Campiña	Culiacán	Sin.	México	80060	
212	667	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
213	697	810 Pacific Ave.		Edinburg	TX	USA	78539	
214	436	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
215	164	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
216	427	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
217	631	A las Praderas #320	Prados Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
218	95	La Darse B-P #48		Villefranche sur Mer	Paris	France	06230	
219	709	Acueducto #63	Acueducto	México	D.F.	México	01120	
220	829	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
221	167	Apdo. Postal #311		Irapuato	Gto.	México	36500	311
222	414	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
223	450	Villa Florencia #54	Fracc. Soleares	Manzanillo	Col.	México	28869	
224	421	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
225	173	Yagrumo, Quinta Frailejón	Sta. María Sur	Mérida	Mérida	Venezuela	05101	
226	619	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
227	608	1300, 30th, A1-24		Boulder	CO.	USA	80303	
228	439	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
229	160	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
230	682	Valle del Po #16	Valle de Aragón	Ecatepec	EdoMéx	México	55280	
231	716	Av. IPN s/n	Playa Palo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	
232	434	Zona Universitaria s/n		Jalapa	Ver.	México	91090	
233	816	Av. Sendero Encantado # 6240	Cortijo del Río	Monterrey	N.L.	México	64890	
234	176	Apdo. Postal #178	Centro	Jalapa	Ver.	México	91000	278

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
235	177	X	X	X	X	X	Nava Pichardo Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	fnava@cicese.mx
236	670	X	X		X		Nava Sánchez Enrique H.	IPN	CICIMAR	enava@redipn.ipn.mx
237	609			X			Nevárez Martínez Manuel Otilio	INP	CRIP Guaymas	nevarez@altavista.net
238	181	X	X		X	X	Nieto Samaniego Ángel Fco.	UNAM	UNICIT	afns@servidor.unam.mx
239	696		X	X		X	Norzaray Campos Mariano	IPN	CIIDIR-Sinaloa	nmunoz@debiel.com.mx
240	182	X	X	X	X	X	Núñez Cornú Francisco Javier	UDG	CUC, Vallarta	fcornu@vallarta.cuc.udg.mx
241	812				X	X	Núñez Peralta Marco Antonio	UAM	Física	manp@xanum.uam.mx
242	184					X	Obeso Nieblas Maclovio	IPN	CICIMAR	mniebla@redipn.ipn.mx
243	183	X	X	X			Ocampo Torres Francisco J.	CICESE	Oceanología	ocampo@cicese.mx
244	452	X		X	X		Ochoa De la Torre José Luis	CICESE	Oceanología	jochoa@cicese.mx
245	455	X	X			X	Oda Noda Bertha	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
246	782				X		Oesterreich Masuch	UANL	Ciencias de la Tierra	dmasuch@ccr.dsi.uanl.mx
247	714		X	X			Oleshko Klaudia	UNAM	Geología	siebe@servidor.unam.mx
248	568	X	X	X	X		Orozco Esquivel María Teresa	UNAM	Geología	torozco@unicit.unam.mx
249	665	X	X	X			Orta Francisco	APASCO	Ingeniería	
250	652			X			Ortega Guerrero Marcos Adrián	UNAM	UNICIT/Geología	maog@servidor.unam.mx
251	466			X		X	Ortega Rivera María Amabel	UNAM	UNICIT/Geología	amabel@servidor.unam.mx
252	713		X	X		X	Ortiz Alemán Carlos	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	carlos@servidor.unam.mx
253	809				X		Ortiz Sedano Arturo			
254	789				X		Ostroumov Mikhail	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	ostroum@zeus.ccu.umich.mx
255	191	X	X	X	X	X	Pacheco Alvarado Francisco J.	UNAM	Geofísica	javier@ollin.igeofcu.unam.mx
256	549	X					Padilla Arredondo Gustavo	CIBNOR	Unidad Guaymas	gpadilla@cibnor.mx
257	543	X		X		X	Pal Verma Jaiswal Mahendra	IIE	Geotermia	mahendra@iie.org.mx
258	189		X				Palma Guzmán Sergio Hugo	CFE	Geotermia	
259	190		X				Palma Pérez Oswaldo	CFE	Geotermia	
260	201	X	X	X	X		Pavía López Edgar	CICESE	Oceanología	epavia@cicese.mx
261	205		X				Payero De Jesús Juan S.	UASD	Física	jpayero@tricom.net
262	202	X	X	X	X		Paz Moreno Francisco Abraham	USON	Ciencias Exactas y Naturales	paz@marina.geologia.uson.mx
263	66	X			X		Pedrin Aviles Sergio	CIBNOR	Zona Costa	spedrin@cibnor.mx
264	286			X	X	X	Peláez Salvador Roberto	PEMEX	Exploración y Producción	pelaez_fi_unam@yahoo.com
265	706		X				Peraza Vizcarra Ramón	UAS	Ciencias del Mar	
266	200	X			X		Pereyra Díaz Domitilo	UV	Metereología Aplicada	dpereyra@speedy.coacade.uv.mx
267	457		X	X			Pérez de Tejada Héctor	UNAM	CECIMAC	hector@ifunam.ifisicaen.unam.mx
268	463		X		X		Pérez Enriquez Román	UNAM	UNICIT	roman@tonatihu.igeofcu.unam.mx
269	576			X			Pérez García Ismael	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	ismael@servidor.unam.mx
270	195		X	X			Pérez Rocha Luis Eduardo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	
271	762				X		Pérez Sesma José Antonio A.	UV	Ciencias Atmosféricas	pereyra@dino.coacade.uv.mx
272	197	X	X	X	X	X	Pérez Venzor José Antonio	UABCS	Ciencias del Mar	jperez@calafia.uabcs.mx
273	250	X	X		X		Peterson Villalobos Héctor	LIBRA		libra@telnor.net
274	204				X		Pola Simuta Cosme	UANL	Ciencias de la Tierra	
275	671	X					Prieto Mendoza Jesús José	UABCS		jprieto@calafia.uabcs.mx
277	788	X	X		X		Ramírez Aguilar Isabel	CICESE	Oceanología	iramirez@cicese.mx
278	674	X	X	X	X		Ramírez Hernández Jorge	UABC	Ingeniería	iramirez@ling.mxd.uabc.mx
279	638		X	X	X		Ramírez Herrera María Teresa	UNAM	Geografía	mteresa@igiris.igeograf.unam.mx
280	496	X	X	X	X		Ramírez Ruiz Juan José	UCOL	Observatorio Vulcanológico	ramirez@cgic.ucol.mx
281	211	X	X	X	X		Ramírez Trejo Ana Rosa			
282	212	X					Ramírez Vázquez Carlos Ariel	UCOL	CICBAS	carlosr@cgic.ucol.mx
283	209			X			Ramos Jiménez Esteban	CENAPRED		erj@cenapred.unam.mx
284	693		X				Ramos Leal José Alfredo	IPN	CIIDIR OAXACA	
285	208	X	X	X	X	X	Randall Roberts John	UGTO		randall@redes.imt.com.mx
286	213	X		X	X	X	Rebollar Bustamante Cecilio J.	CICESE	Ciencias de la Tierra	rebollar@cicese.mx
287	215	X	X	X	X	X	Reyes Dávila Gabriel Ángel	UCOL	CICBAS	gabrielr@cgic.ucol.mx
288	742				X		Reyes De la Gaita Jorge	CICESE	Oceanología	jreyes@cicese.mx
289	746				X		Reyes Trujillo Javier	UACAMP	Prog. de Corrosión Golfo de México	
290	595		X				Reyes Zamora César Alfonso	CICESE	Ciencias de la Tierra	reyesz@cicese.mx
291	221			X	X	X	Ripa Alsina Pedro	CICESE	Oceanología	ripa@cicese.mx
292	494					X	Rivera Rodríguez Jesús	UNAM	Estudios de Posgrado en Ingeniería	jrivera@servidor.unam.mx
293	717		X				Rocha Fernández José Luis	UV	Ciencias Atmosféricas	abraxas@speedy.coacade.uv.mx
294	490				X	X	Rodríguez Castañeda José Luis	UNAM	Geología	jrod@servidor.unam.mx
295	482	X					Rodríguez Castillo Ramiro	UNAM	Geofísica	rrdz@tonatihu.igeofcu.unam.mx
296	579		X	X			Rodríguez González Miguel	UNAM	Ingeniería	mrod@gea.lingen.unam.mx
297	225		X	X			Rodríguez Ramírez Joel	CICESE	Ciencias de la Tierra	joel@cicese.mx
298	698		X				Rodríguez Zúñiga José Luis	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	sanz@mpsnet.com.mx
299	493					X	Roldán Quintana Jaime	UNAM	Geología	jaimer@servidor.unam.mx
300	497	X	X			X	Romero Espejel J.G. Héctor	CICESE	Ciencias de la Tierra	hromero@cicese.mx
301	560	X					Romero Pascual Mercedes	UCM	Ciencias de la Tierra	romero@eucmos.sim.ucm.es
302	218	X	X	X	X	X	Romo Jones José Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	jromo@cicese.mx
303	475	X		X			Ronquillo Jarillo Gerardo	IMP	Estudios Geológicos	gerardo@orion.expl.imp.mx
304	611	X					Rosales Álvarez Julio	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto	
305	610	X					Rosales Grano Pedro	SEP	Tecnológico del Mar	
306	575	X		X	X	X	Rosas Elguera José	UDG	Ciencias de la Tierra	jrosas@quantum.ucting.udg.mx
307	708			X	X		Royo Ochoa Miguel	UACH	Posgrado	mroyo@seidel.ling.uach.mx
308	639	X					Rubio Culebras Eduardo	CSIC	Ciencias de la Tierra	erubio@ija.csic.es
309	242	X	X	X	X	X	Sabina Ciscar Federico	UNAM	IIMAS	ifs@uxmym1.iimas.unam.mx
310	826					X	Sakai Ricardo K.	U. NEW YORK	Atmospheric Science Research Center	sakai@asrc.cesrtn.albany.edu
311	228		X				Saldaña Flores Ricardo	IIE	Fuentes Alternas de Energía	rsf@p.ie.org.mx
312	472	X					Saldivar Medina Eric	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
235	177	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
236	670	Apdo. Postal #592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592
237	609	Blvd. Las Plazas #75	F. Las Plazas	Guaymas	Son.	México	85430	
238	181	Targanitos #1		Guanajuato	Gto.	México	36000	1-742
239	696	Av. Ticoman # 600	San José Ticoman	México	D.F.	México		
240	182	Apdo. Postal #96-B		Puerto Vallarta	Jal.	México		
241	812	Apdo. Postal #55-534		México	D.F.	México	09340	55-534
242	184	Av. IPN s/n	Playa Palo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	
243	183	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
244	452	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
245	455	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
246	782	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hda. de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
247	714	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
248	568	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
249	665	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
250	652	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
251	466	Apdo. Postal #1-742		Querétaro	Qro.	México	76230	1-742
252	713	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	14200	
253	809							
254	789	Edif. U, Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58070	52-B
255	191	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
256	549	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
257	543	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
258	189	Lic. Angel Compers #65	Dr. Miguel Silva	Morelia	Mich.	México	58120	
259	190	El Greco #5181	Real Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
260	201	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
261	205	Ciudad Universitaria		Santo Domingo		Rep. Dominicana		
262	202	Apdo. Postal #847	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	847
263	66	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
264	286	Manzana #72, Lote 1	J.M. Morelos, 5a Sección	Ecatepec	EdoMéx	México	55070	
265	706			Mazatlán	Sin.	México		
266	200	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
267	457	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2681
268	463	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
269	576	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
270	195	Santa María #214	Maninaco	Azcapotzalco	Edo. de México	México		
271	762	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
272	197	Km 5.5, Carret. al Sur	Universitaria	La Paz	B.C.S.	México	23000	19-B
273	250	Priv. Ixtlahuati #100	La Sierra	Tijuana	B.C.	México	22170	
274	204	16 de Septiembre #606 Poniente		Linares	N.L.	México	67770	
275	671	Retorno Mango #1855	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
277	788	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
278	674	P.O. BOX 3439		Calexico	CA	USA	92232	
279	638	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
280	496	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
281	211	Apdo. Postal #343		Ajijic	Jal.	México	45920	343
282	212	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
283	209	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
284	693	Av. Homos #1003	Ampliación Indeco	Xoxocotlan	Oax.	México	71230	
285	208	Mineral de la Valenciana #2	Marfil	Guanajuato	Gto.	México	36250	42
286	213	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
287	215	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
288	742	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
289	746	Agustín Melgar s/n		Campeche	Camp.	México		
290	595	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
291	221	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
292	494	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
293	717	Altamirano #99	Centro	Jalapa	Ver.	México	91000	628
294	490	Misión de Caborica #14	Bachoco	Hermosillo	Son.	México	83148	
295	482	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
296	579	Río Bamba #674	Lindavista	México	D.F.	México		70472
297	225	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
298	698	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	14200	
299	493	Quinta Mayor #133	Las Quintas	Hermosillo	Son.	México	83240	
300	497	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
301	560	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
302	218	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
303	475	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
304	611	Km 26.5, Carret. Pascualitos-Pescadero	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
305	610	Km 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85480	742
306	575	Apdo. Postal #4-045	Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	México	44840	4-045
307	708	Priv. Altamirano #3511	Santo Niño	Chihuahua	Chih.	México	31320	
308	639	Luis Solé i Sabaris s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
309	242	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	20726
310	826			Albany	New York	USA	12203	
311	228	Av. Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
312	472	Ganadería La Laguna #38	Jardines del Toreo	Morelia	Mich.	México		

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. • Miembros 2001

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	2001	Nombre	Institución	División o Instituto	E-mail
313	607			X			Salinas Prieto José Antonio	IMTA	Hidrometeorología	jsalinas@tajin.imta.mx
314	712		X				Sánchez Gómez Rubén	UDG	CUCEI	rubens@udgserv.cencar.udg.mx
315	226	X	X				Sánchez Monclú Alfredo	IMP	Exploración y Producción	alfredo_sanchez@hotmail.com
316	509				X		Sánchez Pérez Juan	CFE		jsanchez@cfe.gob.mx
317	227		X		X		Sánchez Zamora Osvaldo	UNAM	Geofísica	osvaldo@ollin.igeofcu.unam.mx
318	241	X					Santamaría Saldaña Dora Elva	CFE	Gerencia de Ingeniería Civil	sismo00@cfe.gob.mx
319	527	X		X			Sarmiento López Citlali	IMP	Proceso Registros Geofísicos	
320	230	X	X	X	X		Schaaf Peter	UNAM	Geofísica	pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
321	727		X				Schultz David M.	NSSL	NOAA	schultz@nssl.noaa.gov
322	825					X	Sekerzh Zenkovich Sergey	UNISON	Física	sekr@fisica.uson.mx
323	233		X	X	X	X	Silva García José Teodoro	IPN	CIDIR	tsilva@vmredipn.ipn.mx
324	1	X	X	X	X	X	Singh Shri Krishna	UNAM	Geofísica	krishna@ollin.igeofcu.unam.mx
325	232		X	X			Skiba Yuri N.	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	skiba@servidor.unam.mx
326	512		X				Soler Arechalde Ana María	UNAM	Geofísica	anesoler@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
327	234				X		Sosa Uscanga Ignacio	UV	Instrumentación Electrónica	
328	804				X		Sotelo Parra Anselmo	GOB. MORELOS	Protección Civil	
329	806				X		Staines Urias Francisca	UABC	Geología	
330	235	X	X	X	X		Steinich Birgit	UNAM	UNICIT	birgit@unicit.unam.mx
331	519	X	X	X	X	X	Stock Joanne M.	CALTECH	Seismology	jstock@gps.caltech.edu
332	634	X			X		Suárez Ariaga Mario Cesar	UNAM	DEPFI	msuarez@zeuz.ccu.umich.mx
333	231		X	X	X	X	Suárez Plascencia Carlos	UDG	CUCSH	csuarez@udgserv.cencar.udg.mx
334	515	X					Suárez Reynoso Gerardo	UNAM	Geofísica	gerardo@ollin.igeofcu.unam.mx
335	236	X			X	X	Suárez Vidal Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	fsuarez@cicese.mx
336	502	X					Suter Cargnelutti Max	UNAM	Geología	sutemax@aol.com
337	533			X			Talavera Mendoza Oscar	UAEG	Ciencias de la Tierra	
338	705		X				Tapia Armenta Juan	IPN	CITEDI	jitapia@citedi.mx
339	249	X		X	X		Taran Yuri	UNAM	Geofísica	taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
340	243				X	X	Tejeda Martínez Adalberto	UV	Ciencias Atmosféricas	atejeda.speedy.coacade.uv.mx
341	718			X			Téllez Duarte Miguel Angel	UABC		
342	245	X	X	X	X	X	Tereshchenko Irina E.	UDG	CUCEI	itereshc@udgserv.cencar.udg.mx
343	532	X	X	X	X		Tolson Jones Gustavo	UNAM	Geología	tolson@servidor.unam.mx
344	247				X		Torres Hernández José R.	UNAM	Geofísica	
345	604	X	X	X			Torres Orozco Ernesto	UCOL	Oceanografía Física	etorres@cgic.ucol.mx
346	528	X	X				Trasviña Castro Armando	CICESE	Oceanología	trasvi@cicese.mx
347	828				X	X	Ulacco Humberto	U. AUTONÓMA SAN LUIS	Geología	
348	622	X	X				Urrutia Fucugauchi Jaime	UNAM	Geofísica	juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
349	781				X		Vai Rossana	IMP		
350	548			X			Valdés González Carlos	UNAM	Geofísica	carlosv@ollin.igeofcu.unam.mx
351	138	X	X	X	X	X	Valenzuela Wong Raúl	UNAM	Geofísica	raul@ollin.igeofcu.unam.mx
352	531			X			Valle Levinson Arnoldo	OLD DOMINION U	Center for Coastal Physical O	arnoldo@ccpo.odv.edu
353	254	X	X	X	X	X	Vázquez González Rogelio	CICESE	Ciencias de la Tierra	rvazquez@cicese.mx
354	695		X	X			Vázquez Jaimés María Elena	CICESE	Ciencias de la Tierra	
355	725		X				Vega Granillo Ricardo	USON	Geología	rickvega@geologia.uson.mx
356	545	X					Velasco Climaco Nector	IMP		
357	546			X			Venegas Salgado Saúl	CFE	Geotermia	cfeinf@mail.giga.com
358	738				X		Vera Sánchez Jorge Ramón	PEMEX	Exploración y Producción	
359	171	X			X	X	Victoria Morales Alfredo	UNAM	Ingeniería	victoria@servidor.unam.mx
360	540	X	X	X	X	X	Vidal Villegas Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	vidalv@cicese.mx
361	547	X	X				Villanueva Urrutia Elba Elsa	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	eevu@ccaunam.atmoscu.unam.mx
362	648	X				X	Villegas García Cesar José	SCINTREX	Servicios Geofísicos Especializados	cvillega@intercable.net
363	255	X					Villicaña Cruz Francisco J.	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	
364	743			X	X		Watts Christopher	IMADES		
365	259	X	X	X	X		Wong Ortega Víctor	CICESE	Ciencias de la Tierra	vwong@cicese.mx
366	376	X	X	X	X	X	Yussim Guarneros Sergio	UNAM	Geología	yussim@servidor.unam.mx
367	262	X	X		X	X	Zárate Del Valle Pedro F.	UDG	Ciencias de la Tierra	pzarate@quantum.ucting.udg.mx
368	707		X				Zárate Vázquez María	UNAM	Ingeniería	mariaz@servidor.unam.mx
369	93		X				Zavala Jorge	UNAM		igs@servidor.unam.mx
370	261	X	X	X	X		Zobin Vyacheslav M.	UCOL	Observatorio Vulcanológico	vzobin@cgic.ucol.mx

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

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
313	607	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
314	712	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
315	226	Apdo. Postal #224	Oficina Correo	Cd. del Carmen	Camp.	México	24101	224
316	509	Oklahoma #85, Piso 4	Napoles	México	D.F.	México	03810	
317	227	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
318	241	Zaragoza #17	Tulyehualco	México	D.F.	México	16700	16700
319	527	Calle 42 #28	Tacubaya	Ciudad del Carmen	Camp.	México		
320	230	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán		D.F.	México	04510	70472
321	727	1313 Halley Circle		Norman	OK	USA	73069	
322	825	Bld. Encinas y Transversal	Zona Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
323	233	Justo Sierra #28		Jiquilpan	Mich.	México		
324	1	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
325	232	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
326	512	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
327	234	Loma del Estadio s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91000	136
328	804	8 Norte, Manzana 262, Lote 11	Los Robles	Jiutepec	Mor.	México	62500	
329	806	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	453
330	235	Campus Juriquilla/Dom. Conocido	Juriquilla	Querétaro	Qro.	México	76230	1-742
331	519	2824 Shakespeare Drive		San Marino	CA.	USA	91108	
332	634	Patzimba #438	Vista Bella	Morelia	Mich.	México	58090	
333	231	Kilimanjaro #1727	Independencia	Guadalajara	Jal.	México	44240	
334	515	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
335	236	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
336	502	Apdo. Postal #1039		Hermosillo	Son.	México	83000	1039
337	533	Ex-Hacienda de San Juan Bautista	Taxco el Viejo	Taxco	Gro.	México	40200	197
338	705	Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
339	248	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
340	243	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
341	718	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	
342	245	Rio Aulán #2180-34	Atlas	Guadalajara	Jal.	México	44421	4-040
343	532	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
344	247	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
345	604	Constitución #37	Morelos	Manzanillo	Col.	México	28217	
346	528	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
347	828	Chacabuco #917-5700		San Luis	San Luis	Argentina		
348	622	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
349	781	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
350	548	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
351	138	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
352	531	768 52nd St.		Norfolk	VA	USA	23529	
353	254	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
354	695	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
355	725	Bld. Transversal y Rosales	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
356	545	Calle 42 #28	Tacubaya	Ciudad del Carmen	Camp.	México		2732
357	546	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	
358	738	Isidoro Olvera # 26	Presidente Ejidal	México	D.F.	México	00440	
359	171	Luis Martínez del Campo #39	Romero de Terreros	México	D.F.	México	04310	
360	540	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
361	547	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
362	648	Sierra Nevada #207	Villas del Valle	Garza García	N.L.	México	66288	
363	255	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
364	743	Reyes y Aguascalientes s/n		Hermosillo	Son.	México	83190	
365	259	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
366	376	Atotonilco #88	Felipe de Jesús	México	D.F.	México	07510	
367	262	Av. Revolución #1500		Guadalajara	Jal.	México	44410	4021
368	707	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
369	93	Parque del Conde #12	San José Insurgentes	México	D.F.	México	03900	
370	261	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	



UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

REUNIÓN ANUAL 2001

Puerto Vallarta, Jalisco, México

5 - 9 de Noviembre



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:

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

Tanto para los trabajos orales, como para los carteles, deberá presentarse un resumen por escrito utilizando el formato que se encuentra en la página <http://www.ugm.org.mx>, ya sea por esa vía, o enviándolo a ugm@cicese.mx, utilizando el mismo formato.

Información adicional, tanto para ponentes, como para expositores de instrumentos, equipos y servicios geocientíficos en: <http://www.ugm.org.mx>, o con:

Araceli Chamán, IGFUNAM
E-mail: achaman@igeofcu.unam.mx
Tel.: 5622-4130,

Ivonne Pedrín, CICESE
E-mail: ipedrin@cicese.mx
Tel.: (6)175-5050, Ext. 26004

No se aceptarán resúmenes enviados por FAX.

Fecha límite para recibir resúmenes - Agosto 15, 2001

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	\$ 1,000.00
a la	No miembros	\$ 1,500.00
Reunión	Estudiantes	\$ 550.00
	Costo de resumen	\$ 200.00
	Membresía Investigador	\$ 350.00
	Membresía Estudiante	\$ 250.00

Costo por habitación doble o sencilla:
\$ 900.00 + impuestos y propinas (\$50.00 a bellboys entrada y salida y \$25.00 a camaristas por noche).

Registro en el hotel sede desde el 4 de Noviembre a partir de las 16:00 hrs.

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



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 Giron
Instituto de Geología, UNAM
Laboratorio de Rayos X
Circuito de la Investigación Científica
Cd. Universitaria, D.F., 04510, México
Tel.: (5) 622-4319

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

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



Posgrado

Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra

GEOLOGÍA

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

GEOFÍSICA APLICADA

Exploración Geofísica
Simulación Numérica
Problemas Inversos
Electromagnetismo
Geofísica Marina
Geohidrología

SISMOLOGÍA

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

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

Para mayores informes dirigirse a:

CICESE

Dirección de Estudios de Posgrado
Apartado Postal 2732
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada
Ensenada, Baja California
C.P. 22860, México
Tel. 01(6)174-5050 Ext. 23001
Fax: 01(6)174-4880
<http://www.cicese.mx>



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



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

***AGUAS SUBTERRÁNEAS
ESTRATIGRAFÍA
EXPLORACIÓN
FÍSICA DE LA ATMÓSFERA
FÍSICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA
FÍSICA ESPACIAL
GEOLOGÍA AMBIENTAL***

***GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TECTÓNICA
GEOQUÍMICA Y PETROLOGÍA
MODELACIÓN MATEMÁTICA Y
COMPUTACIONAL DE SISTEMAS TERRESTRES
SISMOLOGÍA
VULCANOLOGÍA***

SEDE

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

BECAS

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

INFORMES E INSCRIPCIONES

Coordinación del Posgrado en Ciencias de la Tierra
Instituto de Geofísica, UNAM

Cd. Universitaria, Circuito de la Investigación Científica, 04510, México, D.F.

Tels.: 52 (5) 622-4130, 622-4137 Fax: 52 (5) 622-4097

E-mail: coord@anahuac.igeofcu.unam.mx

<http://nundehui.igeofcu.unam.mx/posgrado.html>

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

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

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

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

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

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

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

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

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



ASOCIACION
GEOTERMICA
MEXICANA

ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA

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

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

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



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA



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

FÍSICA DEL OCÉANO Y DE LA ATMÓSFERA

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

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

E-mail: itereshc@ccip.udg.mx

Página WEB: <http://fisica.cucei.udg.mx>



Maestría y Doctorado en Ingeniería Hidráulica



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

Las asignaturas que se imparten son, entre otras:

***Hidráulica General
Métodos Matemáticos
Mecánica de Fluidos
Hidrología de Superficie***

***Irrigación y Drenaje
Geohidrología
Métodos Numéricos
Obras Hidráulicas***

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

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

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

POLÍTICA EDITORIAL

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

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

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

Cuando el autor reciba la notificación de aceptación, se le solicitará que envíe su manuscrito en disquette o por correo electrónico para ser armado en el formato de la revista. No se enviarán pruebas de galera. Sugerimos que se utilicen los procesadores de textos WORD, aunque también se aceptarán en ASCII. Las ilustraciones que acompañen el manuscrito podrán ser enviadas en disquette o por correo electrónico, en cualquiera de los siguientes formatos: TIF, EPS, PS, DXF, DWG, PDF, GIF, JPG y WMF.

Si se desean sobretiros, el autor responsable deberá mencionarlo al editor al enviar la versión final de su artículo. Los sobretiros serán pagados por el autor, a razón de \$5.00 M.N. la página del artículo, multiplicado por el número de sobretiros solicitados.

RESUMEN

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

INTRODUCCIÓN

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

METODOLOGÍA

La metodología empleada en el trabajo deberá ser descrita con suficiente detalle. Secciones de interés marginal deberán ser diferidas a un apéndice.

RESULTADOS

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

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

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

dos previamente, así como las implicaciones teóricas y las aplicaciones prácticas del trabajo.

REFERENCIAS

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

FORMATO PARA CITAS

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

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

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

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

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

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

UNIDADES

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

densidad en g/cm^3

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): _____

TÍTULO: _____

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

NOMBRE Y FIRMA
(opcional)

**Recordamos a todos los miembros de la Unión Geofísica Mexicana, A.C.
que la cuota para el 2001 es de \$350.00 para investigadores
y \$250.00 para estudiantes.**

página internet: www.ugm.org.mx

Favor de hacer llegar su cuota a:

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

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

Con un cordial saludo

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

Costo anual de anuncios en GEOS

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

GEOS

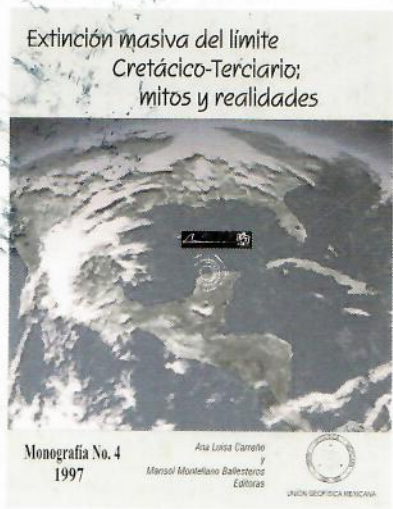
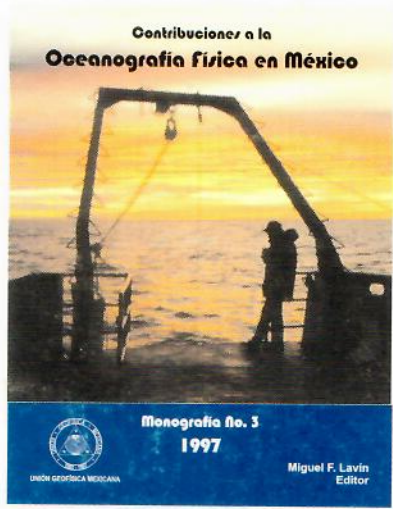
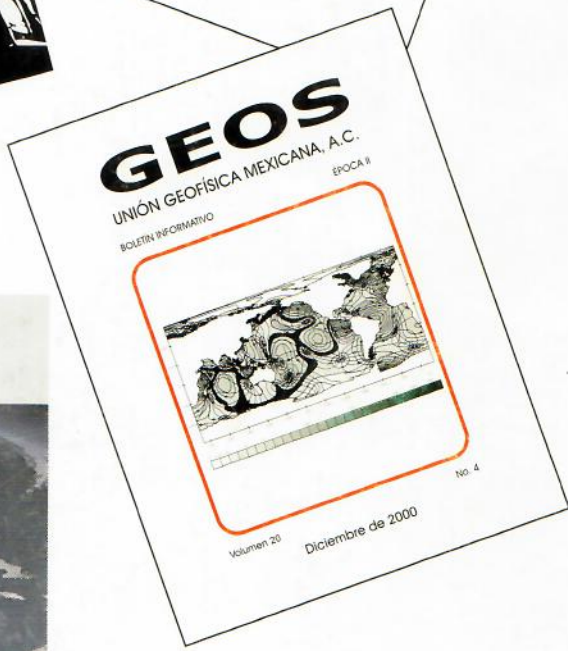
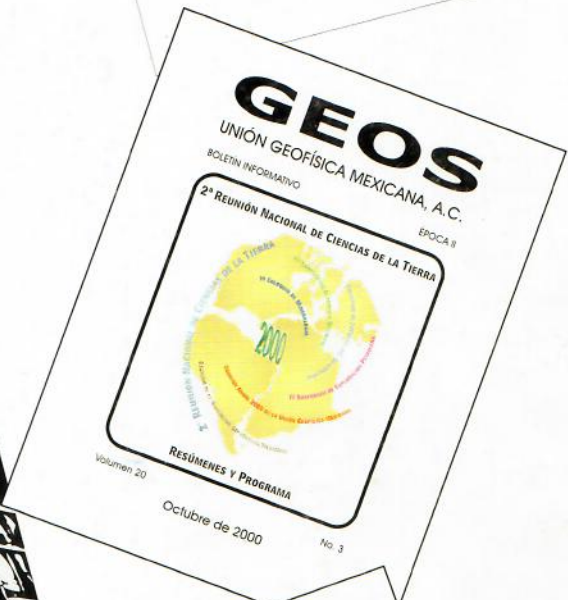
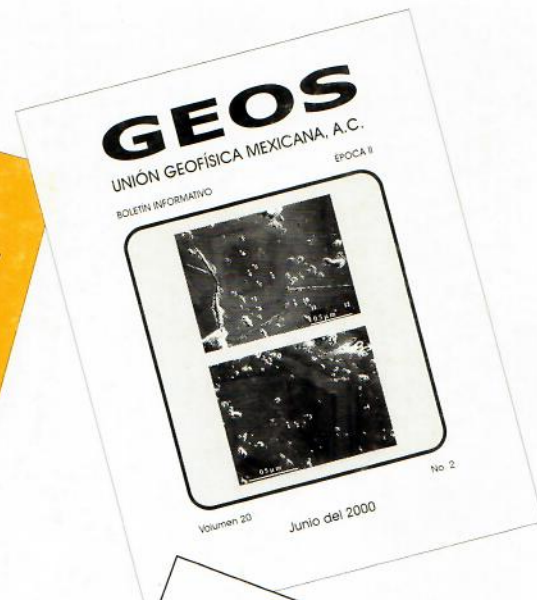
Revista a la venta con:

Costo del ejemplar \$60.00

Ivonne Pedrín Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(6)174-5050
Ext: 26004
E-mail: ipedrin@cicese.mx

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





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