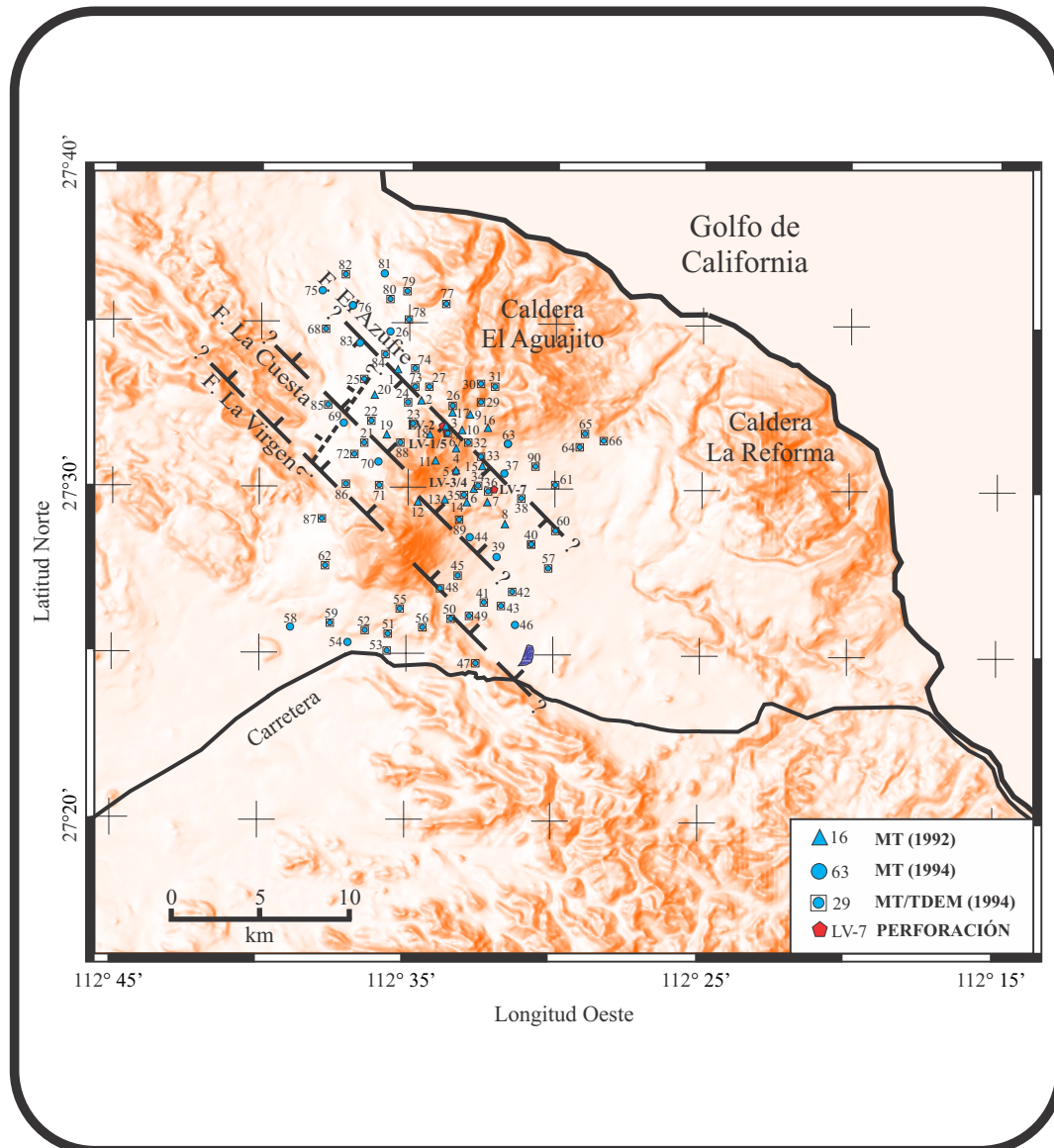


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 20

No. 1

Marzo del 2000

GEOS

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

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

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

Dr. Fernando García García
Presidente

Dr. Juan García Abdeslem
Vicepresidente

Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi
Secretario General

Dr. Luca Ferrari Pedraglio
Tesorero

Dr. Enrique Gómez Treviño
Secretario de Investigación

M.C. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

Dr. Gustavo Tolson Jones
Secretario de Educación

Dr. Julián Adem Chain
Presidente Honorario

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

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

Editores

COMITE EDITORIAL

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

Victor Manuel Frías Camacho
María Cristina Álvarez Astorga
APOYO TÉCNICO EDITORIAL

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 Carretera Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, Baja California, México
Tel. (6) 174-5050, Ext. 26060
Fax: (6) 175-0559
E-mail: ldelgado@cicese.mx

EDITORIAL

Editorial	... 1
------------------	-------

INVESTIGACIÓN

El graben de Queretaro, México. Observaciones de fallamiento activo	... 2
--	-------

Gerardo de Jesús Aguirre Díaz, F. Ramón Zuñiga Dávila Madrid, Francisco Javier Pacheco Alvarado, Marco Guzmán Speziale, Jorge Nieto Obregón.

Estudio de la deformación en las Islas San Lorenzo y Las Animas, Golfo de California: Implicaciones sobre su desplazamiento como bloque rígido desde el plioceno tardío.	... 8
---	-------

Escalona Alcázar, F.J., Delgado Argote, L.A.

Conductividad eléctrica y atenuación de ondas de coda en el campo geotérmico Las Tres Vírgenes en Baja California Sur, B.C..	... 21
---	--------

José M: Romo Jones, Víctor Wong Ortega, Carlos Flores Luna, Rogelio Vázquez González

Visualización de patrones de radiación sísmica con <i>Mathematica</i>	... 30
--	--------

J. Frez C.

DIVULGACIÓN

El horario de verano, el año 2000 y las olimpiadas de Ciencias de la Tierra	... 39
--	--------

Enrique Gómez Treviño

Evaluación del "impacto" científico	... 45
--	--------

Gerardo Bocco

REPORTE

Sismicidad del Noroeste de México	... 47
--	--------

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

Continuación

COMUNICACIONES

**Acta de la asamblea general de la Reunión Anual 1999 de la
Unión Geofísica Mexicana** ... 49

POLITICA EDITORIAL ... 66

EDITORIAL

Hace unas semanas, los que trabajamos en los centros SEP-CONACYT, recibimos una dotación para nuestros proyectos internos equivalente al 10.43% de sus presupuestos anuales. Este fue el segundo depósito a nuestras cuentas y debe ser útil para operar hasta **julio**. No sabemos si las universidades e instituciones tecnológicas federales gozan del mismo trato (esperamos que no) y si esta medida tiene por objeto desviar en un casi 79% nuestra atención en las investigaciones que desarrollamos para atender la interesante y propositiva contienda política con miras a las elecciones presidenciales (esperemos que no). Con ganas de poner en duda los buenos motivos de esta novedosa forma de distribución del presupuesto, podemos suponer que es más importante garantizar fondos para el ejercicio de la democracia que para continuar con los monitoreos sísmicos, volcánicos, de mareas o meteorológicos. La misma suerte corren los laboratorios que no pueden surtir de insumos, los experimentos que en ambientes naturales deben efectuarse en el invierno o en la primavera y, como éstos, deben abundar los casos particulares.

A finales del año pasado ya se habían oído voces indignadas por los “presupuestos insultantes” (L. Benítez; Lunes en la Ciencia, La Jornada, 6 de diciembre) destinados a la Ciencia y a la Tecnología, pues a este rubro, que no recibió incremento alguno con respecto al año anterior, se le asignó el equivalente a la tercera parte del presupuesto otorgado al IFE.

A través de Internet consultamos fuentes que informan que en el 2000 el sector cultura sufrirá una disminución del 4.2% con relación al año anterior y que la SEP, después de PEMEX y CFE, es la instancia federal más afectada; entonces, ¿cómo dotaremos de computadoras a los escolares y cómo les pagaremos a los *teachers*? En el uso del forzoso tiempo libre, no encontramos propuestas concretas en materia de desarrollo científico y tecnológico; en su lugar, lo que hallamos fueron abundantes declaraciones en las que los candidatos se comprometen a “apoyar decididamente” a la educación, a la ciencia y a la tecnología.

Consideramos muy desafortunado que, ni aún con el objetivo de conseguir votos, al sector de la población encargado de educar e investigar se le trate con tal indiferencia. Y lo peor es que nada nos hace pensar que en los próximos seis años esta situación pueda cambiar, a menos de que en el transcurso de ese periodo el proyecto de país cambie o, por lo menos, se inicie un programa inteligente de aplicación de estímulos fiscales a estas actividades estratégicas para el desarrollo.

Finalmente, es muy poco probable que una política administrativa de la ciencia y la tecnología dictada por personas sin educación formal, ni experiencia alguna en investigación, pueda dar frutos. Por ello, es absolutamente necesario que los próximos funcionarios-administradores se nutran de primera mano de las experiencias de los investigadores, ya sea a través de sus órganos colegiados o de visitas directas (evitando el maquillaje, por supuesto) a los centros de investigación.

EL GRABEN DE QUERÉTARO, MÉXICO. OBSERVACIONES DE FALLAMIENTO ACTIVO

Gerardo de Jesús Aguirre-Díaz¹, F. Ramón Zúñiga-Dávila Madrid², Francisco Javier Pacheco-Alvarado³, Marco Guzmán-Speziale² y Jorge Nieto-Obregón⁴

¹ UNICIT, Instituto de Geología, UNAM, Campus Juriquilla, A.P. 1-742, Querétaro, Qro., 76001, Mexico

E-mail: gjad@servidor.unam.mx

² UNICIT, Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Juriquilla, A.P. 1-742, Querétaro, Qro., 76001, Mexico

³ Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, México, D.F., 04100, México

⁴ División de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, UNAM, Circuito Interior, Ciudad Universitaria, México, D.F., 04100, México.

RESUMEN

La ciudad de Querétaro se ubica en una fosa, o graben, limitada por fallas normales NNW-SSE al occidente y oriente respectivamente, y por fallas normales ENE-WSW al norte y sur respectivamente. Algunas de las fallas NNW-SSE del graben de Querétaro son más jóvenes que el sistema ENE-WSW, ya que las primeras desplazaron a fallas del segundo. El sistema ENE-WSW es reportado en otros trabajos como sísmicamente activo. El sistema NNW-SSE es también sísmicamente activo; una falla NNW al sureste de la ciudad de Querétaro registró sismicidad de hasta 3.0° durante enero y febrero de 1998. Agrietamientos y hundimientos en el terreno en la parte occidental de la ciudad de Querétaro se asocian a una falla SSE que cruza esa parte de la ciudad y a la compactación diferencial de sedimentos por la sobreexplotación del acuífero de Querétaro. Las fallas NNW-SSE son parte del sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende, que a su vez es parte de la provincia extensional de Cuencas y Sierras. El sistema ENE-WSW es parte del sistema de fallas Chapala-Tula, el cual es interpretado por otros autores como un sistema intraarco del Cinturón Volcánico Mexicano.

INTRODUCCIÓN

El valle de Querétaro se ubica en la intersección de dos sistemas de fallas regionales, cada uno con varias centenas de kilómetros de largo. Uno tiene una orientación norte-noroeste (NNW) y es conocido como Sistema de Fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) (Demant, 1978) (Fig. 1); el otro tiene una orientación este-noreste (ENE) y se le conoce como Sistema de Fallas Chapala-Tula (SFCHT) (Johnson y Harrison, 1990). Ambos sistemas se intersectan en una amplia franja que abarca al menos desde Huimilpan, Querétaro (Qro.), hasta Santa Rosa Jáuregui, Qro., y desde Apaseo El Alto, Guanajuato, hasta Amazcala, Qro., (Fig. 2). Esta intersección de sistemas produjo un arreglo ortogonal de fallas normales que forma un mosaico de horsts, grabens y semigrabens, que culminan con el graben de Querétaro.

En el presente trabajo resumimos algunas de las características observadas en las fallas de la ciudad de Querétaro y sus alrededores, mencionamos la reciente sismicidad relacionada a una falla normal con rumbo NNW, que ocurrió en las cercanías de Sanfandila, Qro, y mostramos ejemplos de los daños ocasionados a la infraestructura urbana asociados a una de estas fallas. Una descripción más completa de las fallas y geología de esta región y de la sismicidad relacionada a la falla de Sanfandila será publicada en otro trabajo en preparación (Aguirre-Díaz *et al.*).

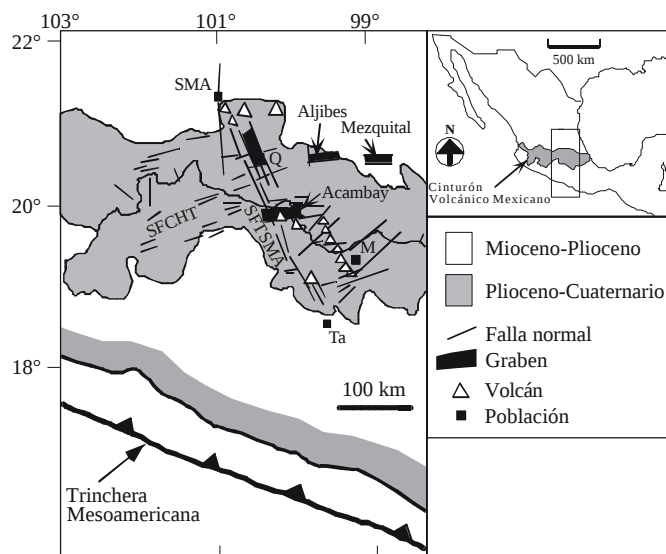


Figura 1.- Mapa índice del sector central del Cinturón Volcánico Mexicano, y de los principales sistemas de fallas Taxco-San Miguel de Allende (sistema NNW-SSE) y Chapala-Tula (sistema WSW-ENE).

EL GRABEN DE QUERÉTARO

En la Fig. 2 es posible observar que el arreglo ortogonal de fallas de los sistemas NNW y ENE produce dos orientaciones principales para el graben de Querétaro: una limitada por fallas

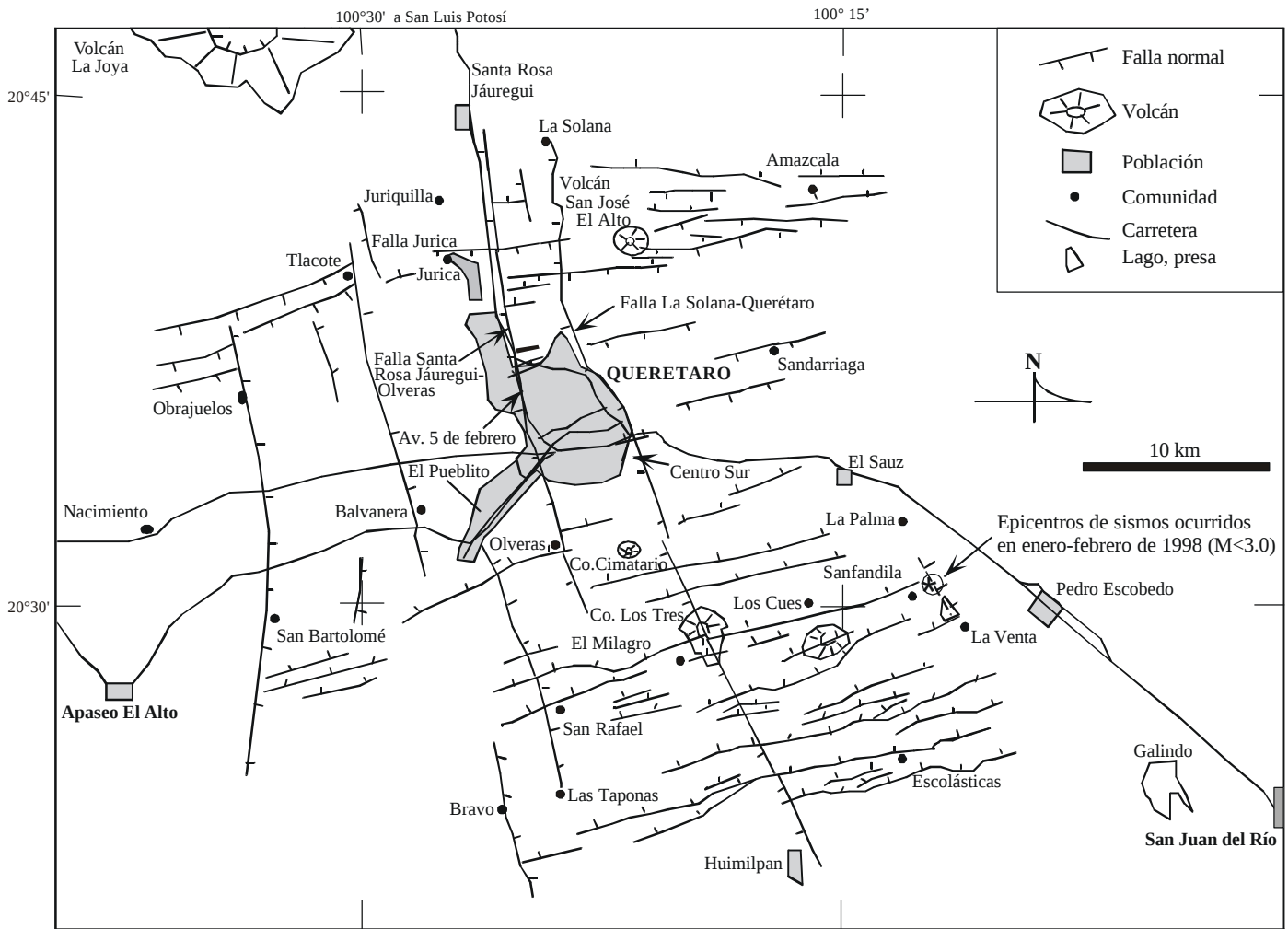


Figura 2.- Mapa estructural que muestra la ubicación del graben de Querétaro y de los sistemas de fallas que se intersectan en esta zona formando un arreglo ortogonal de horsts, grabens y semigrabens.

NNW-SSE y otra limitada por fallas ENE-WSW. Para la primera estructura el hombro occidental del graben está definido por las fallas de Tlacote-Balvanera y El Pueblito-Las Taponas, y el hombro oriental por las fallas de Santa Rosa Jáuregui-Olveras y La Solana-Querétaro (Fig. 2). En el segundo caso, el graben está limitado por varias fallas de rumbo ENE-WSW tanto al norte como al sur de la ciudad de Querétaro. Estas fallas ENE-WSW forman pequeños semigrabens con fallas con echados al sur en el hombro norte del graben y semigrabens con fallas con echados al norte en el hombro sur. La serie de semigrabens termina en un graben de rumbo ENE pobremente definido, dentro del que se encuentra la ciudad de Querétaro.

TIEMPOS RELATIVOS DE FALLAMIENTO

En el graben de Querétaro y su periferia se tienen evidencias geológicas y geofísicas de que algunas fallas NNW-SSE fueron posteriores a fallas ENE-WSW. La evidencia geológica incluye: 1) Las fallas NNW-SSE cortan a las fallas ENE-WSW. Esto se observa claramente en varias intersecciones de estos dos sistemas de fallas. Por ejemplo, la falla Santa Rosa Jáuregui-Olveras corta a varias fallas más pequeñas de rumbo ENE-WSW

(Fig. 2). En el campo es notorio cómo las fallas ENE-WSW prácticamente desaparecen al pasar del bloque levantado al bloque caído de la falla Santa Rosa Jáuregui-Olveras. Algunas fallas ENE-WSW no desaparecen del todo, como sucede con la falla Jurica (Fig. 2), pero se observa un cambio en la altura del escarpe de la falla ENE al pasar del lado oriental al occidental de la falla Santa Rosa Jáuregui-Olveras. El mismo patrón se observa en varias intersecciones similares. 2) Algunas de las fallas NNW-WSW tienen escarpes frescos, relativamente poco erosionados, como por ejemplo la falla La Solana-Querétaro, cerca del sector conocido como Centro Sur de la Ciudad de Querétaro (Fig. 3).

Por otro lado, una falla NNW, que no aflora en superficie, registró sismicidad entre enero y febrero de 1998 con magnitudes de hasta 3.0 (G. Aguirre-Díaz *et al.*, en prep.). Los epicentros se ubicaron cerca de la comunidad de Sanfandila, en el Municipio de Pedro Escobedo (Fig. 2). En base a los registros sísmicos se pudo comprobar la ruptura de una falla orientada NNW a una profundidad aproximada de 7 km. Incluso, es probable que el temblor de 1887 de Pinal de Amoles, Qro., $M_1 = 5.3$, también fuera causado por una falla normal orientada NNW (Suter *et*

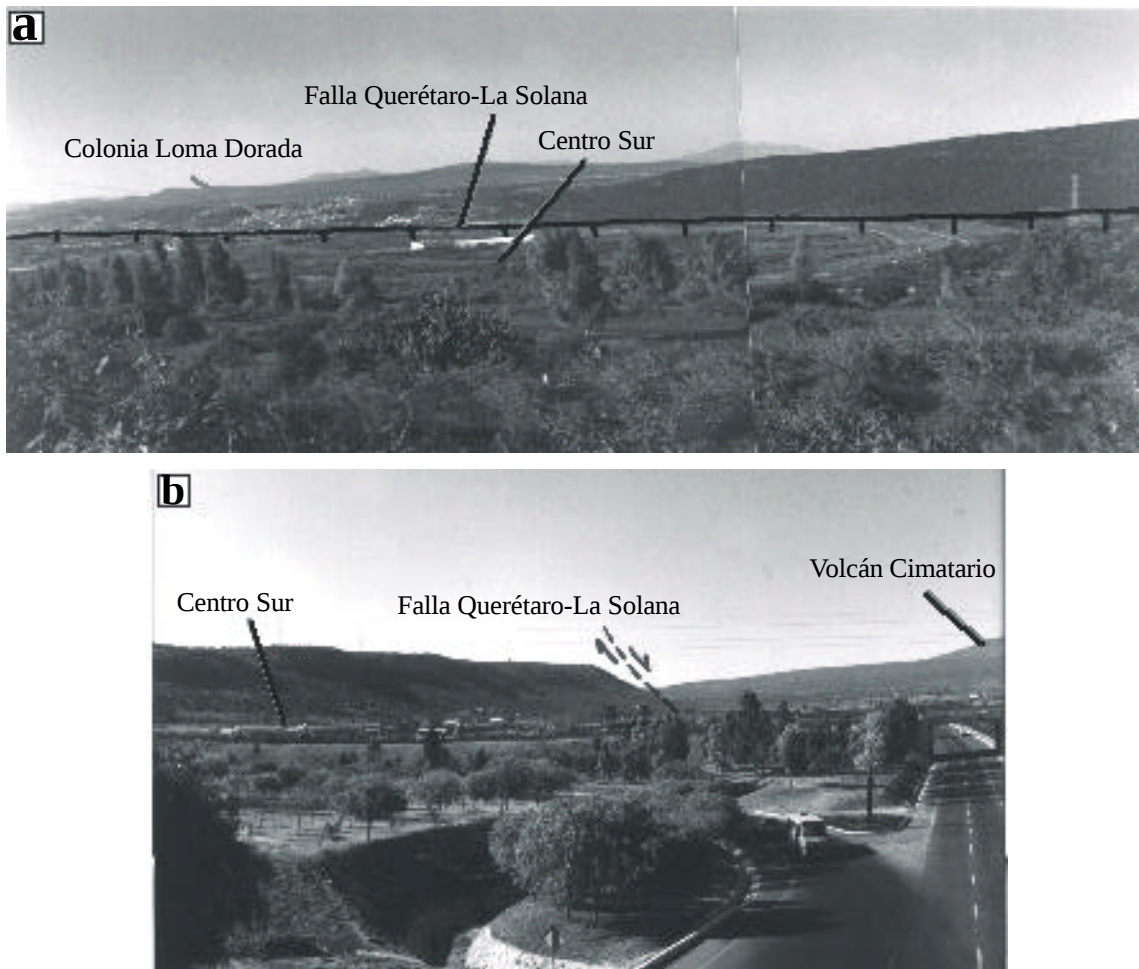


Figura 3.- Falla SSE La Solana-Querétaro. a) Vista panorámica hacia el noreste del escarpe producido por la falla La Solana-Querétaro en su tramo sur, cerca del Centro Sur de la Ciudad de Querétaro. La altura del escarpe es de 160 m en su parte más alta. Al fondo se observa la parte oriental de la ciudad de Querétaro, que ha crecido sobre el escarpe de falla. b) Vista al sur de la falla cerca del Centro Sur, y la Central Camionera en primer plano. Nótese lo poco erosionado de la misma, la ausencia de drenajes profundos, y lo escarpado de la falla.

al., 1996). Por lo tanto, el sistema de fallas NNW-SSE puede considerarse como potencialmente activo, al menos en la cercanía de la Ciudad de Querétaro, en cuyo caso, podría interpretarse como una reactivación de fallas de la provincia de Cuencas y Sierras.

ESQUEMA TECTÓNICO REGIONAL

El fallamiento ENE-WSW está asociado al SFCHT que es paralelo al Cinturón Volcánico Mexicano. Suter *et al.* (1995a) han definido a este sistema como un fallamiento intraarco, el cual es considerado sísmicamente activo (Suter *et al.*, 1995a, 1995b). Fallas sismogénicas son parte de grabens y semigrabens relativamente cercanos a la ciudad de Querétaro, como el semigraben de Aljibes y el valle del Mezquiteal (Suter *et al.*, 1995b) y el graben de Acambay (Suter *et al.*, 1995a).

Por otro lado, el fallamiento NNW-SSE se ha considerado, por su orientación, como parte de la provincia de Cuencas y Sierras (Nixon *et al.*, 1987; Henry y Aranda, 1992), y por lo tanto más antiguo que el fallamiento ENE-WSW, ya que se tie-

nen registros de que el fallamiento Cuencas y Sierras pudo haber sucedido hace 30 Ma (Aguirre-Díaz y McDowell, 1993) y en algunas partes desde hace 49 Ma (Aranda y McDowell, 1998). Estudios regionales de fallamiento activo en México indican que al norte del Cinturón Volcánico Mexicano la extensión tipo Cuencas y Sierras (fallamiento normal NNW-SSE y NS) ha continuado hasta el Presente (Suter, 1991), o al menos hasta el Cuaternario (Henry y Aranda, 1992; Aranda y Henry, 1992).

Con base en lo anterior, se infiere que el graben de Querétaro al principio tuvo una orientación NNW limitado por fallas antiguas de la provincia de Cuencas y Sierras; posteriormente fue afectado por fallamiento de rumbo ENE-WSW, asociado al sistema intra-arco del Cinturón Volcánico Mexicano; y finalmente sucedió la reactivación de fallas NNW y SSE, que limitan al graben de Querétaro al occidente y oriente, respectivamente. Este arreglo dió como resultado un graben limitado por fallas tanto al norte y sur, como al oeste y este.

AGRIETAMIENTOS EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO

En la región occidental de la Ciudad de Querétaro se han registrado agrietamientos en el terreno y subsidencia del suelo a lo largo de una trasa que las autoridades locales han interpretado como una falla de orientación SSE (Fig. 4). Estas grietas y la subsidencia del terreno han ocasionado daños importantes a la infraestructura urbana, tales como deformación de vías importantes de comunicación, como es el caso de la Avenida 5 de Febrero (Fig. 4a), y daños a construcciones (Fig. 4b). La deformación del terreno en este sector de la ciudad sigue una trasa NNW-SSE, y coincide con la ubicación de la falla Santa Rosa Jáuregui-Olveras (Fig. 2). Sin embargo, aunque es evidente la continua subsidencia y deformación del terreno a lo largo de esta trasa, no se ha registrado sismicidad para poder afirmar movimiento a lo largo de la falla mencionada, aunque tampoco se ha verificado por microsismicidad. Son varios los factores que posiblemente intervienen para la formación de las grietas y el hundimiento del terreno. Destacan: 1) la presencia de una falla normal, en este caso, orientada SSE; 2) sedimentos acumulados sobre la falla; y 3) la compactación diferencial de estos sedimentos a uno y otro lado de la falla debida a la sobre-explotación de agua subterránea. Esta última causa supone una mayor acumulación de sedimentos sobre el bloque caído de la falla con respecto a los sedimentos acumulados en el bloque levantado, situación que ocasionará una mayor compactación en el lado caído durante la extracción de agua subterránea.

Excepto por la reciente sismicidad en la falla Sanfandila, no se ha reportado sismicidad notoria en las fallas que afectan la Ciudad de Querétaro. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de microsismicidad a lo largo de éstas, impercepti-

ble para la población en lugares como la Avenida 5 de Febrero, con abundante tráfico de vehículos pesados, pero que sería registrada por un monitoreo sísmico sistemático. De darse dicha microsismicidad, sería necesario evaluar si es por actividad tectónica o por la sobre-explotación del manto acuífero, como se ha demostrado en estudios de las fallas en la Ciudad de Aguascalientes (Lermo, *et al.*, 1996) por sobre-explotación de agua.

Aun falta realizar estudios geológicos y geofísicos en la Ciudad de Querétaro que permitan cuantificar el riesgo para la población y para la infraestructura urbana debido a las fallas de este lugar, y la influencia de éstas en el acuífero que abastece esta ciudad. Algunos de estos estudios han comenzado o están por comenzar. Sin embargo, es importante señalar que la cartografía geológica de las fallas y el levantamiento estratigráfico de la zona, documentado con fechamientos isotópicos, es el estudio base para los demás.

CONCLUSIONES

- El graben de Querétaro está limitado por fallas ENE-WSW en sus lados norte y sur, respectivamente, y por fallas NNW-SSE en sus lados occidental y oriental, respectivamente. Apparently, primero se formaron fallas antiguas de tipo Sierras y Cuencas, con orientación NNW-SSE; posteriormente se formó un graben limitado por fallas ENE-WSW, que después fue afectado por fallamiento NNW-SSE, formándose un nuevo graben orientado NNW sobre el anterior. Esto significa que algunas de las fallas NNW-SSE son más jóvenes que



Figura 4.- Daños en propiedades cercanas a la Avenida 5 de Febrero, en la parte occidental de la ciudad de Querétaro, causada por hundimientos en el terreno sobre la trasa de la falla Santa Rosa Jáuregui-Olveras, con rumbo SSE. a) escarpe de 50 cm de alto en una de las calles afectadas (la línea punteada marca la zona deformada). La puerta que se observa a la derecha estaba originalmente al nivel de la calle, pero ahora se encuentra debajo de ese nivel; b) vista la sur de la Avenida 5 de Febrero mostrando una zona deformada (línea punteada). Nótese el desalineamiento del muro central de la avenida al intersectar con la línea punteada; c) daños en los muros de una construcción; d) daños en una bodega en la zona industrial al oriente de la Avenida 5 de Febrero.

b



c



d



las fallas ENE-WSW y que el graben de Querétaro está limitado por fallas en las direcciones norte-sur y este-oeste.

- El fallamiento NNW-SSE es considerado potencialmente activo en base a sismicidad reciente (enero-febrero de 1998) en una de las fallas con esta orientación cercana a Sanfandila, Querétaro., y a que corta a fallas del sistema ENE-WSW. El fallamiento ENE-WSW pertenece al sistema intraarco del Cinturón Volcánico Mexicano, que es también considerado sísmicamente activo, aunque no se registran evidencias de actividad reciente en el graben de Querétaro.
- No se descarta la posibilidad de que alguna de las fallas del graben de Querétaro y su periferia puedan reactivarse en cualquier momento, como fue el caso de la falla Sanfandila, lo que implica un riesgo para la población e infraestructura urbana de la Ciudad de Querétaro y comunidades cercanas.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado con financiamiento del proyecto PAPIIT IN-108196 otorgado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, y con recursos internos asignados a la Unidad de Investigación de Ciencias de la Tierra, campus UNAM-Juriquilla, por el Instituto de Geología, UNAM. Nuestro sincero agradecimiento al Ing. Vicente Ávila Durán y al Ing. Javier Carrasco Hernández, por su ayuda durante el trabajo de geología de campo, y a Emilio Nava Alatorre, Victor Hugo Espíndola y Nikolai Shapiro por su valioso apoyo durante el monitoreo sísmico en Sanfandila. Finalmente, agradecemos a Arturo Martín y a un árbitro anónimo los comentarios hechos a nuestro trabajo.

REFERENCIAS

- Aguirre-Díaz, G. J. y McDowell, F.W., 1993, Nature and Timing of faulting and syn-extensional magmatism in the southern Basin and Range, central-eastern Durango, Mexico: *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 105, p. 1435-1444.
- Aranda-Gómez, J. J., y Henry, C. D., 1992, Fallamiento cuaternario cerca de la ciudad de Durango: Naturaleza del periodo de deformación más joven relacionado a extensión multiepisódica en el noroeste de México: *Unión Geofísica Mexicana, Geos*, v. 12, p. 53-54.
- Aranda-Gómez, J. J. y McDowell, F. W., 1998, Paleogene extension in the southern Basin and Range province of Mexico: Syndepositional tilting of Eocene red beds and Oligocene volcanic rocks in the Guanajuato Mining District: *International Geology Review*, v. 40, p. 116-134.
- Demant, A., 1978, Características del Eje Volcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Rev. Inst. Geol. UNAM*, v. 2, p. 172-187.

- Henry, C. D. y Aranda-Gómez, J. J., 1992, The real southern Basin and Range: Mid- to late Cenozoic extension in Mexico: *Geology*, v. 20, p. 701-704.
- Johnson, C. A. y Harrison, C. G. A., 1990, Neotectonics in central Mexico: *Phys. Earth Planet. Int.*, v. 64, p. 187-210.
- Lermo, J., Nieto-Obregón, J., Zermeno, M., 1996, Faults and fractures in the valley of Aguascalientes. Preliminary microzonification: XI World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 1651, 8 pp.
- Nixon, G. T., Demant, A., Armstrong, R. L., y Harakal, J. E., 1987, K-Ar and geologic data bearing on the age and evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt: *Geofis. Int.*, v. 26, p. 109-158.
- Suter, M., 1991, State of stress and active deformation in Mexico and western Central America: in *Neotectonics of North America*, D. B. Slemmons *et al.*, eds., Geological Society of America, Boulder, Colorado, *Decade Map Vol. 1*, 401-1421.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M., y Quintero-Legorreta, O., 1996, Macrosismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the Trans-mexican volcanic belt, Mexico: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 86, p. 1952-1963.
- Suter, M., Quintero, O., López, M., Aguirre, G., y Farrar, E., 1995a, The Acambay graben: Active intraarc extension in the trans-Mexican volcanic belt, Mexico. *Tectonics*, v. 14, p. 1245-1262.
- Suter, M., Carrillo, M., López, M., y Farrar, E., 1995b, The Aljibes half graben, active extension at the boundary between the trans-Mexican volcanic belt and the southern Basin and Range: *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 107, p. 627-641.

ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN EN LAS ISLAS SAN LORENZO Y LAS ÁNIMAS, GOLFO DE CALIFORNIA: IMPLICACIONES SOBRE SU DESPLAZAMIENTO COMO BLOQUE RÍGIDO DESDE EL PLIOCENO TARDÍO

Escalona-Alcázar, F.J.* y Delgado-Argote, L.A.

Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., 22840, México
Correo electrónico: fescalona@hotmail.com y ldelgado@cicese.mx

* Dirección actual: Escuela de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad Autónoma de Zacatecas
Calzada de la Universidad s/n, Zacatecas, Zac., 98000, México

RESUMEN

Se presenta el estudio de la deformación en el archipiélago San Lorenzo y Las Ánimas y en la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas. Tanto en el archipiélago como en la Sierra Las Ánimas la orientación de los ejes de acortamiento es casi vertical. En las islas la orientación de los ejes de máxima extensión en el basamento y la secuencia sedimentaria es hacia $3^\circ/122^\circ$ y $4^\circ/285^\circ$, respectivamente, similar a la que muestran la cobertura volcánica ($4^\circ/304^\circ$) y el basamento ($4^\circ/118^\circ$) de la margen nororiental de la sierra. La orientación de los ejes de extensión es $0^\circ/238^\circ$ para los derrames andesíticos y $1^\circ/232^\circ$ para las tobas del archipiélago, lo que sugiere que hubo un cambio en la orientación de la deformación a los 5 Ma, por lo menos. En vista de que el fallamiento normal se ubica predominante en las islas, y que no existen fallas inversas y/o laterales importantes en éstas, se propone la hipótesis de que las islas se desplazaron como un bloque rígido.

INTRODUCCIÓN

El inicio de la deformación extensional en la margen oriental de la península de Baja California ha sido considerada como la extensión hacia el suroeste de la provincia del *Basin and Range* del oeste de Estados Unidos (Dokka y Merriam, 1982; Stock y Hodges, 1989). Esta consideración se basa en la similitud en la orientación de los ejes de esfuerzos principales obtenidos en algunos sitios, sin embargo, los datos utilizados para esta comparación aún son escasos (Stock y Hodges, 1989). En la deformación transtensiva más reciente, asociada con el desarrollo del sistema transforme San Andrés-Golfo de California, la orientación de la componente extensional, en la costa oriental de la península de Baja California, varía de ENE durante el Mioceno Tardío a WNW-ESE o E-W en el Plioceno (Angelier *et al.*, 1981); sin embargo, este cambio en la orientación de la componente extensional aún no está bien determinado (Stock y Hodges, 1989).

La orientación de las cuencas de Bahía de los Ángeles, Bahía de las Ánimas y Bahía San Rafael así como las sierras que las dividen es N-S, mientras que las zonas de fallamiento transforme Ballenas, Partida y San Lorenzo están orientadas NW-SE. Esto sugiere regímenes de esfuerzo con orientación similar del eje de máxima extensión (Fig.1). En las grandes islas del Golfo de California la orientación de los ejes cinemáticos podría ser diferente que la registrada en la costa oriental de la península de Baja California, debido a que las islas han sido desplazadas a lo largo de fallas transformes. El archipiélago formado por las islas San Lorenzo y Las Ánimas está bordeado por

las zonas de fallamiento Partida y San Lorenzo al occidente y San Pedro Mártir al oriente, en donde se ha sugerido que el movimiento es compartido por dos o más zonas de falla traslapadas (Lonsdale, 1989). A partir de la reconstrucción de la posición de las islas antes de su desplazamiento hacia el suroeste, éstas debieron estar localizadas enfrente de la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas por lo que deberían mostrar patrones similares de deformación (Delgado-Argote, 2000). En este trabajo se documenta el análisis cinemático de la deformación neogénica registrada en las islas San Lorenzo y las Ánimas y en la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas. Utilizamos los resultados de ambos sitios para caracterizar el estilo de la deformación y comparar los resultados.

MARCO TECTÓNICO

El cese de la subducción en el extremo sur de la península de Baja California ocurrió hace aproximadamente 12 Ma. Este proceso fue gradual de norte a sur y el movimiento entre las placas Pacífico y Norteamérica fue acomodado por las fallas transcurrentes San Benito y Tosco-Abreojos, paralelas o casi paralelas a la trinchera (Stock y Hodges, 1989; Lee *et al.*, 1996). El cambio principal en el estilo de deformación, de lateral a transtensional, ocurrió posiblemente entre 15 y 9 Ma, o tal vez desde hace 17 Ma en el norte de Baja California (Lee *et al.*, 1996), mientras que la ruptura estructural a lo largo de fallas normales de rumbo NNW ocurrió durante el Mioceno Medio o Tardío y el Plioceno Temprano a lo largo de la margen oriental de la península de Baja California en el escarpe del Golfo (Stock

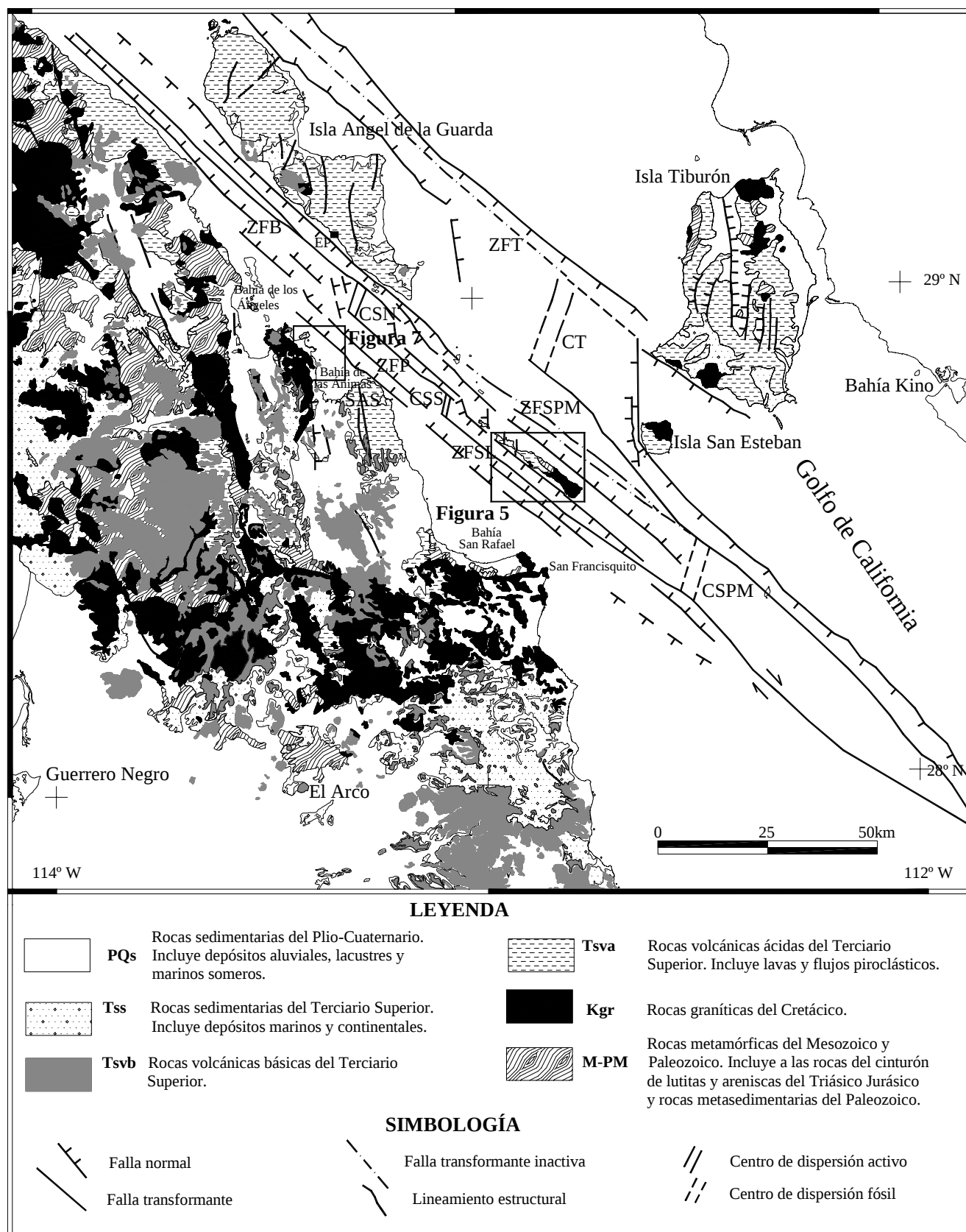


Figura 1. Unidades litológicas y rasgos estructurales regionales de la parte central del Golfo de California y península de Baja California (Modificado de Delgado-Argote, 2000). ZFB= Zona de Falla Ballenas, ZFT= Zona de Falla Tiburón, CSN= Cuenca Salsipuedes Norte, ZFP= Zona de Falla Partida, CSS= Cuenca Salsipuedes Sur, CT= Cuenca Tiburón, ZFSL= Zona de Falla San Lorenzo, ZFSPM= Zona de Falla San Pedro Mártir, CSPM= Cuenca San Pedro Mártir, SLA= Sierra Las Ánimas y SAS= Sierra Agua de Soda.

y Hodges, 1989). Este proceso de extensión no fue sincrónico a lo largo de la península (Dokka y Merriam, 1982). La etapa de fallamiento normal produjo sierras y cuencas y marcó el inicio de la formación del protogolfo, que se caracteriza por el establecimiento de condiciones marinas tropicales (Karig y Jensky, 1972). La orientación de las fallas se debe a que la deformación estuvo dominada por una extensión de rumbo E-W a ENE-WSW, consistente con las observaciones en varias regiones de la península (Angelier *et al.*, 1981; Stock y Hodges, 1989). Sin más estudios detallados, esta dirección está sujeta a considerable incertidumbre, debido a que la extensión pudo ser oblicua a la dirección del echado de las fallas y a la estratificación (Stock y Hodges, 1989).

Durante la extensión del protogolfo probablemente hubo fallamiento lateral derecho dentro del golfo a lo largo de fallas de rumbo más o menos paralelas a la península (Karig y Jensky, 1972), aunque no hay evidencias de la deformación asociada a estas estructuras (Dokka y Merriam, 1982; Lee *et al.*, 1996). La deformación asociada con fallamiento lateral se conoce en zonas de convergencia oblicua, en donde la dirección de movimiento de la placa que subduce no es perpendicular a la zona de convergencia, por lo que la componente de desplazamiento lateral es acomodada dentro de la región del arco por fallas paralelas a la zona de subducción (Stock y Hodges, 1989).

La etapa más reciente de extensión está asociada al desarrollo del sistema de fallamiento San Andrés-Golfo de California, cuyo inicio se sitúa entre 6 y 4 Ma (Angelier *et al.*, 1981; Dokka y Merriam, 1982; Stock y Hodges, 1989; Lonsdale, 1989; Lee *et al.*, 1996). Durante esta etapa de fallamiento lateral, la península ha sido desplazada cerca de 300 km hacia el NW (Dokka y Merriam, 1982). La deformación actual aledaña al archipiélago San Lorenzo ocurre a lo largo de las fallas transformes Balleñas, Partida y San Lorenzo (Fig. 1).

METODOLOGÍA

Dada la corta distancia entre las islas San Lorenzo y Las Ánimas y su similitud litológica, los datos estructurales fueron considerados en conjunto para su análisis. Los rasgos estructurales de las islas fueron divididos en dos grupos para su análisis: lineamientos estructurales interpretados de fotografías aéreas y fallas cartografiadas en el campo. La longitud de ambos grupos de estructuras varía desde aproximadamente 50 m hasta poco más de 750 m. Para la elaboración de las rosetas de orientación se hizo una retícula de 100×100 m con el objeto de ponderar las longitudes. Esta retícula se seleccionó considerando que aproximadamente el 16% de las estructuras tiene una longitud menor o igual a 100 m. El tamaño de la retícula permite controlar en forma adecuada la variación del rumbo de las estructuras.

Los datos de falla representan alrededor del 30% de las estructuras; los lineamientos estructurales interpretados en donde se pudo obtener la dirección del echado a partir de criterios

topográficos observados en las fotografías aéreas, forman aproximadamente el 50% del total. Con las fallas medidas en el campo y los lineamientos cuyo echado pudo determinarse, se construyeron rosas unidireccionales para observar las tendencias preferentes en la orientación de las fallas. El 20% de los lineamientos restantes corresponden a zonas de fractura o fallas cuyo echado no pudo determinarse y que se omiten en el diagrama de rosas para evitar el sesgo de los datos unidireccionales.

La descripción de los planos de falla se realizó utilizando los polos de éstos, los cuales se obtuvieron con el programa Stereonet V. 4.9 (Allmendinger, 1995). La descripción del *rake* de las fallas se realizó con diagramas de rosas y la relación entre el echado, el *rake* y el sentido de desplazamiento se obtuvo siguiendo los criterios descritos por Angelier (1984).

El análisis cinemático de los datos de fallamiento fue realizado en el programa FaultKin Ver 3.25 (Allmendinger *et al.*, 1992) siguiendo los criterios descritos por Marret y Allmendinger (1990). Para diferenciar los eventos de deformación registrados en la secuencia estratigráfica, los datos fueron separados de acuerdo con la posición estratigráfica de las unidades litológicas que cortan, de manera que los datos tomados en el basamento granítico y metamórfico fueron agrupados en una unidad denominada basamento y, atendiendo a sus características mecánicas, las unidades volcánicas fueron separadas en derrames andesíticos y depósitos piroclásticos. Los resultados obtenidos al separar los datos por unidades litológicas en cada costa de la isla son similares a los que se obtuvieron al separarlos por litología, por lo que solamente se presentan los últimos.

ESTRATIGRAFÍA DE LAS ISLAS SAN LORENZO Y LAS ÁNIMAS

La secuencia estratigráfica de las islas ha sido descrita en detalle por Escalona-Alcázar (1999) y por Escalona Alcázar y Delgado Argote (en preparación) por lo que aquí solamente se mencionará brevemente. El basamento metamórfico, que aflora en la parte central de la Isla San Lorenzo (Fig. 2) es del Paleozoico Tardío y está formado principalmente por rocas metasedimentarias en facies de esquistos verdes. Estas rocas están intrusadas por una tonalita de biotita y hornblenda del Cretácico Tardío, que forma la parte sur de la Isla San Lorenzo (Fig. 2). La secuencia sedimentaria y volcánica terciaria aflora en la parte norte de la Isla San Lorenzo e Isla Las Ánimas (Fig. 2). Su base está formada por capas de yeso de espesor variable cubiertas por arenitas arcósicas y líticas depositadas en un ambiente marino somero. Estas areniscas están cubiertas por conglomerados que contienen una asociación faunística típica de costas rocosas de alta energía. Cubre a esta secuencia clásica y evaporítica otra similar, pero con capas de yeso de menor espesor y fauna fósil más variada. Sobre yace a los sedimentos una secuencia intercalada de derrames andesíticos, depósitos piroclásticos y derrames de basalto. Una muestra de basalto y una de andesita que cubre a la secuencia sedimentaria, fueron

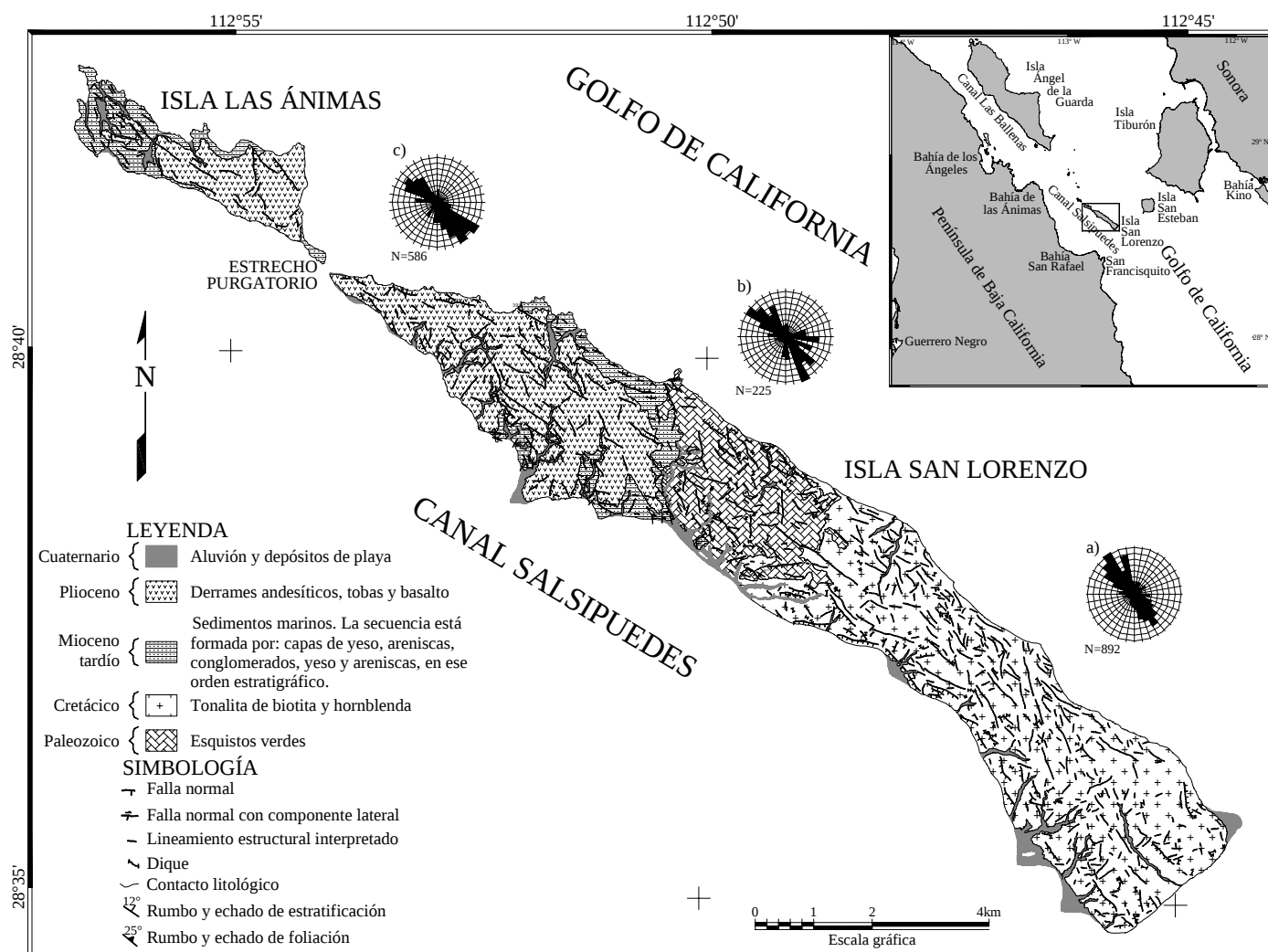


Figura 2. Mapa geológico simplificado de las islas San Lorenzo y Las Ánimas. AA= Arroyo Las Águilas, AE= Arroyo Los Esqueletos y N= Número de datos. La ubicación de las rosetas a-c corresponde los bloques dominados por rocas graníticas, metamórficas y volcánicas y sedimentarias, respectivamente.

fechadas por el método de K-Ar en 5 ± 1 y 3.8 ± 0.3 Ma, respectivamente (Escalona-Alcázar, 1999; Escalona Alcázar y Delgado Argote, en prep.). La actividad volcánica se desarrolló en un ambiente subaéreo en donde la actividad de derrame es parcialmente de tipo fisural, mientras que la actividad explosiva tiene una fuente relativamente cercana, según atestiguan el tamaño de grano y el espesor de los depósitos (Escalona-Alcázar, 1999; Escalona Alcázar y Delgado Argote, en prep.).

ESTRATIGRAFÍA DE LA MARGEN NORORIENTAL DE LA SIERRA LAS ÁNIMAS

El reconocimiento geológico de detalle fue realizado a lo largo de la costa, entre Punta El Soldado y Punta El Alacrán (Fig. 3) y descrito con detalle por Delgado-Argote, (2000), Escalona Alcázar (1999) y Herrera Recinos (1995). El basamento metamórfico del Paleozoico Tardío está ampliamente expuesto

en Punta El Alacrán y está cubierto por tobas y conglomerados. El basamento granítico de la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas está cubierto por lavas basálticas del Mioceno Medio, similares a las de Bahía de los Ángeles (Delgado-Argote y García-Abdeslem, 1999). En Punta El Soldado las tobas cubren a derrames andesíticos del Mioceno Tardío cubiertos a su vez por areniscas marinas interestratificadas con tobas.

DEFORMACIÓN EN LAS ISLAS SAN LORENZO Y LAS ÁNIMAS

En este apartado se analizan tanto los datos colectados en el campo como los obtenidos de la interpretación de fotografías aéreas. El objetivo del análisis es comparar la deformación de las islas con la de la margen nororiental de Sierra Las Ánimas.

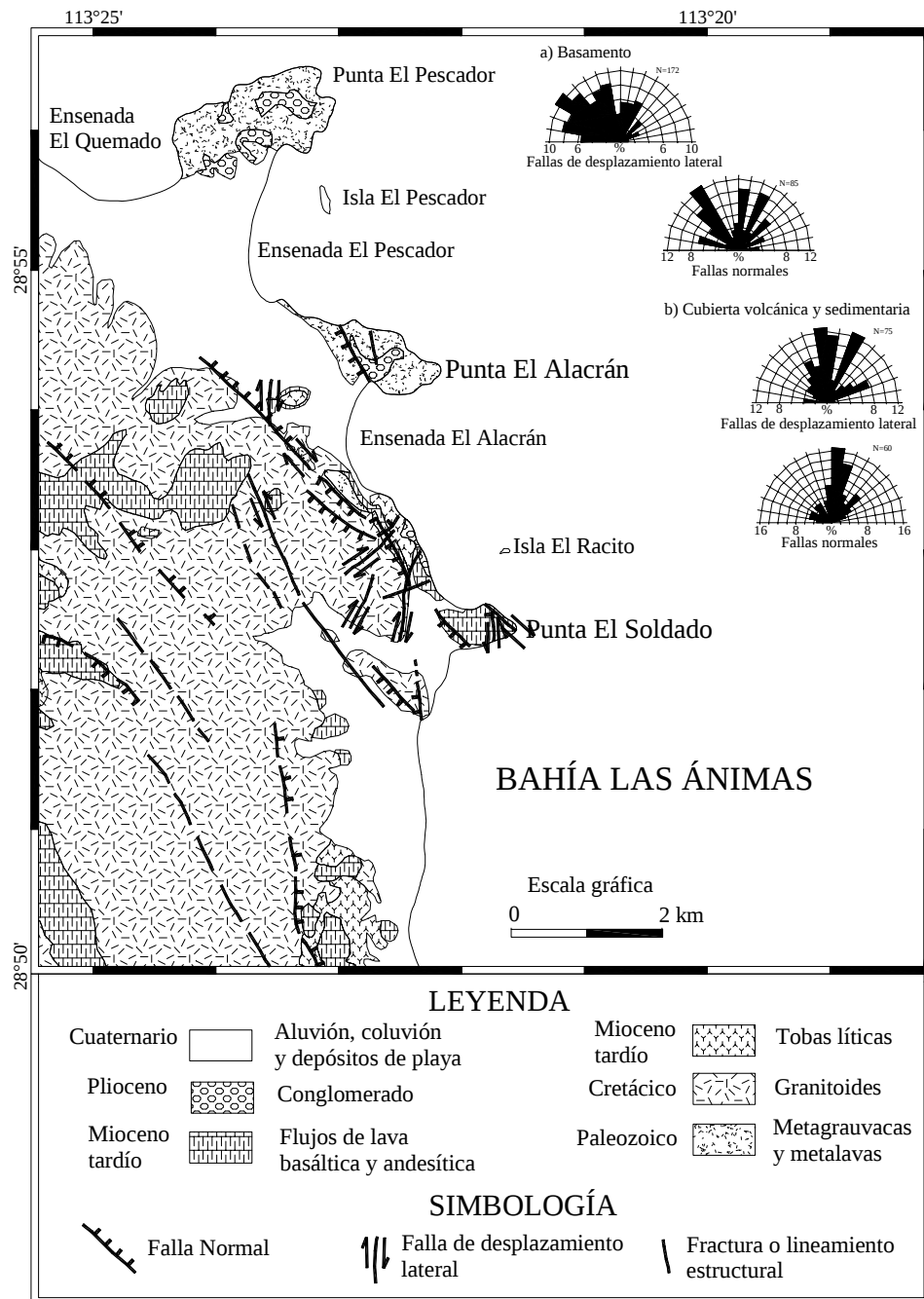


Figura 3. Mapa geológico de la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas (Modificado de Delgado-Argote, 2000).

DESCRIPCIÓN DE LOS LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

Con base en las diferencias litológicas entre las islas, para el análisis de lineamientos éstas se dividieron en tres bloques: 1) Bloque Meridional de la Isla San Lorenzo, formado por un batolito de tonalita de biotita y hornblenda (Fig. 2a), 2) Bloque Central de la Isla San Lorenzo, formado por esquistos verdes (Fig. 2b) y 3) Bloque Septentrional de la Isla San Lorenzo e Isla Las Ánimas, formado por rocas volcánicas y sedimentarias (Fig. 2c).

Las orientaciones de los lineamientos en el basamento granítico del Bloque Meridional se muestran en la rosa de estructuras de la Fig. 2a. Se observa que en el cuadrante noroeste los datos que se agrupan alrededor de N 40° W, corresponden principalmente a estructuras de la parte oriental de la Isla San Lorenzo que buzan hacia el oriente, mientras que en el cuadrante sureste los datos cubren el rango entre S 30°-40° E, corresponden a estructuras que buzán hacia el oeste y se localizan en la parte occidental de la isla.

La roseta de orientación de los lineamientos interpretados en el basamento metamórfico, correspondientes al Bloque Central, se presenta en la Fig. 2b. En el cuadrante noroeste los datos

se agrupan principalmente entre N 40° y 60° W, mientras que en cuadrante sureste los datos se orientan entre S 20° y 50° E. Las estructuras del cuadrante noroeste se localizan principalmente a lo largo de la costa oriental de la isla, mientras que los del cuadrante sureste corresponden a la parte central y occidental (Fig. 2b).

En la Fig. 2c se muestra la roseta de orientación de los lineamientos estructurales interpretados en la secuencia volcánica y sedimentaria del Bloque Septentrional. En el cuadrante noroeste destacan las estructuras orientadas entre N 50° y 60° W, mientras que en el sureste se agrupan entre S 30° y 60° E. Los lineamientos del cuadrante sureste, cuyo echado es hacia el occidente, están relacionados con las estructuras de la parte central y occidental de la isla (Fig. 2c). En la costa oriental de las islas, las fallas son menos abundantes que en la occidental y su buzamiento es principalmente hacia el oriente (Fig. 2c).

Al comparar las orientaciones entre los bloques se observa que el Bloque Central muestra el mayor número de tendencias estructurales (Fig. 2b); las orientadas entre S 10° E y S 10° W, así como entre S 80° E y N 70° E no son claramente distinguibles en los otros dos bloques.

En los tres bloques resaltan las orientaciones alrededor de N 45° W, y sólo en el Bloque Meridional resalta un agrupamiento entre N 10° y 20° W. En el cuadrante sureste de las rosas, la media de los datos de los tres bloques se encuentra en S 40° E.

En otras partes del Golfo de California se ha interpretado que las fallas orientadas entre N 20° W y N 70° W, S 10° E y S 10° W son fallas sintéticas al sistema estructural del sistema de fallas San Andrés-Golfo de California de tipo lateral derecho y normal de rumbo NW-SE (Angelier *et al.*, 1981).

La reactivación de las fallas del basamento puede influir en el desarrollo de las estructuras de la cobertura volcánica y sedimentaria. Lo anterior ha sido documentado a través de un modelo experimental hecho con una capa de arcilla que simula el basamento y una cobertura de capas de arena (Higgins y Harris, 1997). En el modelo, al “basamento” se le hicieron fracturas perpendiculares y oblicuas a la orientación de los esfuerzos que posteriormente se le aplicarían. El experimento se efectuó, tanto con una capa de material dúctil (silicón) entre el basamento y la cobertura, como sin ella. Se observó que en presencia de la capa dúctil de poco espesor y alta viscosidad, o de gran espesor y mediana viscosidad, el fallamiento preexistente no influyó en el desarrollo de las estructuras de la cubierta. En contraste, cuando no se utilizó la capa dúctil, el basamento determinó la orientación de las fallas de la cubierta, las cuales se desarrollaron paralelas a las preexistentes (Higgins y Harris, 1997).

La secuencia estratigráfica de la Isla San Lorenzo está formada por unidades de diferente respuesta a la deformación que son análogas a las del experimento. El basamento cristalino está cubierto por capas de yeso cuyo espesor máximo es de 30 m, similar a la capa de silicón del modelo, el que a su vez está

cubierto por una secuencia sedimentaria y volcánica, parecida a las capas de arena del modelo. En la Fig. 2 se observa que la orientación de las fallas de la secuencia sedimentaria y volcánica es similar a las del basamento. La deformación entre estas unidades no puede diferenciarse, lo que sugiere que las capas de yeso se acunían en intervalos lo suficientemente cortos y que el amortiguamiento fue poco o nulo ya que no afectó la orientación de las fallas en los sedimentos y unidades que los cubren, por lo que la cobertura del Mioceno Tardío y Plioceno siguió el patrón de deformación del basamento.

DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS MEDIDAS

La fallas fueron separadas de acuerdo a las unidades litológicas en las que se encuentran, es decir, basamento cristalino, secuencia sedimentaria marina, derrames andesíticos y tobas.

BASAMENTO CRISTALINO

En esta unidad se incluyen los datos tomados en la tonalita de biotita-hornblenda y en los esquistos verdes. En la Fig. 4a se muestra la red equiareal con los polos de los planos de falla. Se observa que la mayor población de fallas tiene rumbo hacia el noreste y que una población menor está orientada hacia el sureste. La variación en la orientación del rumbo de estos últimos planos de falla con respecto a la tendencia general de los lineamientos estructurales interpretados de las islas, que es hacia el NW-SE (Figs. 2a a 2c), puede estar sesgada ya que la mayoría de los datos fue tomada en la costa occidental de la isla; sin embargo, es posible que las estructuras medidas sean fallas antitéticas a la dirección del fallamiento principal. Con respecto a las estrías, el *rake* muestra tres tendencias bien definidas que varían entre 50° y 60°, 80° y 90° y 10° y 20° en ese orden de abundancia (Fig. 4b). Esas variaciones indican que el fallamiento es principalmente oblicuo de tipo normal con componente lateral izquierda (Fig. 4c).

SECUENCIA SEDIMENTARIA MARINA

En la Fig. 4e se muestra la red equiareal de los polos de los planos de falla, donde se observa que los planos tienen una orientación preferente que varía entre NNW y NE. El *rake* de las estrías tiene dos tendencias, una entre 40° y 60° y la otra entre 80° y 90° (Fig. 4f), que indican fallamiento de tipo normal con componente lateral izquierda y, en menor cantidad, con componente lateral derecha (Fig. 4g).

DERRAMES ANDESÍTICOS

En la Fig. 4i se presenta la red equiareal de los polos de los planos de falla de los derrames andesíticos. Se observa que la distribución de los planos tiene tendencias hacia el noreste, al suroeste y hacia el sureste. El *rake* de las estrías (Fig. 4j) indica tendencias preferentes entre 10° y 20°, 50° y 60° y 70° y 90°, lo cual sugiere que el fallamiento predominante es de tipo normal con componente lateral izquierda, mientras que las laterales derechas son escasas (Fig. 4k).

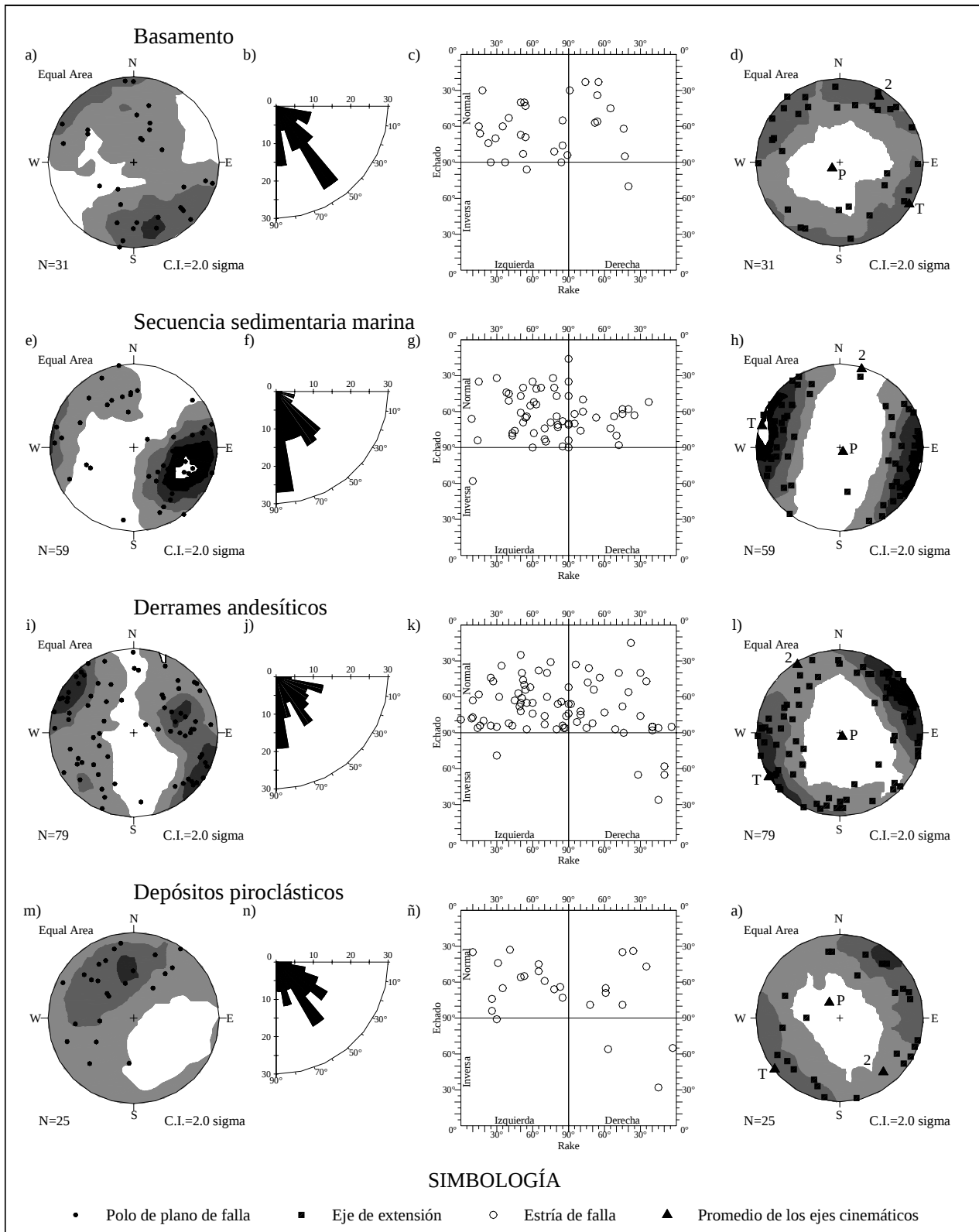


Figura 4. Análisis geométrico y cinemático de los datos de falla de las islas San Lorenzo y las Ánimas. Las redes equiareales de la izquierda muestran los polos de los planos de falla. Las rosetas de la parte centro-izquierda indican la variación del rake. Los cuadros de la parte centro-derecha indican la relación del rake con el echado y el sentido de desplazamiento de las fallas. En las redes de proyección de la derecha se muestra el análisis cinemático de las fallas; por claridad solamente se indica la ubicación de los ejes de extensión de cada plano de falla. Sin embargo, se muestran los promedios de los ejes de deformación del conjunto de datos. Los estereogramas son utilizando una proyección de Schmidt, en el hemisferio inferior; se utilizaron contornos de densidad para obtener la dirección preferente del conjunto de datos. N= número de datos.

DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS

En la Fig. 4m se muestra la red equiareal con los polos de los planos de falla en los depósitos piroclásticos. Se observa que los planos están orientados principalmente hacia el noreste con echados mayores a 40° . El *rake* de las estrías (Fig. 4n) indica que el fallamiento es principalmente de tipo oblicuo y de desplazamiento lateral izquierdo (Fig. 4ñ).

ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LAS FALLAS MEDIDAS

El análisis cinemático se efectuó separando los datos de falla por unidades litológicas de toda la isla debido a que por lo estrecho de las mismas no se observaron diferencias significativas entre la deformación de sus costas.

La orientación de los ejes de deformación en el basamento cristalino (Fig. 4d) y en la secuencia sedimentaria marina (Fig. 4h) es distinta a la que muestran las unidades de derrames andesíticos (Fig. 4l) y de depósitos piroclásticos (Fig. 4o). Aunque los valores característicos del basamento cristalino son bajos ($P=-.226$ y $T=.144$), la orientación del promedio de los ejes de extensión (T) coincide con la orientación obtenida en la secuencia sedimentaria marina, en donde están mejor agrupados ($P=-.285$ y $T=.264$). El fallamiento en el basamento y los sedimentos muestra ejes de acortamiento (P) casi verticales, orientados hacia $81^\circ/229^\circ$ y $85^\circ/143^\circ$, respectivamente; mientras que para los ejes T , lo están en $3^\circ/122^\circ$ y $4^\circ/285^\circ$ para las mismas unidades.

En los derrames andesíticos (Fig. 4l) y los depósitos piroclásticos (Fig. 4o) los valores característicos son bajos y similares ($P=-.199$ y $T=.199$; $P=-.246$ y $T=.146$, respectivamente). Los ejes de acortamiento de estas dos unidades están dirigidos hacia $85^\circ/145^\circ$ y $72^\circ/325^\circ$, mientras que los de extensión lo están hacia $0^\circ/238^\circ$ y $1^\circ/232^\circ$.

Un rasgo común de las cuatro unidades es el fallamiento normal, donde el eje P es casi vertical. En las dos primeras unidades se orienta hacia el noreste (Figs. 4d y 4h) mientras que para las dos últimas lo hace hacia el sureste (Figs. 4l y 4o).

DEFORMACIÓN EN LA MARGEN NORORIENTAL DE LA SIERRA LAS ÁNIMAS

Como en el análisis del Archipiélago San Lorenzo, los datos de falla fueron separados de los lineamientos estructurales interpretados de acuerdo con su localización en el basamento y en la secuencia volcánica y sedimentaria.

DESCRIPCIÓN DE LOS LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

Los lineamientos estructurales de los dos grupos de datos fueron separados en fallas normales y de desplazamiento late-

ral, utilizando el criterio de Ragan (1973). En las rosetas de orientación los rumbos se presentan en forma bidireccional.

BASAMENTO

La roseta de orientación de las fallas de desplazamiento lateral se muestra en la Fig. 3a. Las orientaciones del conjunto de datos se encuentran ampliamente distribuidas en el cuadrante noroeste y son similares a las tendencias observadas en las islas San Lorenzo y Las Ánimas (Fig. 2). Con respecto al fallamiento normal, éste presenta orientaciones similares a las del fallamiento lateral, aunque es menos abundante.

SECUENCIA VOLCÁNICA Y SEDIMENTARIA

Las rosetas de orientación de los datos de falla se muestran en la Fig. 3b. En los dos tipos de fallamiento la orientación preferente es hacia el N y NNE.

Las fallas normales y laterales de la secuencia volcánica y sedimentaria son paralelas a la tendencia hacia el N y NE de las fallas del basamento que, a su vez, es similar a la descrita en la parte occidental de la Sierra Las Ánimas (Delgado-Argote y García-Abdeslem, 1999). Las fallas orientadas hacia el noroeste, predominantemente las de desplazamiento lateral del basamento, coinciden en su orientación con las fallas en la región de Bahía de Los Ángeles (Delgado-Argote y García-Abdeslem, 1999) y con los lineamientos estructurales interpretados en el Archipiélago San Lorenzo. Se ha sugerido un control tectónico para las fallas de rumbo NNE y NNW de la parte central y occidental de Bahía de Los Ángeles (Delgado-Argote y García-Abdeslem, 1999). En la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas el fallamiento con esta dirección probablemente tenga un origen similar.

DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS MEDIDAS

Los datos de falla fueron separados según las unidades litológicas en que fueron tomados, como se describe a continuación.

BASAMENTO GRANÍTICO

En la Fig. 5a se muestra la red equiareal con los polos de los planos de falla, donde se observan tendencias de orientación hacia el sureste y noroeste, con echados generalmente mayores a 40° . Estas fallas son principalmente de desplazamiento oblicuo y en menor medida normal (Fig. 5b) con componentes lateral derecha e izquierda (Fig. 5c).

SECUENCIA VOLCÁNICA Y SEDIMENTARIA

En la Fig. 5e se muestra la red equiareal con los polos de los planos de falla. Se observa que la mayor parte de los datos se agrupa hacia el suroeste y, en menor proporción, hacia el noreste, con echados generalmente mayores a 60° . El *rake* de las estrías (Fig. 5f) indica que las fallas son normales con componente lateral tanto izquierdo como derecho (Fig. 5g).

ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LAS FALLAS MEDIDAS

En la parte oriental de la Sierra Las Ánimas, en el área comprendida entre Punta El Alacrán y Punta El Soldado la deformación es más intensa que la que se observa en otras partes de la sierra. En esta zona convergen estructuras orientadas casi N-S y NW, paralelas al límite oriental de la sierra en sus porciones meridional y septentrional, respectivamente (Fig. 3).

Para efectuar el análisis cinemático, los datos fueron separados de acuerdo con la litología. Aunque los valores característicos en ambos sitios (Fig. 5d y 5h) son bajos, los resultados para el basamento y la cobertura son similares. El fallamiento en estas dos unidades muestra que los ejes de acortamiento son casi verticales. En la cobertura se orienta $84^\circ/072^\circ$ y $84^\circ/353^\circ$ en el basamento. Los ejes de extensión están orientados $4^\circ/304^\circ$ y $4^\circ/118^\circ$ para esas unidades litológicas, respectivamente. Estas soluciones son similares a las obtenidas en el basamento y secuencia sedimentaria marina de las islas San Lorenzo y Las Ánimas.

La dirección del eje P en las unidades aquí descritas es vertical y similar a la orientación de σ_1 obtenida en Bahía de los Ángeles por Delgado-Argote y García-Abdeslem (1999), mientras que en el área de Bahía San Rafael, al suroeste de la Isla San Lorenzo (Fig. 1), la orientación de σ_1 es subhorizontal y en dirección NW-SE (Angelier *et al.*, 1981). Lo anterior sugiere que los estilos de deformación son diferentes, o que corresponden a periodos distintos. Respecto a los ejes de extensión, éstos son subhorizontales en las islas, con dirección NW para el basamento, SE en la secuencia sedimentaria y hacia el SW para las rocas volcánicas. En zonas aledañas a las áreas estudiadas σ_3 es subhorizontal pero muestra diferentes orientaciones: en las sierras La Libertad y Las Flores está dirigida hacia el ENE, en la margen noroccidental de la Sierra Las Ánimas está orientada hacia el ESE (Delgado Argote y García Abdeslem, 1999) y en Bahía San Rafael varía de NE-SW a E-W (Angelier *et al.*, 1981).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En las islas San Lorenzo y Las Ánimas los lineamientos estructurales de la secuencia sedimentaria y volcánica (Fig. 2c), de los esquistos (Fig. 2b) y de la tonalita (Fig. 2a), tienen una marcada tendencia hacia el NW y SE, similar a la mostrada por las fallas del basamento de la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas (Fig. 3a) y al de Bahía de Los Ángeles (Delgado-Argote y García-Abdeslem, 1999). En la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas la orientación del fallamiento normal y lateral de la secuencia volcánica y sedimentaria varía de NNE a NNW (Fig. 3b), más o menos paralelo a algunas tendencias observadas en las fallas del basamento (Fig. 3a). Tanto en las islas como en la sierra se interpreta que, debido a la similitud en el comportamiento mecánico, la orientación del fallamiento en la cobertura volcánica y sedimentaria siguió el patrón estructural del basamento. En las islas, el amortiguamiento debido a las

capas dúctiles de yeso fue poco o nulo, mientras que en la sierra probablemente se debió al poco espesor de la cobertura.

La orientación del fallamiento en las islas San Lorenzo y Las Ánimas varía de NE a NW, donde el primer conjunto es el más abundante (Figs. 4a, 4e, 4i y 4m) y es similar a las tendencias de la cobertura volcánica y sedimentaria de la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas (Fig. 5e). Además, el basamento en esta última área, muestra una marcada tendencia hacia el ESE (Fig. 5a). En la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas la densidad del fallamiento es mayor a la que presenta la región de Bahía de los Ángeles; sin embargo, debido a que las orientaciones son parecidas, se infiere que ambos tipos de estructuras se formaron bajo un régimen de esfuerzos similar.

Es probable que la marcada tendencia hacia el NW y SE de los lineamientos estructurales de las islas y su paralelismo con las zonas de falla transforme se deba a que se desarrollaron a lo largo del protogolfo en una antigua zona de debilidad (Christie-Blick y Biddle, 1985) y que el fallamiento con orientación preferente hacia el NE, cuyo desplazamiento es oblicuo y lateral izquierdo, corresponda a estructuras antitéticas a la dirección del fallamiento principal.

En las soluciones del análisis cinemático se observa que, tanto en las islas como en la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas, la orientación promedio del eje P es casi vertical. Sin embargo, difieren en la orientación del eje de extensión. En el basamento y la secuencia sedimentaria de las islas los ejes de extensión se orientan hacia el ESE y WNW, respectivamente (Figs. 4a y 4b), similar al de las unidades de la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas (Figs. 5d y 5h), mientras que en la cobertura volcánica de las islas su orientación es hacia el SW (Figs. 4l y 4o). En la Fig. 6 se presenta una síntesis de las etapas y duración de las deformaciones en distintas regiones del oriente de la península de Baja California y las grandes islas. Se observa en la Fig. 6 que la orientación de los ejes de extensión en los sedimentos y el basamento obtenidos en las islas San Lorenzo y las Ánimas y la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas es similar al que se observa en la costa occidental de la Isla Ángel de la Guarda (Escalona Alcázar, 1996; Delgado Argote, 2000), Santa Rosalía (Angelier *et al.*, 1981; Lee *et al.*, 1996), Loreto, San Felipe (Lee *et al.*, 1996) y Puertecitos (Martín Barajas y Stock, 1993). En Puertecitos se observó una permutación de σ_1 y σ_2 , permaneciendo σ_3 en el plano horizontal, lo que sugiere que el fallamiento normal y de rumbo son resultado del mismo régimen de esfuerzos durante el Mioceno Tardío-Plioceno (Martín Barajas y Stock, 1993). La orientación de los ejes de extensión de la secuencia volcánica del Archipiélago San Lorenzo es similar a la que se observa en Bahía San Rafael (Angelier *et al.*, 1981), en la Zona El Paladar de la Isla Ángel de la Guarda (Escalona Alcázar y Delgado Argote, 1998) y en Puertecitos (Martín Barajas y Stock, 1993). En Puertecitos, Santa Rosalía y la parte sur de la Sierra de Juárez la deformación parece ser continua desde el Mioceno Medio (Angelier *et al.*, 1981; Dokka y Merriam, 1982; Lee *et al.*, 1996). El proceso de extensión E-W ha persistido desde el Mioceno Medio aunque el movimiento a lo largo de fallas normales no ha sido sincrónico a lo largo de

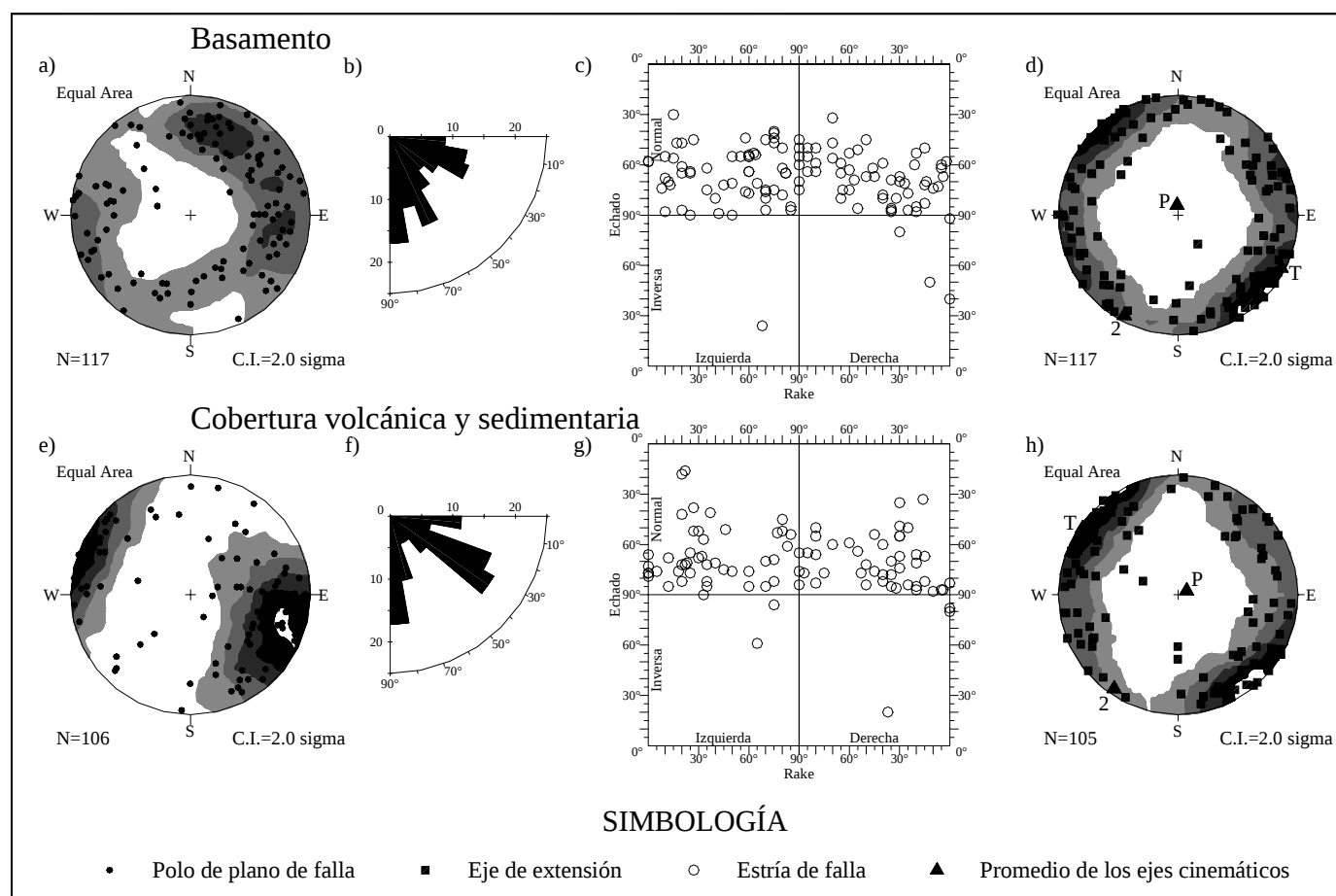


Figura 5. Análisis geométrico y cinemático de los datos de falla de la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas. La simbología, ubicación de las figuras y explicación es la misma que en la Figura 4.

toda la península (Dokka y Merriam, 1982; Lee *et al.*, 1996). Se interpreta que la extensión ocurrió en dos etapas: en la primera la orientación de σ_3 cambió de NE-SW a ENE-WSW y en la segunda de E-W a ESE-WNW. Ambos movimientos reactivaron los mismos planos de falla de rumbo NNW y durante la segunda etapa se adicionó una componente mayor de desplazamiento lateral (Angelier *et al.*, 1981).

Lonsdale (1989) sugirió que la región del Archipiélago San Lorenzo estuvo sujeta a compresión al transferirse hacia la izquierda el movimiento del sistema transforme derecho de la Falla San Pedro Mártir a las fallas Partida y San Lorenzo. En las zonas de fallas de desplazamiento lateral son comunes las fallas traslapadas (Christie-Blick y Biddle, 1985), en donde la transpresión introduce una componente de acortamiento horizontal a través de la zona de falla, acompañada por un levantamiento compensatorio (Sylvester, 1988). Con esta geometría transpresiva, las islas constituirían un bloque levantado limitado por fallas (Lonsdale, 1989). En las islas, la secuencia sedimentaria marina del Mioceno Tardío se encuentra al nivel del mar y está cubierta por material volcánico del Plioceno emplazado en un ambiente subaéreo, lo que sugiere que las islas son un bloque levantado desde hace aproximadamente 5 Ma, antes de que fueran trasladadas hacia el sureste a lo largo de las fallas transformes Partida y San Lorenzo, hace aproximadamente

1 Ma (Lonsdale, 1989). Se interpreta que el fallamiento normal, dominante en las islas, no fue afectado por la geometría transpresiva sugerida entre la Falla San Pedro Mártir y las fallas San Lorenzo y Partida. El movimiento a lo largo de la Falla San Pedro Mártir debió cesar hace aproximadamente 1 Ma al tiempo en que se iniciaba el movimiento a lo largo del sistema de fallas transformes Ballenas, Partida y San Lorenzo (Lonsdale, 1989). A lo largo de las fallas Partida y San Lorenzo las islas fueron desplazadas hacia el SE como bloques rígidos. Es importante notar que en el archipiélago no se observaron fallas inversas y/o laterales importantes ni evidencias de rotación de bloques. La transferencia del movimiento entre las fallas traslapadas San Pedro Mártir y Partida-San Lorenzo probablemente fue completada antes de 1 Ma, por lo se interpreta que el movimiento de las islas fue producido solamente por las fallas Partida y San Lorenzo.

Con base en el análisis geométrico de los lineamientos estructurales interpretados en las islas San Lorenzo y Las Ánimas se concluye que la deformación de la secuencia volcanosedimentaria siguió el patrón estructural del basamento y que las capas de yeso son depósitos locales que no afectaron el desarrollo de nuevas estructuras. Las islas forman un bloque estructural levantado bordeado por las fallas transformes Partida y San Lorenzo y la Zona de Falla San Pedro Mártir. Los

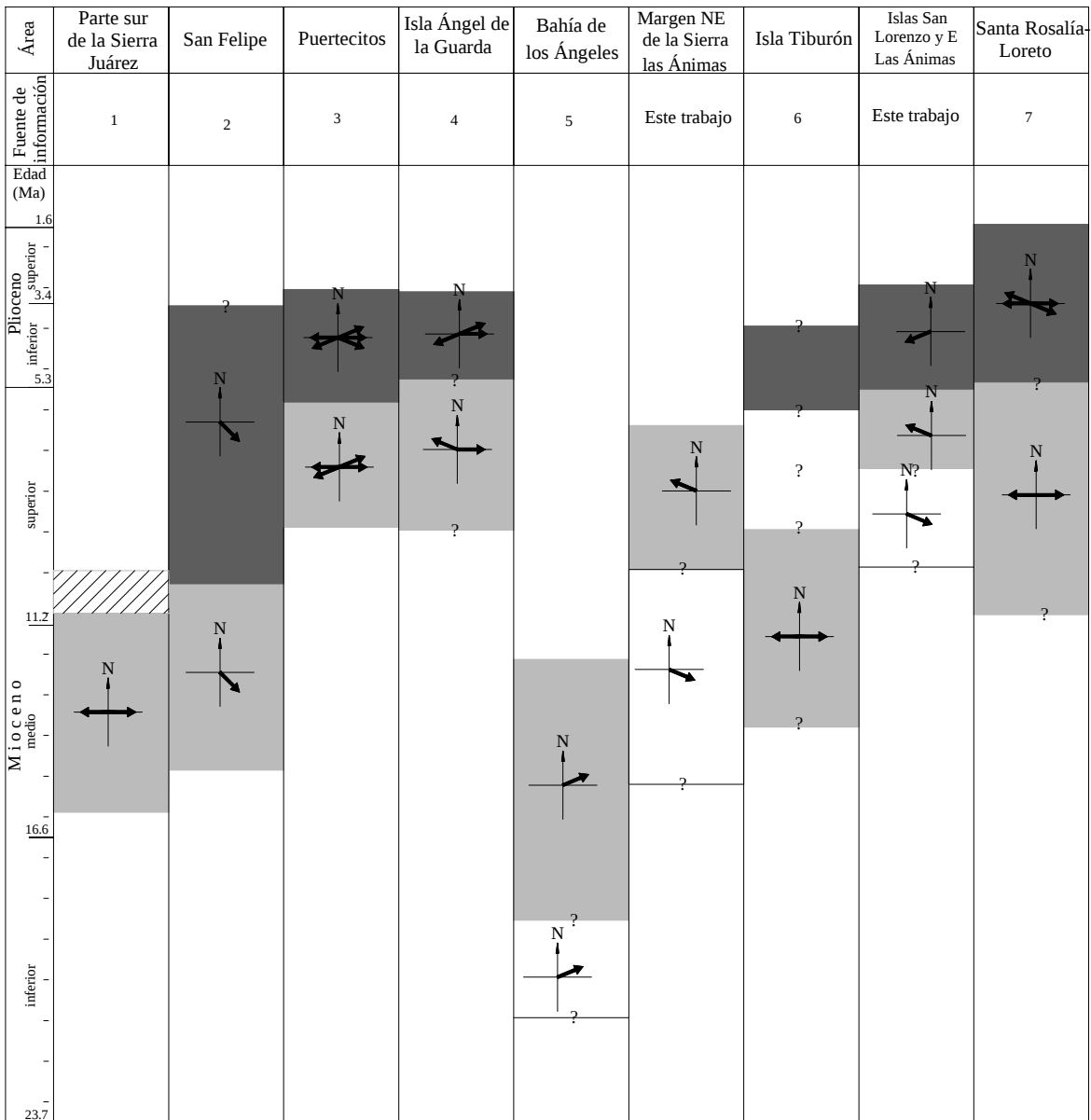


Figura 6. Etapas de deformación y duración que han sido obtenidas por diversos autores en la costa oriental de la península de Baja California y la región de las Grandes Islas del Golfo de California. Se diferencian dos etapas: una de extensión asociada al fallamiento del *Basin and Range* (gris claro) y la etapa más reciente de extensión que está asociada al desarrollo del sistema de fallamiento transforme San Andrés-Golfo de California (gris oscuro). Las flechas indican la dirección de extensión en cada etapa de deformación. En donde no se tiene relleno con color sólido se trata de datos tomados en el basamento. La parte achurada indica que la etapa de extensión probablemente ocurrió después de lo que se había reportado. Referencias: 1) Lee *et al.*, 1996 y Mendoza-Borunda *et al.*, 1998, 2) Stock and Hodges, 1989 y Lee *et al.*, 1996, 3) Dokka and Merriam, 1982; Stock and Hodges, 1989 y Martín-Barajas y Stock, 1993, 4) Escalona-Alcázar, 1996 y Delgado-Argote, 2000, 5) Delgado-Argote and García-Abdeslem, 1999, 6) Gastil and Krummenacher, 1977; Henry, 1989 y Lee *et al.*, 1996, 7) Angelier *et al.*, 1981; Stock and Hodges, 1989 y Lee *et al.*, 1996.

lineamientos estructurales interpretados en la costa occidental de las islas corresponden a fallas cuyo rumbo del echado es hacia el occidente, similar al de las fallas que limitan la parte oriental de la Zona de Falla San Lorenzo. En la costa oriental de las islas los lineamientos estructurales tienen rumbo de echado hacia el oriente, similar al de las fallas que limitan al occidente a la Zona de Falla San Pedro Mártir.

En la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas la delgada cobertura volcánica y sedimentaria sobre el basamento siguió el patrón estructural del basamento y además, la orientación de los lineamientos estructurales interpretados es paralela a la que se observa en Bahía de los Ángeles, lo que sugiere un origen común.

La orientación de los ejes cinemáticos en las islas San Lorenzo y Las Ánimas indica fallamiento normal dominante. En las islas no se observaron fallas inversas y/o laterales importan-

tes, por lo que es probable que las islas hayan actuado como un bloque rígido al ser trasladadas hacia el sureste por las fallas Partida y San Lorenzo.

Las soluciones cinemáticas obtenidas en la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas indican un fallamiento normal que, aunque es de orientación diferente al documentado en Bahía de los Ángeles, es probable que su desarrollo haya sido contemporáneo y relacionado con el mismo régimen de esfuerzos regional, según se sintetiza en la Fig. 6.

AGRADECIMIENTOS

El financiamiento de este proyecto fue cubierto parcialmente con fondos de la División de Ciencias de la Tierra del CICESE y del proyecto de CONACyT (Ref. 28317T). Agradecemos a Víctor M. Frías Camacho su apoyo en la edición final de las figuras y a Carlos Bañuelos por el apoyo computacional. A Juan Sidón, Luis Demetrio Arce y María Elena Vázquez por su apoyo durante el trabajo de campo. A Toño y Bety Reséndiz por el apoyo logístico en Bahía de los Ángeles. A María Luisa Argote, el grupo D²M², capitán Gerardo Alonso Sánchez y tripulación del B/O Francisco de Ulloa por las facilidades para realizar una de las visitas a las islas. Finalmente, agradecemos a Gustavo Tolson y a un revisor anónimo sus comentarios durante el arbitraje.

REFERENCIAS

- Allmendinger, R.W., Marret, R.A. and Claduohos, T., 1992. Faultkin (formerly Fault Kinematics) version 3.25, a program for analyzing fault slip data for the MacintoshTM computer.
- Allmendinger, R.W., 1995. Stereonet Ver. 4.9, a plotting program for orientation data for the MacintoshTM computers.
- Angelier, J., Colletta, B., Chorowicz, J., Ortlieb, L. and Rangin, C., 1981. Fault tectonics of the Baja California peninsula and the opening of the Sea of Cortez, Mexico. *J. Struct. Geol.* 3(4), p. 347-357.
- Angelier, J. 1984. Tectonic Analysis of Fault Slip Data Sets. *J. Geophys. Res.* 89 (B7), 5835-5848.
- Basile, C. y Brun, J.P. 1999. Transtensional faulting patterns ranging from pull-apart basins to transform continental margins: an experimental investigation. *J. Struct. Geol.* 21, 23-37.
- Christie-Blick, N. y Biddle, K.T. 1985. Deformation and basin formation along strike-slip faults. En: K.T. Biddle y N. Christie-Blick (eds.). *Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation*. SEPM Spec. Publ. 37, p. 1-34.
- Delgado Argote, L.A. 2000. Evolución tectónica y magmatismo Neógeno de la margen oriental de Baja California central. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México (en revisión).
- Delgado Argote, L.A. and García Abdeslem, J. 1999. Shallow Miocene basaltic magma reservoirs in the Bahía de los Angeles basin, Baja California, Mexico. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 88, 29-46.
- Dokka, R. K. and Merriam, R.H. 1982. Late Cenozoic extension of northeastern Baja California, Mexico. *Geol. Soc. Am. Bull.* 93, p. 371-378.
- Escalona Alcázar, F.J. 1996. Estratigrafía volcánica y deformación neogénica de la Zona El Paladar, costa SW de la Isla Ángel de la Guarda, Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería de Minas, Metalurgia y Geología. Universidad Autónoma de Zacatecas. 45 pp.
- Escalona Alcázar, F.J. 1999. Reconocimiento geológico de las islas San Lorenzo y Las Ánimas y la margen nororiental de la Sierra Las Ánimas, Baja California central. Tesis de Maestría, CICESE, 145 pp.
- Escalona Alcázar, F.J. y Delgado-Argote, L.A., 1998. Descripción estratigráfica de la zona El Paladar y litología de la Isla Ángel de la Guarda, Golfo de California. *GEOS* 18-3, p. 197-205.
- Escalona Alcázar, F.J. y Delgado Argote, L.A., 1999. Sedimentos marinos del Golfo de California y volcanismo Plioceno de las islas San Lorenzo y Las Ánimas. *GEOS* 19-4, p.316.
- Escalona Alcázar, F.J. and Delgado Argote, L.A. Late Miocene marine incursions and Pliocene volcanism of San Lorenzo and Las Ánimas islands, Gulf of California, México. *En preparación*.
- Gastil, R.G. and Krummenacher, D. 1977. Reconnaissance geology of coastal Sonora between Puerto Lobos and Bahía Kino. *Geol. Soc. Am. Bull.* 88, p.189-198.
- Henry, C.D. 1989. Late Cenozoic Basin and Range structure in western Mexico adjacent to the Gulf of California. *Geol. Soc. Am. Bull.* 101, p. 1147-1156.
- Herrera Recinos, J.R. 1995. Análisis estructural e historia geológica del oriente de Sierra las Ánimas, Bahía de las Ánimas, Baja California. Tesis Ingeniero Geólogo. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León, 41 pp.
- Higgins, R.I. and Harris, L.B. 1997. The effect of cover composition on extensional faulting above re-activated basement faults: results from analogue modelling. *J. Struct. Geol.* 19(1), p. 89-98.
- Karig, D.E. and Jensky, W. 1972. The Proto-Gulf of California. *Earth Planet. Sci. Lett.* 17, p.: 168-174.
- Lee, J., Miller, M.M., Crippen, R., Hacker, B. and Ledezma-Vázquez. 1996. Middle Miocene extension in the Gulf Extensional Province, Baja California: Evidence from southern Sierra Juárez. *Geol. Soc. Am. Bull.* 108 (5), p. 505-525.
- Lonsdale, P. 1989. Geology and tectonic history of the Gulf of California. En: E.L. Winterer, D.M. Hussong and R.W. Decker (eds.). *The Eastern Pacific Ocean and Hawaii*. *Geol. Soc. Am. Bull.* The Geology of North America, Vol. N, p. 499-521.

- Marret, R. and Allmendinger, R.W. 1990. Kinematic analysis of fault slip data. *J. Struct. Geol.* 12-8, p. 973-986.
- Martín Barajas, A. y Stock, J.M. 1993. Estratigrafía y petrología de la secuencia volcánica de Puertecitos, noreste de Baja California. Transición de un arco volcánico a rift. *En: L.A. Delgado-Argote y A. Martín-Barajas (eds.). Contribuciones a la tectónica del occidente de México. Unión Geofísica Mexicana, Monografía 1*, p. 66-89.
- Mendoza Borunda, R., Axen, G.J., Sandeman, H., Ortega Rivera, A. and Grover, T.C. 1998. Stratigraphy and geochronology of the Tertiary volcanic and sedimentary rocks, in the southern Sierra Juarez and northern Sierra Las Tinajas area, in northeastern Baja California, Mexico. *GEOS* 18-4, p. 292-293.
- Ragan, D.M. 1973. Structural geology –An introduction to geometrical techniques. John Wiley and Sons, Inc., New York, 208 pp.
- Stock, J.M. and Hodges, K.V. 1989. Pre-Pliocene extension around the Gulf of California and the transfer of Baja California to the Pacific Plate. *Tectonics* 8-1, p. 99-115.
- Sylvester, A.G., 1988. Strike-Slip faults. *Geological Society of America Bulletin*, v.100, p.1666-1703.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y ATENUACIÓN DE ONDAS DE CODA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO LAS TRES VÍRGENES EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

José M. Romo-Jones, Víctor Wong-Ortega, Carlos Flores-Luna y Rogelio Vázquez-González

División de Ciencias de la Tierra, CICESE,

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

RESUMEN

Los datos obtenidos mediante una red sismológica en el campo geotérmico de Las Tres Vírgenes, así como los resultados de varias campañas geofísicas que incluyen los métodos magnetoteléurico (MT), transitorios electromagnéticos (TDEM) y resistividad con corriente directa (Schlumberger), nos permiten delinear zonas donde la conductividad eléctrica y la atenuación de las ondas elásticas son particularmente altas. En este trabajo presentamos resultados de dos estudios independientes. En uno de ellos se utilizan las ondas de coda de sismos locales para estimar la atenuación que sufren las ondas al viajar a lo largo de distintas trayectorias del subsuelo. En el otro, se usan los datos magnetoteléuricos medidos en 90 sitios y resultados de otras campañas geofísicas para estimar la conductividad eléctrica del subsuelo entre la superficie y 3 km de profundidad. Los resultados sugieren que a lo largo del Cañón El Azufre, el cual representa la frontera entre el complejo volcánico Las Tres Vírgenes y la caldera El Aguajito, existe una región del subsuelo en donde la conductividad eléctrica y la atenuación de las ondas elásticas son anormalmente altas. Se cree que la presencia de rocas intensamente fracturadas así como los fluidos con alta temperatura pueden incrementar substancialmente la conductividad eléctrica y la atenuación de las ondas sísmicas. En esa zona encontramos que el factor de calidad Q_c sufre una reducción significativa a bajas frecuencias, lo que se traduce en valores de atenuación 3 o 4 veces mayores a los estimados en el resto del área. Por otra parte, en la misma zona encontramos resistividades menores de $5 \Omega\text{-m}$ a profundidades entre 250 y 2500 m. Ambos resultados concuerdan con el conocimiento actual de la geología del subsuelo que ha comprobado la presencia de rocas intensamente fracturadas y fluidos con temperaturas del orden de 240°C a 1200 m de profundidad.

INTRODUCCIÓN

En 1983 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) inició la exploración del prospecto geotérmico Las Tres Vírgenes, donde se tiene volcanismo reciente y manifestaciones hidrotermales en la superficie (Lira *et al.*, 1983; Ballina y Herrera, 1984; Quijano, 1984). El área se localiza a los $112^\circ 30'$ de longitud W y $27^\circ 30'$ de latitud N, en la porción central de la Península de Baja California, México (Fig. 1).

La síntesis geológica más reciente, realizada por López (1998), refiere que el área se encuentra en la cuenca de Santa Rosalía. Esta es una depresión tectónica plio-cuaternaria relacionada con la apertura del Golfo de California (~ 10 Ma). Durante el Cenozoico la región estuvo sometida a un régimen tectónico extensional que originó un sistema de fallas orientado NW-SE a lo largo del cual se emplazaron dos centros eruptivos: la caldera La Reforma y la caldera El Aguajito. El volcanismo de La Reforma ocurrió hace ~ 1.6 Ma, mientras que la caldera El Aguajito tuvo actividad hace ~ 0.76 Ma, según se deduce de las edades K/Ar determinadas para algunos productos volcánicos de ambos centros eruptivos (Garduño-Monroy *et al.*, 1993). Al sistema de fallas NW-SE se superponen sistemas más jóvenes NE-SW y N-S, probablemente relacionados con el actual régimen tectónico transtensional y con el emplazamiento del

complejo volcánico Las Tres Vírgenes, formado por los volcanes El Viejo, El Azufre y La Virgen. Los dos primeros con edades K/Ar de 0.44 y 0.28 Ma, respectivamente (López *et al.* 1989, López *et al.* 1993) y el último con actividad histórica (1746).

La unidad litológica más antigua es una granodiorita (91-84 Ma) que aflora en la caldera La Reforma y que puede ser parte del batolito peninsular. En el área de estudio esta unidad se encuentra a 1000 m de profundidad y ha sido considerada como el basamento (López, 1998). Sobre el basamento se encuentra un paquete de ~ 750 m de una secuencia volcano-sedimentaria (Grupo Comondú) seguida por una secuencia de flujos de lava y productos piroclásticos de composición andesítica y espesor variable (Fm. Santa Lucía). La cuenca de Santa Rosalía está rellena con depósitos marinos de aguas someras caracterizados por una arenisca fosilífera. En la parte superior de la secuencia se encuentra una variedad de productos piroclásticos que corresponden a diferentes etapas del volcanismo Cenozoico que tuvo lugar en la región (Garduño-Monroy *et al.*, 1993; López *et al.*, 1995; López, 1998).

La información proporcionada por los trabajos de exploración sugiere que en algunas zonas la permeabilidad del basamento granodiorítico ha sido incrementada por el intenso fallamiento (Arredondo, 1995; Lira *et al.*, 1997; García y

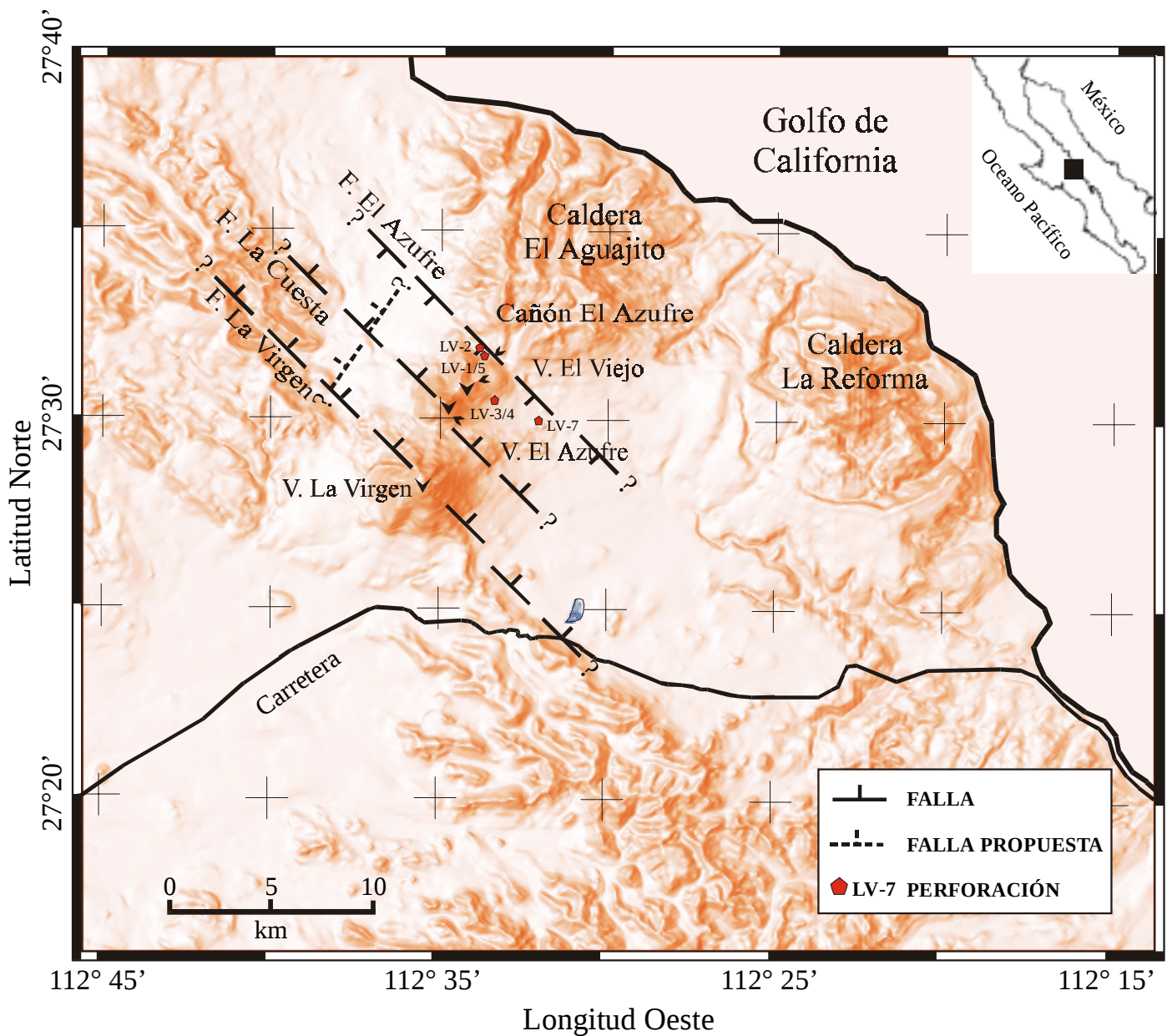


Figura 1. Localización del prospecto geotérmico Las Tres Vírgenes, Baja California Sur, México. Ubicación de las estructuras y perforaciones mencionadas en el texto.

González, 1998; Bigurra, 1998; Palma, 1998). Las perforaciones exploratorias han comprobado la presencia de fluidos geotérmicos bajo condiciones de alta presión y temperatura (~120 bar y 250°C), lo que permite su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica (Sánchez-Velasco, 1996). La explotación del campo se encuentra en su etapa inicial: hasta 1998 se tenían perforados cuatro pozos productores y dos reinyectores, con el objetivo a corto plazo de instalar dos unidades generadoras de 5 MW cada una. El conocimiento actual permite proyectar a largo plazo una generación total de 25 MW (Sánchez-Velasco, 1996).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

En 1984, Ballina y Herrera llevaron a cabo una campaña de exploración geofísica mediante resistividad-c.d. (Schlumberger) para delinear anomalías de la conductividad eléctrica con posible interés geotérmico (Ballina y Herrera, 1984; Ballina, 1985). Como resultado de este trabajo se encontraron tres zonas conductoras alineadas a lo largo del cañón El Azufre y denominadas por estos autores como: Cerro Blanco, Las Víboras-La Puerta y Cueveguel. En 1992 se llevó a cabo una campaña magnetotelúrica con mediciones en 20 sitios (Vázquez *et al.*, 1992). La investigación continuó en 1994 (Romo *et al.*, 1994) con una segunda campaña que incluyó observaciones MT en 70 sitios, complementada con 55 sondeos mediante transitorios electromagnéticos (TDEM). Las observaciones realizadas

en ambas campañas se encuentran distribuidas en un área aproximada de 400 km² (Figura 2). Este conjunto de datos, junto con 44 sondeos Schlumberger de Ballina y Herrera, (1984), fue usado para investigar la distribución de la conductividad eléctrica en el subsuelo.

Los sondeos Schlumberger y TDEM se usaron para estimar la conductividad en los primeros 500 m de profundidad. Se construyeron modelos unidimensionales (1-D) formados con capas horizontales homogéneas. La mayor parte de los sondeos se pueden ajustar con modelos de dos capas: una capa resistiva (200 a 1000 Ω -m) con espesor de alrededor de 160 m, sobre otra más conductora (5 Ω -m) y más gruesa (350 m). Esta secuencia descansa sobre un basamento resistivo (> 500 Ω -m). En algunas zonas el espesor y la resistividad de la primera capa decrecen considerablemente, y corresponden a las zonas en don-

de se ha encontrado alteración hidrotermal en la superficie (Flores *et al.*, 1999).

Una vez conocida la estructura geoelectrica superficial (0 a 500 m), las curvas MT fueron corregidas por el efecto estático, comúnmente causado por distorsiones del campo electromagnético en los primeros metros de profundidad. La impedancia magnetotelúrica se estimó en una banda de frecuencia entre .005 y 50 Hz, usando los campos electromagnéticos registrados en dos sitios simultáneamente. Un análisis cualitativo de las impedancias revela que a frecuencias por debajo de 1 Hz la corriente eléctrica fluye preferentemente a lo largo de la dirección NW-SE, mientras que a frecuencias mayores no existe una dirección preferente (Romo *et al.*, 1994).

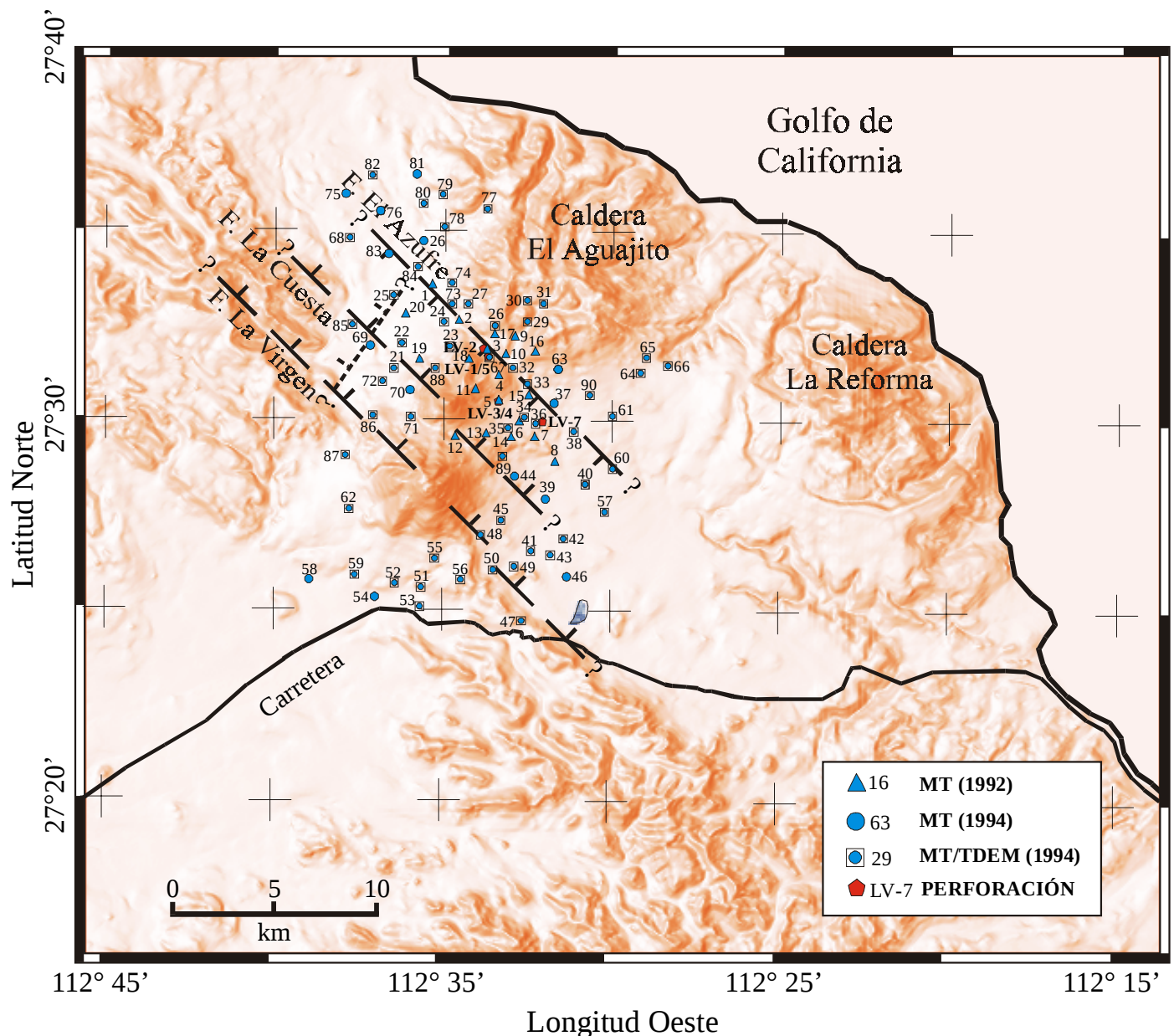


Figura 2. Conjunto de sitios magnetotelúricos y ubicación de las líneas modeladas.

Las curvas de resistividad aparente correspondientes a dos modos perpendiculares de polarización son, en general, coincidentes en la banda de frecuencias entre 1 y 50 Hz, lo que indica que la respuesta de la estructura somera corresponde a la de un medio unidimensional (1-D). Sin embargo, a frecuencias más bajas el comportamiento es distinto pues el campo eléctrico percibe variaciones laterales de la conductividad y, como consecuencia de ello, las curvas de resistividad aparente difieren entre sí. Esto indica que los modelos 1-D no son aplicables en toda la banda de frecuencias, por lo que la interpretación debe hacerse en términos de modelos bidimensionales (2-D). Romo *et al.* (1994) describen los modelos obtenidos a lo largo de nueve perfiles. En este trabajo se muestran solamente la Línea I-NE orientada NE-SW (Fig. 3) y la Línea I-NW con dirección NW-SW (Fig. 4).

En el modelo que se muestra en la Fig. 3 destaca una zona conductora ($< 5 \Omega\text{-m}$) que se detecta bajo los sitios s12, s11 y s04, con un espesor de 500 m bajo s12 que aumenta a más de 1200 m bajo s04. Si se consideran resistividades menores a $20 \Omega\text{-m}$, se puede delinear una estructura en forma de graben entre los sitios s12 y s10. El límite sudoeste de esta estructura produce el fuerte contraste lateral encontrado a mayor profundidad bajo el sitio s12 y puede corresponder a la falla La Cuesta (Fig. 1). El conductor vertical de $1 \Omega\text{-m}$ bajo s04 es el límite noreste del graben y puede asociarse con la falla El Azufre (Fig. 1). Un hecho notable es la diferente resistividad encontrada en cada

flanco del graben, lo que parece implicar que la zona de la falla El Azufre es más ancha y más permeable ($50 \Omega\text{-m}$) que la de la falla La Cuesta ($500 \Omega\text{-m}$), en donde el contraste es más brusco.

El modelo de resistividad para la Línea I-NW (Fig. 4) muestra una imagen del subsuelo un poco más simple. La zona conductora ($< 5 \Omega\text{-m}$) se extiende horizontalmente entre los sitios s85 y s45, su espesor es mayor bajo s12 y decrece hacia ambos lados de la sección. Como en el caso anterior, este cambio de espesor podría atribuirse a alguna estructura geológica, sin embargo, en este caso, esto es más difícil de postular debido a que el contraste de resistividad es más débil y a que no hay un número suficiente de observaciones a ambos lados del sitio s12. El contraste más fuerte encontrado a profundidad entre los sitios s85 y s69, proporciona una mejor evidencia para postular una falla con un escalón de ~ 1000 m a nivel del basamento. Esta estructura podría corresponder con la prolongación noroeste de la misma falla La Cuesta o a una estructura del sistema NE-SW (Fig. 1).

SISMICIDAD Y ATENUACIÓN DE ONDAS DE CODA

Entre mayo y octubre de 1992, Wong y Munguía (1992) registraron, con un equipo analógico MQ-800, más de 2000 eventos sísmicos con tiempos S-P de menos de 3 s y magnitu-

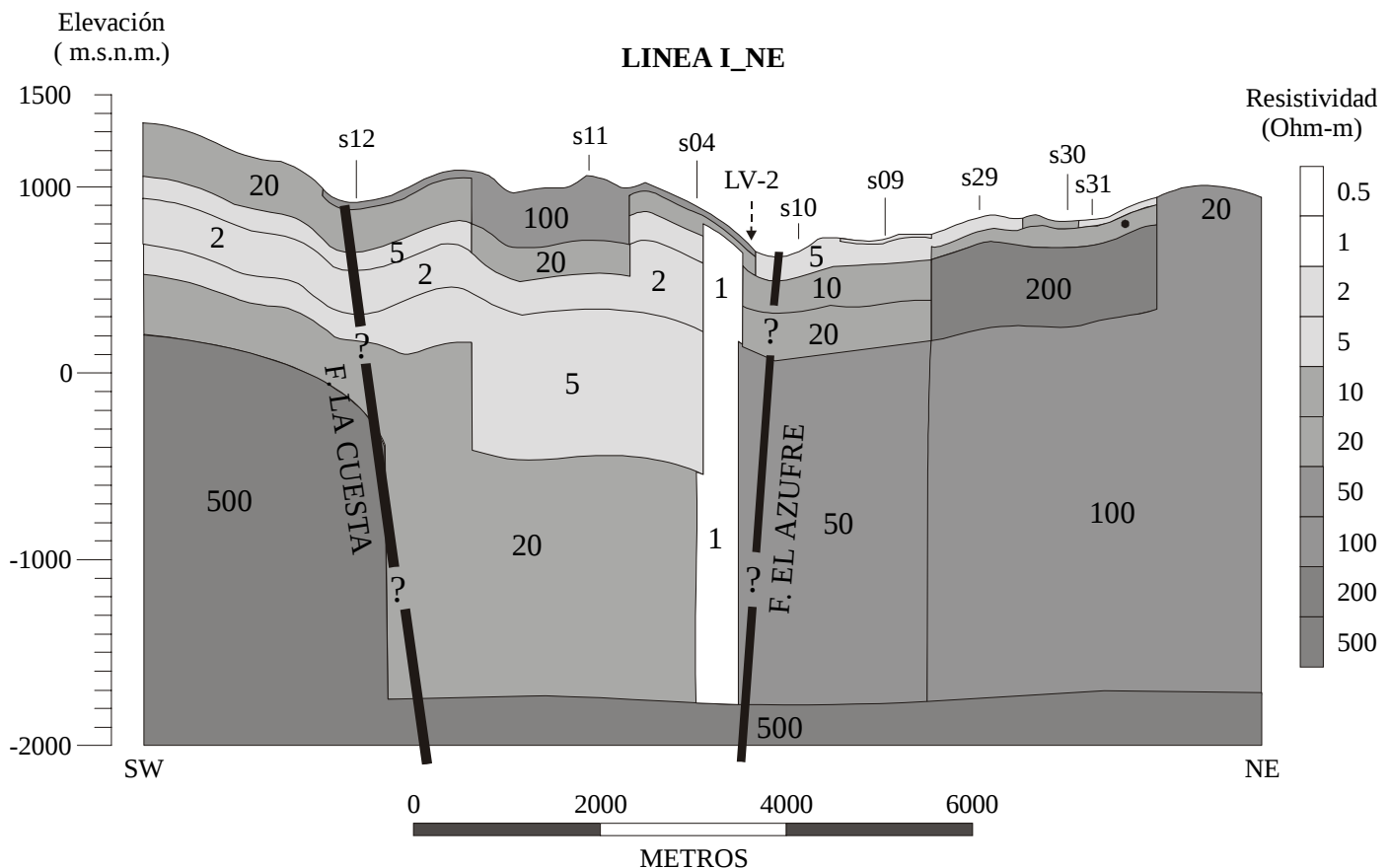


Figura 3. Modelo de resistividad para la línea I-NE.

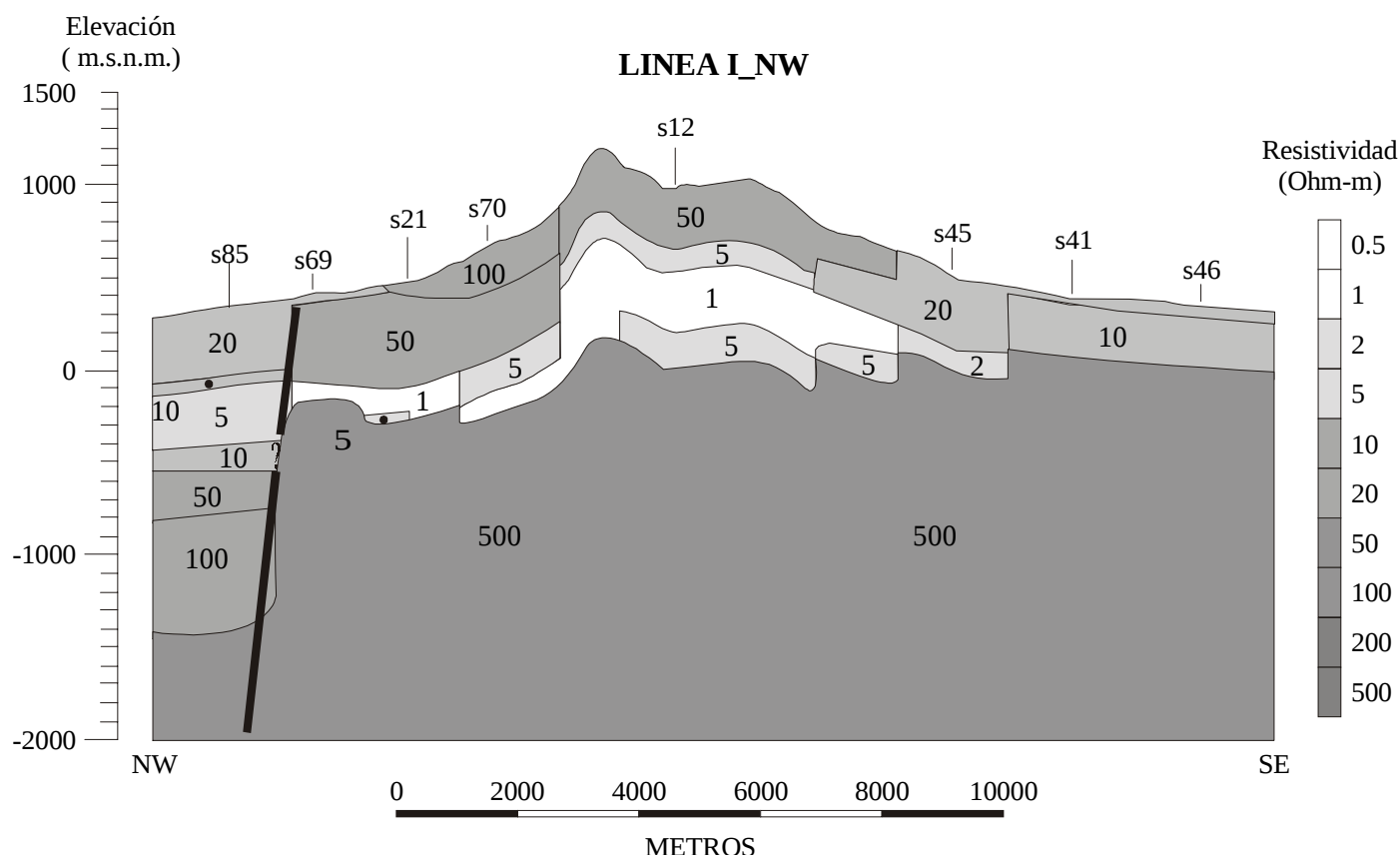


Figura 4. Modelo de resistividad para la línea I-NW.

des entre 1 y 3. Las numerosas secuencias tipo enjambre que aparecen en los registros permiten inferir que la distribución de esfuerzos es sumamente heterogénea en el área.

En 1993 la CFE instaló una red digital permanente, con objeto de utilizar la intensa actividad sísmica como herramienta de exploración. Esta red se compone de seis estaciones con registro digital de tres componentes. El análisis de cuatro meses de registro (Munguía y Wong, 1993 y 1995) demuestra que los epicentros se agrupan bajo las estructuras volcánicas y hacia el sudeste de la red. Las magnitudes estimadas varían entre 1.0 y 4.0, las mayores localizadas en el Golfo de California. Los mecanismos focales compuestos que se determinaron para un grupo de eventos, corresponden tanto a fallas normales como a fallas con desplazamiento lateral. Muchos de ellos corresponden a fallas oblicuas que combinan desplazamientos de tipo normal y de rumbo. Esta variedad de mecanismos es un reflejo de la complejidad estructural de la zona. En un análisis más reciente, Guerrero-Guadarrama (1998) estima la localización hipocentral de cerca de 650 eventos registrados por esta red entre 1993 y 1995. Como resultado de ese trabajo se desprende que la mayor parte de la actividad es de origen tectónico y se produce en los primeros 5 km de profundidad. Es posible que parte de la actividad somera se origine por el ascenso de fluidos y que ciertos enjambres se puedan atribuir al emplazamiento de diques a profundidades intermedias (3 a 4 km).

Más recientemente, Wong (2000), Wong y Munguía (1999) y Wong *et al.* (1999) analizan los datos sísmicos registrados mediante una red portátil con trece estaciones colocadas en el área por un período de 23 días, en Octubre de 1993. La red se constituyó con seis estaciones analógicas con registro de la componente vertical y siete estaciones digitales con registro de las tres componentes (Fig. 5). En las trece estaciones se dispuso de una base de tiempo absoluto. Se pudieron localizar 257 microsismos (Fig. 5), su distribución epicentral muestra que la actividad se concentra bajo la caldera El Aguajito, bajo los edificios volcánicos del campo volcánico Las Tres Vírgenes y a lo largo de la sección sudeste de la falla La Virgen. La profundidad focal varía entre 0 y 10 km; los eventos someros corresponden a la actividad bajo Las Tres Vírgenes y El Aguajito, mientras que los más profundos se localizan a lo largo del cañón El Azufre.

Los autores antes mencionados analizan la onda de coda de la componente horizontal de 26 microsismos que fueron registrados al menos en cinco estaciones de la red. Utilizan esta información para estudiar la atenuación asociada a las trayectorias seguidas por distintos grupos de rayos al viajar desde la fuente a las estaciones detectoras. Las localizaciones hipocentrales de estos eventos se reportan en Wong y Munguía (1999), sus magnitudes varían entre 1.0 y 3.0, mientras que sus profundidades se encuentran entre 3.0 y 6.0 km. El factor de calidad Q_c se estimó usando el modelo de dispersión simple de Sato (1977). En cada estación se obtuvo una estimación pro-

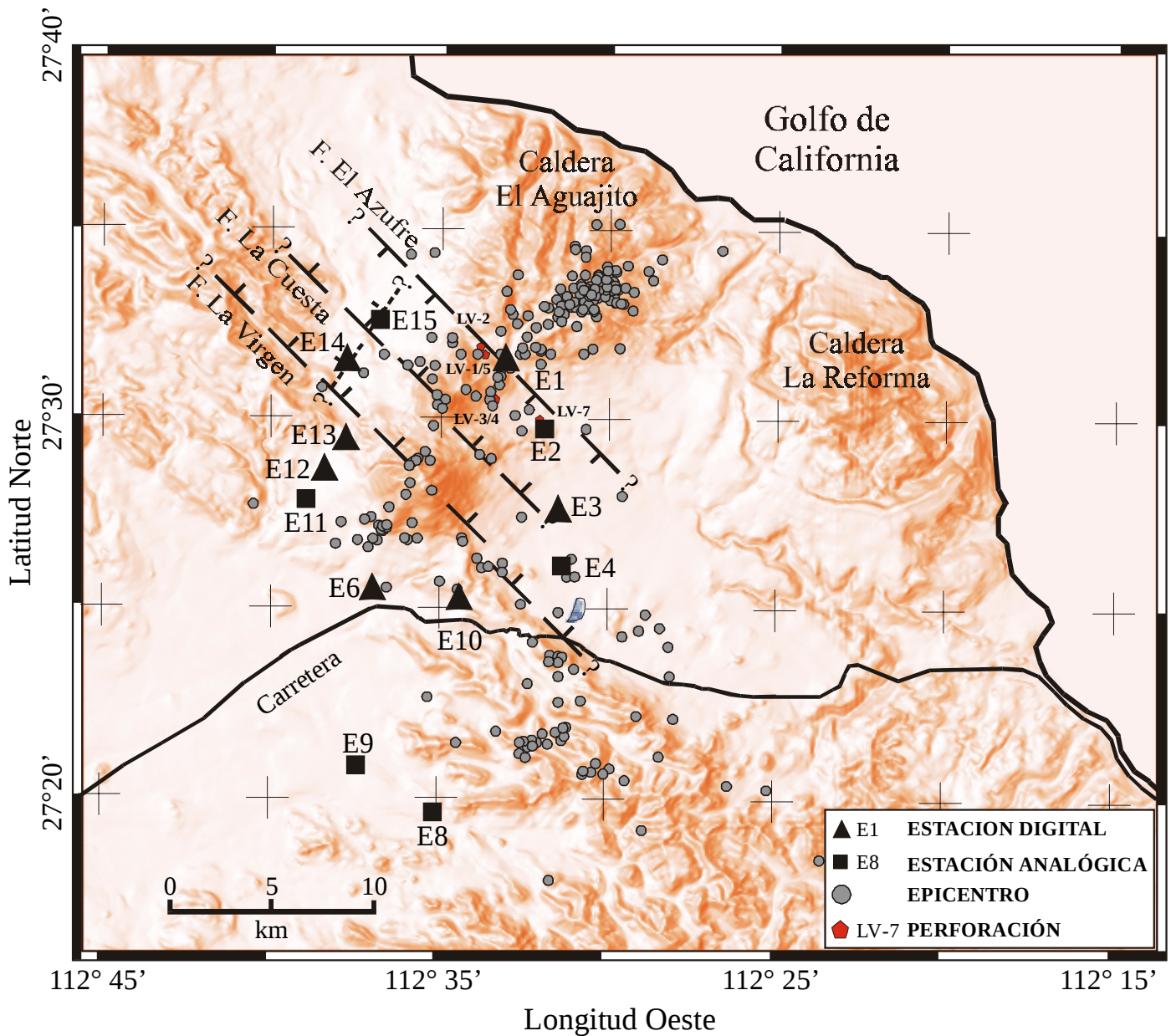


Figura 5. Red de estaciones sismológicas y localización de epicentros.

medio $\langle Q_c \rangle$ para frecuencias discretas entre 6 y 24 Hz (Fig. 6). El modelo utilizado, así como la metodología usada para la estimación se describen con todo detalle en Wong *et al.* (1999).

Los eventos se separaron en tres grupos de acuerdo a su localización epicentral. El grupo noreste corresponde a eventos localizados bajo la caldera El Aguajito, el grupo central está formado por los eventos localizados a lo largo de la cadena volcánica formada por los volcanes El Viejo, El Azufre y La Virgen, y el grupo sureste corresponde a los eventos localizados a lo largo de la sección sureste de la falla La Virgen. Usando estos tres grupos se estimó la variación del factor de calidad $\langle Q_c \rangle$ vs frecuencia, en cada una de las siete estaciones digitales (E1, E3, E6, E10, E12, E13 y E14). Los resultados se muestran en la Fig. 6 (las barras de error corresponden a una desviación estándar). Es evidente que la estación E1 tiene el mismo com-

portamiento anómalo para los tres grupos de epicentros. En esta estación el valor de $\langle Q_c \rangle$ se reduce significativamente al disminuir la frecuencia. Puede notarse que su valor a 6 Hz es 3 o 4 veces menor que el valor a la misma frecuencia en las demás estaciones. Por su parte, las funciones $\langle Q_c(f) \rangle$ para las demás estaciones son comparables entre sí, con las mayores diferencias en las frecuencias bajas. Todas ellas muestran una reducción moderada de $\langle Q_c \rangle$ al disminuir la frecuencia: un resultado comúnmente encontrado en otras áreas volcánicas (Chouet, 1976; Del Pezzo *et al.*, 1987; De Natale *et al.*, 1987; Zúñiga y Díaz, 1994).

El comportamiento anormal de E1 puede explicarse por la distorsión local producida dentro de un volumen de roca cercano al sitio de la estación detectora. Es posible que la $\langle Q_c \rangle$ estimada no represente la atenuación total, sino una medida de la

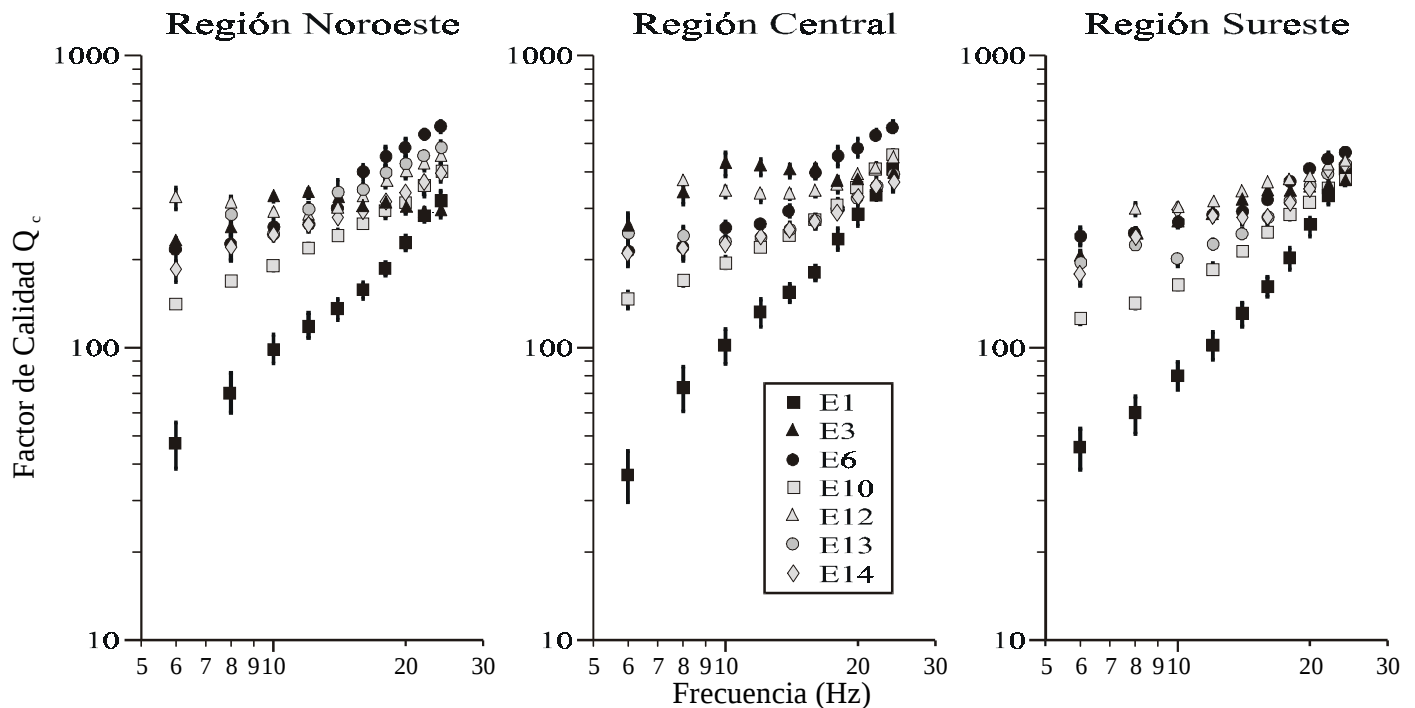


Figura 6. Variación con la frecuencia del factor de calidad Q_c estimado para tres diferentes grupos de epicentros en las siete estaciones digitales.

absorción intrínseca. Por lo tanto, como lo subraya Aki (1980) y Gao (1992), debe ser muy sensible a las condiciones físicas del volumen de roca cercano al sitio, particularmente al contenido de fluidos y al flujo entre fracturas adyacentes.

Por otro lado, cuando se comparan los resultados de los tres grupos epicentrales, se pueden observar funciones $\langle Q_c(f) \rangle$ muy similares para cada estación (incluida E1), a pesar de que cada grupo de eventos viajó por trayectorias distintas, «iluminando» distintos volúmenes del subsuelo. Este comportamiento de $\langle Q_c \rangle$ sugiere que las propiedades elásticas de estos distintos volúmenes fueron «promediadas» de tal manera que sus respuestas resultan indistinguibles.

CONCLUSIONES

Los modelos magnetotelúricos muestran una zona conductora ($< 5 \Omega\text{-m}$) a profundidades entre 250 y 750 m, probablemente relacionada a las componentes más permeables de la Formación Santa Lucía y del Grupo Comondú. En la Línea I-NE (Fig. 3) el espesor de la zona conductora bajo los sitios s12, s11 y s04 cambia de 500 m bajo s12 a más de 1200 m bajo s04.

En la Línea I-NE (Fig. 3) las resistividades menores a 20 $\Omega\text{-m}$ delinean una estructura en forma de graben entre los sitios s12 y s10. El límite sudoeste de esta estructura produce un fuerte contraste lateral encontrado a profundidad bajo s12, y puede corresponder a la falla La Cuesta. El conductor vertical de 1 $\Omega\text{-m}$ bajo s04 es el límite noreste del graben y puede asociarse con la falla El Azufre. Un hecho notable es la diferente resistividad encontrada en cada flanco del graben, lo que parece implicar

que la zona de la falla El Azufre es más ancha y más permeable (50 $\Omega\text{-m}$) que la de la falla La Cuesta (500 $\Omega\text{-m}$), en donde el contraste es más brusco.

El modelo de resistividad de la Línea I-NW (Fig. 4) muestra la zona conductora ($< 5 \Omega\text{-m}$) extendiéndose horizontalmente entre los sitios s85 y s45, su espesor es mayor bajo s12 y decrece hacia ambos lados de la sección. En este caso, es más difícil postular una estructura geológica, debido a que el contraste de resistividad es más débil y a que no hay un número suficiente de observaciones a ambos lados del sitio s12. El contraste más fuerte encontrado a profundidad entre los sitios s85 y s69, proporciona una mejor evidencia para postular una falla con un escalón de ~ 1000 m a nivel del basamento. Esta estructura podría corresponder con la prolongación noroeste de la misma falla La Cuesta o a alguna estructura del sistema NE-SW (Fig.1).

El hecho de que las funciones $\langle Q_c(f) \rangle$ de cada estación sean prácticamente independientes de las distintas trayectorias seguidas por los tres grupos epicentrales, sugiere que no son sensibles a posibles diferencias de las propiedades elásticas dentro de los grandes volúmenes del subsuelo «iluminados» por estos grupos de trayectorias. Por otro lado, los valores anómalos encontrados en la estación E1 para los tres grupos de trayectorias, sugieren que las respuestas son sensibles a diferencias en las propiedades elásticas del volumen de roca ubicado directamente bajo el sitio de detección.

Es posible que los valores de $\langle Q_c \rangle$ estimados con base en el modelo de dispersión simple no representen una medida de atenuación intrínseca. Por lo tanto, este valor debe ser muy sensible a las condiciones físicas del volumen de roca cercano al sitio (~ 2 km), particularmente al contenido de fluidos y al flujo

entre fracturas adyacentes. Por otro lado, el resultado obtenido en seis de las siete estaciones, relativo a la disminución moderada de $\langle Q \rangle$ al disminuir la frecuencia, es un resultado que se ha observado en otras áreas volcánicas donde se ha interpretado como indicativo de magma a profundidad.

La falla El Azufre, la cual posiblemente afecta al basamento, es una de las estructuras geológicas más importantes de la zona. A lo largo de esta falla existe una región del subsuelo en donde la conductividad eléctrica así como la atenuación de las ondas elásticas son anormalmente altas. En esa zona encontramos que el factor de calidad Q_c sufre una reducción significativa a medida que disminuye la frecuencia, lo que se traduce en valores de atenuación 3 o 4 veces mayores que los estimados en el resto del área. Por otra parte, en la misma zona encontramos resistividades menores a $5 \Omega\text{-m}$ a profundidades entre 250 y 2500 m. Ambos resultados concuerdan con el resultado de las perforaciones que han comprobado la presencia de rocas intensamente fracturadas y de fluidos con temperaturas mayores de 240°C a profundidades entre 1500 y 2500 m (Lira *et al.*, 1997).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se originó como resultado de dos proyectos de investigación llevados a cabo en CICESE bajo contrato con la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) de la CFE. Los autores agradecen al Dr. Gerardo Hiriart, gerente de la GPG, por su autorización para publicar estos resultados. Agradecemos particularmente a todo el personal de CICESE que colaboró en los proyectos de sismología y magnetotélurico y que participó en los trabajos de campo, así como en el procesamiento e interpretación de los datos. Agradecemos también el apoyo y la cooperación del personal de CFE, especialmente al Ing. Francisco Arellano y al Ing. Saúl Venegas.

Finalmente, deseamos manifestar nuestro agradecimiento a los revisores del manuscrito, quienes con sus comentarios contribuyeron a mejorarlo significativamente y al Tec. Humberto Benítez por su ayuda en la elaboración de las figuras.

REFERENCIAS

- Aki, K. (1980). Attenuation of shear-waves in the lithosphere for frequencies from 0.05 to 25 Hz. *Phys. Earth Planet. Inter.*, Vol. 21(?), pp. 50- 60.
- Arredondo, J. (1995). Reinterpretación gravimétrica a detalle en la zona de Los pozos LV-1, LV-2 y LV-3 en el campo geotérmico de Las Tres Vírgenes, B.C.S., *Rep. Interno 32/95, GPG-CFE*, 18 pp.
- Ballina, H. (1985). Estudio geofísico en la zona geotérmica de Tres Vírgenes, B.C.S., *Geotermia*, Vol. 1(1), pp. 21-43.
- Ballina, H. y Herrera F. (1984). Estudio geofísico en la zona geotérmica de Las Tres Vírgenes, B.C.S., *Rep. Interno 32/95, GPG-CFE*, 28 pp.
- Bigurra, E. (1998). Análisis geoelectrico de la zona geotérmica de Las Tres Vírgenes, B.C.S., México. *Geotermia*, Vol. 14(1), pp. 33-41.
- Chouet, B. (1976). Source, scattering and attenuation effects on high frequency seismic waves. *Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge, Massachusetts.
- De Natale, G., Iannaccone, G., Martini, M., and Zollo, A. (1987). Seismic sources and attenuation properties at the Campi Flegrei volcanic area, *Pageoph*, 125, pp. 883-917.
- Del Pezzo, E., Gresta, E., Patané, G., Patané, D., and Scarcella, G. (1987). Attenuation of short period seismic waves at Etna as compared to other volcanic areas, *Pageoph*, 125, pp. 1039-1050.
- Flores, C., Vázquez, R., González, C.A., Romo, J.M., Velasco, N., y López-Tippa A., (1999). Exploración geofísica con sondeos electromagnéticos transitorios en tres zonas geotérmicas de Baja California, México: Tres Vírgenes, Puertecitos y Bahía Concepción. *Geotermia*, Vol. 15(1), pp. 25-30.
- Gao, L.S., (1992). Physical meaning of the coda envelopes, In: Volcanic Seismology, In: *Proceedings in Volcanology (I.A.V.C.E.I.)*, P. Gasparini, R. Scarpa, and K. Aki, (Eds.), Vol. 3, Springer-Verlag, New York, pp. 391- 403.
- García G., y González, M. (1998). Síntesis de los estudios de gravimetría, magnetometría y termometría en la zona geotérmica de las Tres Vírgenes, B.C.S., México, *Geotermia*, Vol. 14(1), pp. 15-32.
- Garduño-Monroy, V.H., Vargas-Ledesma, H., and Campos-Enriquez J.O., (1993). Preliminary geologic studies of Sierra El Aguajito (Baja California, México): a resurgent-type caldera, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 59, pp. 47-58.
- Guerrero-Guadarrama, J.L. (1998). Actividad sísmica del campo geotérmico de Las Tres Vírgenes, B. C. SS., México. *Geotermia*, Vol. 14(2), pp. 87-100.
- Lira, H., González, M. y Arellano, J.F., (1997). Actualización del modelo conceptual del campo geotérmico de Tres Vírgenes, Baja California Sur, *Rep. Interno RE-12/97, GPG-CFE*, 26 pp.
- Lira, H., Ramirez, G., Herrera, J., y Vargas, H. (1983). Estudio geológico a semidetalle de la zona geotérmica de las Tres Vírgenes, B.C.S., *Rep. Interno 30/83, GPG-CFE*, 33 pp.
- López, A. (1998). Síntesis geológica de la zona geotérmica de Las Tres Vírgenes, B.C.S., México, *Geotermia*, Vol. 14(1), pp. 3-14.
- López, A. Casarrubias, Z., y Leal, R., (1993). Estudio geológico regional de la zona geotérmica de Las Tres Vírgenes, *Rep. Interno OGL-BC-002/93, GPG-CFE*, 102 pp.
- López, A., García G., y Arellano J.F., (1995). Geothermal exploration at Las Tres Vírgenes, B.C.S., México, *Proceedings of the 1995 World Geoth. Congress, (I.G.A)*, Vol. 2, pp. 707- 712,
- López, A., Robin, C., Cantagrel, J.M., y Vincent, P., (1989). Estudio geoquímico, mineralógico y edades radiométricas de la zona de Tres Vírgenes, B.C.S.: implicaciones geotérmicas, *Rep. Interno 5/89, GPG-CFE*, 50 pp.

- Munguía, L., y Wong, V. (1993). Análisis e interpretación de la información sísmica digital registrada en el campo geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S. en el período Febrero-Mayo de 1993, *Rep. Interno, Contrato CLS-GPG-3013-93/CFE-CICESE, GPG-CFE*, 128 pp.
- Munguía, L., y Wong, V. (1995). Estudio de sismicidad en la zona geotérmica las Tres Vírgenes, Baja California Sur, In: *La sismología en México: 10 años después del temblor de Michoacán del 19 de Septiembre de 1985 (M=8.1)*, (U.G.M.), Medina-Martínez, F., Delgado-Argote, L.A., y Suárez-Reynoso, G., (Eds.), Monografía No. 2, pp. 212-228.
- Palma, S.H. (1998). Modelado de datos magnetotelúricos en el campo geotérmico de Las Tres Vírgenes, B.C.S., México, *Geothermia*, Vol. 14(1), pp. 43-53.
- Quijano, J.L. (1984). Geoquímica de gases de la zona geotérmica de Tres Vírgenes, B. C. S., *Rep. Interno 2/84, GPG-CFE*, 45 pp.
- Romo, J.M., Flores, C., Vega, R., Esparza F., y Gómez, E. (1994). Estudio magnetotelúrico en el área geotérmica Tres Vírgenes-Aguajito, B.C.S.: Informe de Interpretación, *Rep. Interno, Contrato CLS-GPG-4003-94/CFE-CICESE, GPG-CFE*, 527 pp.
- Sánchez-Velazco, R. (1996). Aspectos Generales del Proyecto Geotérmico de las Tres Vírgenes, B.C.S., México, *Geothermia*, 12, pp. 115-124.
- Sato, H. (1977). Energy propagation including scattering effects: single isotropic scattering approximation, *J. Phys. Earth*, 25, pp. 27-41.
- Vázquez, R., Vega, R., Herrera, F., y López, A. (1992). Evaluación con métodos electromagnéticos del campo geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S., Primera etapa, *Rep. Interno, Contrato CLS-GPG-003-94/CFE-CICESE, GPG-CFE*, 175 pp.
- Wong, V., (2000), Estudio de sismotectónica, atenuación y tomografía sísmica en la región volcánica y geotérmica Las Tres Vírgenes, B.C.S., México, *Tesis doctoral, CICESE*. (en preparación)
- Wong, V., Munguía, L. y Rebollar, C.J. (1999). Attenuation of coda waves at Las Tres Vírgenes volcanic area, Baja California Sur, México. (sometido).
- Wong, V., y Munguía, L. (1992). Monitoreo sísmico del área geotérmica de Tres Vírgenes, Baja California Sur, *Rep. Interno, Contrato CLS-CPG-3011-92/CFE-CICESE, GPG-CFE*, 16 pp.
- Wong, V., y Munguía, L. (1999). Seismic studies and focal mechanisms determination at Las Tres Vírgenes volcanic area, B.C.S., México. (en preparación).
- Zúñiga, F.R., y Díaz, L.E. (1994). Coda attenuation in the area of El Chichón volcano, Chiapas, México, *Tectonophysics*, 234, pp. 247-258.

VISUALIZACIÓN DE PATRONES DE RADIACIÓN SÍSMICA CON *MATHEMATICA*

J. Frez C.

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

RESUMEN

Se presentan programas de computación que utilizan el paquete *Mathematica* para visualizar tridimensionalmente la distribución de la amplitud de arribos sísmicos modelados para fuentes puntuales asociadas a fallas. El ángulo de salida y el acimut del rayo sísmico calculados en el hipocentro del sismo son las variables independientes de las distribuciones. Se maneja un medio infinito para las ondas P y S, así como un modelo simple de semiespacio lateralmente homogéneo (sensor en la superficie) para los primeros arribos P, SV y SH, en componentes verticales y horizontales. Para el segundo modelo, se incluye además el cálculo de la razón de amplitudes SV/P en componente vertical. La capacidad de visualización aquí documentada ayuda a entender la teoría matemática y a interpretar datos.

INTRODUCCION

La representación matemática de una falla como fuente sísmica puntual (dislocación de cizalle) tiene numerosas convenciones en la definición de sus parámetros, en particular, de sus ángulos. Además, si queremos tomar en cuenta las amplitudes de los arribos más conspicuos en los sismogramas, debemos considerar que la posición de los sensores está en o muy cerca de la superficie terrestre; esto agrega más convenciones, por ejemplo las que definen el signo, positivo o negativo, en un desplazamiento sísmico. Varios autores unifican y normalizan símbolos y definiciones; entre ellos están Jarosch y Aboodi (1972), Herrman (1975), Simila (1983), Jost y Herrman (1989) y Pujol y Herrman (1990). Por otro lado, los capítulos 4 y 5 del texto de Aki y Richards (1980) son referencia obligada en este campo. Un problema menor es que la mayor parte de las figuras que tienen estas referencias son de funciones univariantes a pesar del uso de coordenadas tridimensionales. Este artículo ofrece herramientas para hacer visualizaciones que ayuden a la comprensión intuitiva de las ecuaciones que modelan el efecto combinado de fuente y estructura sísmicas. La utilización de paquetes de programación puede ser criticada cuando es hecha en forma mecánica (v. gr., Frez, 1998); la crítica tiene poco asidero cuando se trata de visualizar problemas directos donde es fácil evitar problemas tales como criterios de suavización poco controlados que los paquetes comerciales aplican al conectar valores calculados en mallas discretas. *Mathematica* (Wolfram, 1991) es una de las herramientas más populares para hacer cálculos numéricos, manipulación simbólica y gráficas en ciencias naturales y matemáticas (v. gr., Crandall, 1991; Cordero *et al.*, 1995); es de fácil acceso y manejo, además de que produce gráficas de excelente calidad. Una buena herramienta de visualización estimula la intuición y la interacción con los desarrollos puramente matemáticos. Considero que la programación, gráficas y discusión que se ofrecen en este artículo pueden ayudar a los estudiantes de Ciencias de la Tierra.

FUENTES Y AMPLITUDES SÍSMICAS

Las ecuaciones que representan el patrón de radiación, en el campo lejano, producido por una dislocación puntual en un medio infinito pueden ser encontradas en numerosos textos y artículos; ver, por ejemplo, Aki y Richards (1981). Las ecuaciones para registros en la superficie libre de un semiespacio homogéneo pueden formarse a partir de las ecuaciones 4.84, 4.85, 4.86 y 4.87, además de los resultados del ejercicio 5.6, en Aki y Richards (1981). La amplitud del desplazamiento sísmico en la superficie contiene el efecto del patrón de radiación y el de superficie, donde se agrega la contribución del campo reflejado al del incidente. El efecto de transmisión puede modelarse en forma muy elemental para un medio elástico lateralmente homogéneo a través de la constancia del parámetro de rayo p . No incluimos efectos de atenuación física y suponemos que la atenuación geométrica es similar para los rayos P y S, cosa que queda justificada en parte al usar un valor constante de la razón de velocidades V_p/V_s ($\sqrt{3}$ para material poissoniano). Las ecuaciones originales se han normalizado haciendo igual a 1.0 el factor $1/(4\pi\rho c^3)$, donde ρ es la densidad, c es la velocidad sísmica que corresponde (V_p , V_s) y los valores corresponden a la estructura en el foco sísmico.

Con todo esto, podemos comparar las amplitudes de los arribos calculados de forma bastante realista. Las limitaciones de este modelo son evidentes aunque no impiden que los cálculos ayuden en el trabajo rutinario y sean una herramienta fácil de utilizar como primera opción (por ejemplo, en Kisslinger, 1980), es decir, antes de cálculos más complicados como el de sismogramas sintéticos realistas. Además, muestra un panorama global del campo sísmico con bajo costo computacional.

En este trabajo, he utilizado la versión 2.2 de *Mathematica* para computadoras personales (PC). La mayor parte de los cálculos fueron hechos en una PC de apenas 60 Mhz y 24 Mb de

memoria. La pérdida de precisión numérica no aparece en estos cálculos, aunque debe preocuparnos una eventual división entre cero o entre algún número pequeño así como la aparición de números complejos y de efectos no deseados que resultan de la discretización. Nos referiremos más adelante a estos tópicos en un caso concreto.

De los diferentes comandos para realizar la proyección en dos dimensiones de figuras tridimensionales, he utilizado consistentemente “ParametricPlot3D”, que es confiable y rápido en ejecución. Los comentarios en los programas están entre paréntesis con asterisco (* ... *), según la sintaxis de *Mathematica*. Algunos comandos aparecen comentados para dejar al usuario la posibilidad de utilizarlos. Por ejemplo, se puede experimentar con cambios del punto de vista para la proyección que se utiliza en las figuras. Es preferible utilizar escalas en los ejes para comparar amplitudes de diferentes arribos. Las variables independientes de las figuras son el ángulo de salida del rayo desde la fuente (ángulo polar, i_h) y la dirección de salida del rayo con respecto a la traza de la falla (ángulo acimutal, $\phi - \phi_s$). Entre los paréntesis anteriores, agrego la coordenada esférica que corresponde, donde $\phi - \phi_s$ es la diferencia entre el acimut de la traza de la falla y el de la salida del rayo (Figura 1). En las gráficas, he utilizado coordenadas cartesianas y, en figuras que ofrecen ejemplos de patrones de radiación, el eje X corresponde a la dirección de la traza de la falla. La Figura 1 ilustra las variables relacionadas con la descripción matemática del movimiento de una falla y del patrón de radiación sísmica. El plano {X,Y} corresponde al plano ecuatorial de la esfera focal, es decir, de una pequeña esfera alrededor del foco sísmico. En un procedimiento que es usual para determinar mecanismos focales con la polaridad del primer arribo P, los valores de amplitudes en la superficie se calculan sobre la esfera focal y esta posición es proyectada sobre el plano ecuatorial. Un rayo que emerge hacia arriba desde el foco tiene un ángulo de salida que es función positiva de la distancia epicentral; a medida de que aumenta la distancia, el ángulo tiende a 90° para posteriormente convertirse en un rayo buzante que sale por el hemisferio inferior de la esfera focal. En los programas que calculan amplitudes en la superficie de un semiespacio, las coordenadas en el plano ecuatorial son $x = \sin(i_h) \cos(\phi - \phi_s)$ y $y = \sin(i_h) \sin(\phi - \phi_s)$. De este modo, el módulo de un vector posición en ese plano dividido entre la velocidad en el foco corresponde al parámetro del rayo. Opcionalmente, se puede utilizar una proyección equiareal; el correspondiente cálculo de las coordenadas para este caso está comentado en el código entregado en la Programa 2. Los Programas 2 al 4 cuentan con un primer segmento donde se definen las variables de entrada; luego, se aplican las ecuaciones utilizando variables auxiliares; por último, se llama al comando ParametricPlot3D -o ParametricPlot- dentro del cual, entre otras cosas, se define el rango de las variables independientes. *Mathematica* permite obtener un archivo PostScript de cada dibujo. Las figuras que se consiguen en pantalla son a colores.

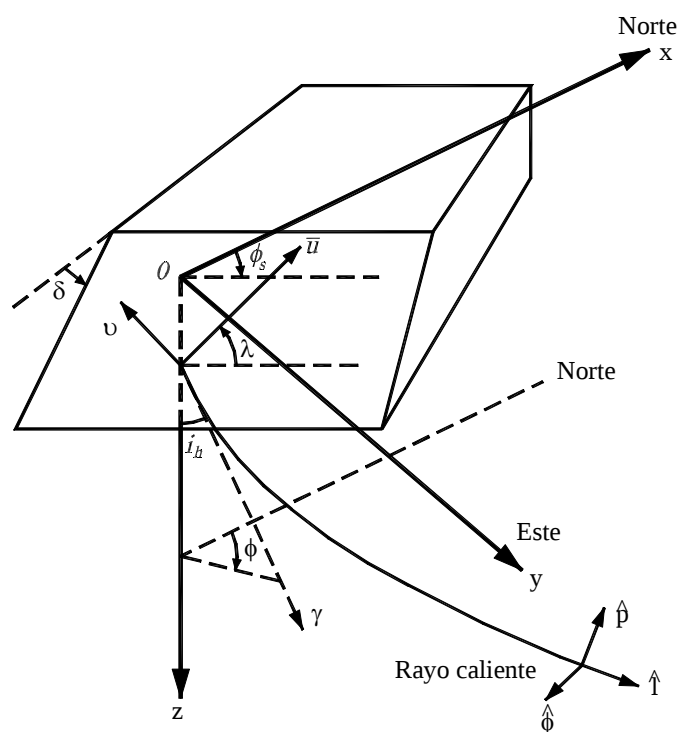


Figura 1. Variables y sistemas de coordenadas que se utilizan para describir el movimiento en una falla y el patrón de radiación. El origen se toma en el epicentro (el punto en la superficie de la Tierra que se encuentra verticalmente sobre la fuente sísmica). Los ángulos i_h y la diferencia $\phi - \phi_s$ corresponden al ángulo de salida del rayo y el acimut de éste con respecto al de la traza de la falla; ϕ_s , δ y λ corresponden al acimut, echado y dirección de movimiento relativo de la falla. Para un medio homogéneo, el rayo sale de la fuente como el vector γ . Los vectores unitarios $\hat{i}$ (componente longitudinal, onda P); $\hat{\phi}$ (componente transversal tangencial, onda SH) y $\hat{\rho}$ (componente transversal vertical, onda SV) describen componentes del desplazamiento sísmico en la superficie. La figura corresponde a la 4.20 de Aki y Richards (1980).

MEDIO HOMOGÉNEO INFINITO

Las gráficas de ejemplo del Programa 1 aparecen en las figuras 2 (onda P) y 3 (onda S). Las variables están normalizadas según la ecuación (4.33) de Aki y Richards (1980); el cálculo no necesita parámetros de entrada. Para el patrón de radiación de la onda S, hemos tomado la opción de “cortar” la superficie cerrada variando el ángulo acimutal sólo en 180°. El lector puede, como ejercicio, determinar la dirección del doble par de fuerzas que, en el origen de coordenadas, equivalen a la dislocación puntual. Estas figuras son las que más aparecen en la literatura (v. gr., Kennet, 1983, p. 90); el usuario puede modificar el programa y obtener dibujos con el patrón de radiación de otros modelos de fuentes puntuales simples (explosión, monopolo, etc.).

Programa 1. Programa para calcular y visualizar el patrón de radiación de una fuente puntual (dislocación de cizalle), ondas P y S, en un medio homogéneo e infinito; campo lejano. No se incluyen factores $1/\alpha^3$ y $1/\beta^3$ en cada patrón para el caso de onda P y S, respectivamente; α y β son las velocidades sísmicas correspondientes. Los factores producen una amplificación relativa de 5.2 para las amplitudes de onda S con respecto a las de P si el material es poissoniano. Los factores no se incluyen en éste y otros casos para que las figuras muestren una mejor resolución en los detalles. Otros factores tampoco incluidos son iguales para ambos patrones.

(* Patrones de Radiación de Ondas P y S
en un Medio Homogéneo Infinito *)

(* P: las tres componentes en coordenadas cartesianas a partir
de las esféricas {t: ang. polar; p: ang. acimutal} *)

```
radP[t_,p_]:= (Sin[2 t] Cos[p]) {
  Sin[t] Cos[p], Sin[t] Sin[p], Cos[t]}
(* Comando que evalua y grafica la expresion anterior *)
ParametricPlot3D[
  radP[t,p]//Evaluate,
  {t, 0, Pi}, {p, 0, 2Pi},
  (* Boxed->False, Axes->None, *)
  (* AspectRatio -> Automatic, *)
  PlotPoints->{25,25},
  ViewPoint -> {1,1,0.5}];
```

```
(* S *)
radS[t_,p_]:= (Cos[2 t]^2 Cos[p]^2 +
  Cos[t]^2 Sin[p]^2)^(1/2) {
  Sin[t] Cos[p], Sin[t] Sin[p], Cos[t]}
ParametricPlot3D[
  radS[t,p]//Evaluate,
  {t, 0, Pi}, {p, Pi, 2Pi},
  (* Boxed->False, Axes->None, *)
  (* AspectRatio -> Automatic, *)
  PlotPoints->{25,25},
  ViewPoint -> {1,1,0.5}];
```

Las figuras muestran claramente ejes de simetría de las superficies graficadas; de ahí se deduce la no-unicidad para elegir el plano de falla entre los dos planos de simetría con valores nulos de amplitud de la onda P. Estos planos se designan como planos nodales en Sismología.

SEMIESPACIO LATERALMENTE HOMOGÉNEO

El Programa 2 calcula las amplitudes de los arribos P, SV y SH en sus componentes horizontales y verticales. Los valores numéricos de los parámetros más generales (λ : dirección del desplazamiento relativo en la falla con respecto a la dirección horizontal; δ : echado con respecto al plano horizontal) corresponden a un fallamiento de rumbo ($\lambda = 0^\circ$, $\delta = 90^\circ$). En este programa, he fijado las velocidades de V_p en la fuente y en la superficie libre como 5.2 km/s y 6.2 km/s, respectivamente, y la razón de velocidad $V_p/V_s = \sqrt{3}$. Valores semejantes son típicos en estructuras continentales como en la Sierra Peninsular del norte de Baja California (Nava y Brune, 1982). Las convenciones para ángulos que describen fallamiento, ejes de co-

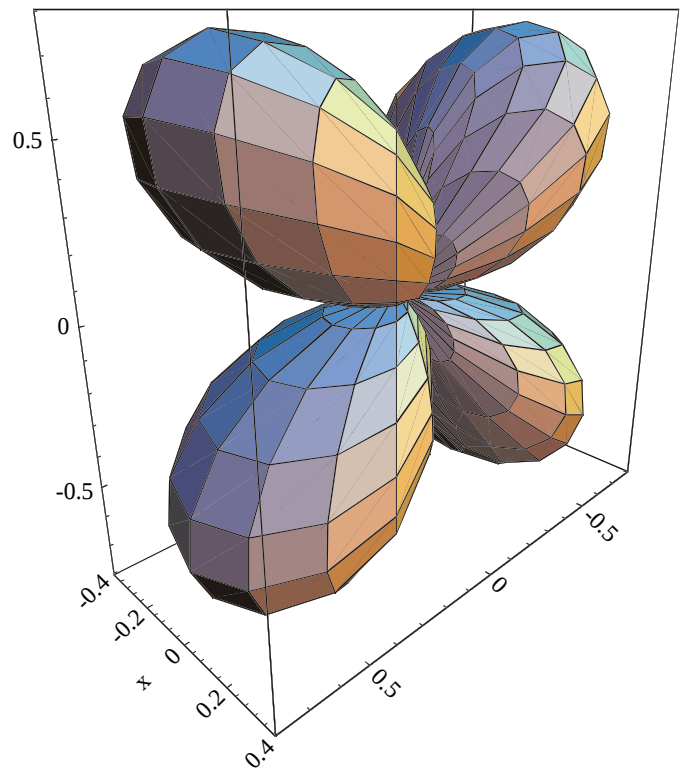


Figura 2. Patrón de radiación de onda P que resulta del programa mostrado en el Programa 1.

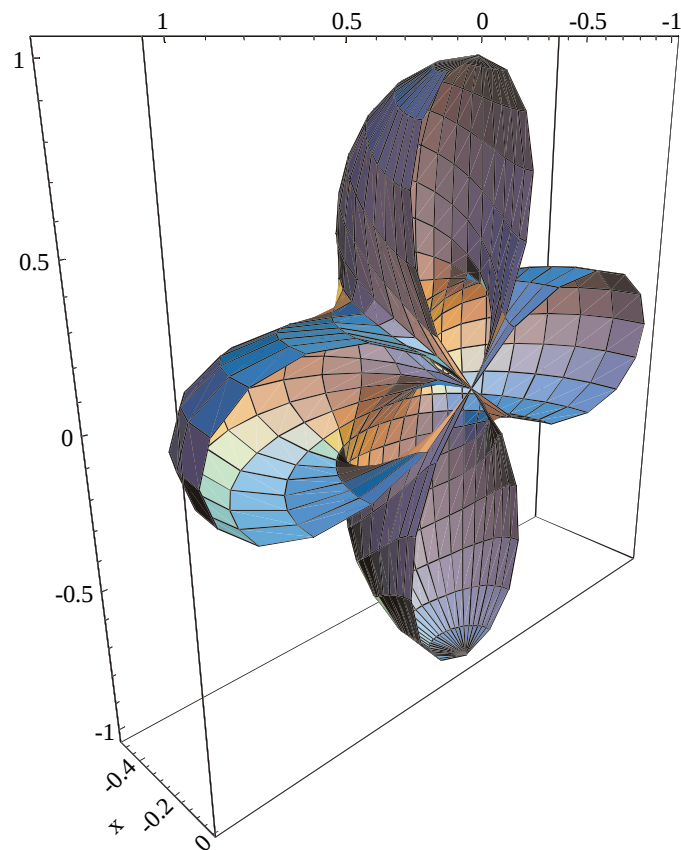


Figura 3. Patrón de radiación de onda S que resulta del programa mostrado en el Programa 1.

Programa 2. Programa para calcular y visualizar el patrón de radiación (campo lejano) de una fuente puntual (dislocación de cizalle) en puntos de la superficie libre de un medio semi-infinito lateralmente homogéneo. Ver detalles en el texto. Se calculan los arribos P-vert, P-hor, SV-hor, SV-vert y SH, donde la nomenclatura de cada arribo indica la onda incidente y la componente del desplazamiento. Cada arribo contiene el campo incidente y el reflejado, incluyendo ondas convertidas. Ver comentarios sobre normalización en el pie de la Figura 2. Notación para los parámetros de entrada: velocidades en el foco (*alphah*, *betah*) y en la superficie (*alpha0* y *beta0*), ángulo de desplazamiento en la falla (*lamb*) y echado de la falla (*del*); además, como argumentos en el comando ParametricPlot3D: *in*, ángulo de salida del rayo desde la fuente; *dphi*: acimut del rayo con respecto a la dirección de la falla.

```
(* Prad_tod.Ma: Patrones de Radiación en Superficie Libre
P-vert, P-hor, SV-vert, SV-hor y SH.
Faltan factores (1/Vp)^3, (1/Vs)^3 en las amplitudes.
Ref. Aki&Richards, eqs. (4.84), ((4.85), (4.86), (4.87) y
probl. 5.6 *)

(* Parámetros de entrada *)
vpvs=Sqrt[3];
gtorad = Pi/180;
lamb = 90 gtorad;
del = 45 gtorad;
alphah = 6.2;
betah = alphah/vpvs;
alpha0 = 5.2;
beta0 = alpha0/vpvs;

palph = Sin[ih] / alphah;
pbeta = Sin[ih] / betah;

(* Coordenadas cartesianas *)
xP = Sin[ih] Cos[dphi];
yP = Sin[ih] Sin[dphi];

(* Proyeccion equiareal
xP = Sqrt[2] Sin[ih/2] Cos[dphi];
yP = Sqrt[2] Sin[ih/2] Sin[dphi]; *)

(* P *)
sinPP0 = palph alpha0;
iPP0 = ArcSin[sinPP0];
sinPSV0 = palph beta0;
iPSV0 = ArcSin[sinPSV0];
denomP = (1.0/beta0^2 - 2 palph^2)^2 +
4 palph^2 Cos[iPP0] Cos[iPSV0]/(alpha0 beta0);

t1p = Cos[lamb] Sin[del] Sin[ih]^2;
t2p = -Cos[lamb] Cos[del] Sin[2 ih];
t3p = Sin[lamb] Sin[2 del];
t4p = Sin[lamb] Cos[2 del] Sin[2 ih];
rP = Sin[2 dphi] t1p +
Cos[dphi] t2p +
(Cos[ih]^2 - Sin[ih]^2 Sin[dphi]^2) t3p +
Sin[dphi] t4p;

(* P-vert *)
dPvert = -2 rP Cos[iPP0] *
(1/beta0^2 - 2 palph^2) /
(beta0^2 denomP);
dPv = (dPvert^2)^0.5;
ParametricPlot3D[{xP, yP, dPv},
{ih,0,Pi/2},{dphi,-Pi,Pi},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"(P)vert: delta = 450, lambda = 900",
AxesLabel->{"Fault Trace"," "," "};]

(* P-hor *)
dPhor = 4 rhoP palph Cos[iPP0] Cos[iPSV0] /
(beta0^3 denomP);
dPh = (dPhor^2)^0.5;
ParametricPlot3D[{xP, yP, dPh},
{ih,0,Pi/2},{dphi,-Pi,Pi},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"(P)hor: delta = 450, lambda = 900";]

(* SV *)
senSVSV0 = pbeta beta0;
iSVSV0 = ArcSin[senSVSV0];
ciSVP0 = Abs[1.0-pbeta^2 alpha0^2]^0.5;
t12 = (1.0/beta0^2 - 2 pbeta^2)^2;
t22 = 4 pbeta^2 Cos[iSVSV0] ciSVP0/(alpha0 beta0);
denomSV = If[alpha0^2 pbeta^2 <= 1,
t12 + t22,
Sqrt[t12^2 + t22^2]];

t1sv = Sin[lamb] Cos[2 del] Cos[2 ih];
t2sv = -Cos[lamb] Cos[del] Cos[2 ih];
t3sv = 0.5 Cos[lamb] Sin[del] Sin[2 ih];
t4sv = -0.5 Sin[lamb] Sin[2 del] Sin[2 ih];
rSV = Sin[dphi] t1sv +
Cos[dphi] t2sv +
Sin[2 dphi] t3sv +
(1+Sin[dphi]^2) t4sv;
rhoSV = (rSV^2)^0.5;

(* SV-hor *)
dSVhor = 2 rhoSV Cos[iSVSV0] *
(1/beta0^2 - 2 pbeta^2) /
(beta0^2 denomSV);
dSVh = (dSVhor^2)^0.5;
ParametricPlot3D[{xP, yP, dSVh},
{ih,0,Pi/2},{dphi,-Pi,Pi},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"(SV)hor: delta = 450, lambda = 900";]
(* AxesLabel->{"Fault Trace"," "," "}; *)

(* SV-vert *)
dSVver = 4 rhoSV pbeta Cos[iSVSV0] ciSVP0 /
(alpha0 beta0^2 denomSV);
dSVv = (dSVver^2)^0.5;
ParametricPlot3D[{xP, yP, dSVv},
{ih,0,Pi/2},{dphi,-Pi,Pi},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"(SV)ver: delta = 450, lambda = 900";]
(* AxesLabel->{"Fault Trace"," "," "}; *)

(* SH *)
t1sh = Cos[lamb] Cos[del] Cos[ih];
t2sh = Cos[lamb] Sin[del] Sin[ih];
t3sh = Sin[lamb] Cos[2 del] Cos[ih];
t4sh = -0.5 Sin[lamb] Sin[2 del] Sin[ih];
rSH = Sin[dphi] t1sh +
Cos[2 dphi] t2sh +
Cos[dphi] t3sh +
Sin[2 dphi] t4sh;
rhoSH = 2 (rSH^2)^0.5;
ParametricPlot3D[{xP, yP, rhoSH},
{ih,0,Pi/2},{dphi,-Pi,Pi},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"SH: delta = 450, lambda = 900";]
(* AxesLabel->{"Fault Trace"," "," "}; *)
```

ordenadas relacionadas con patrones de radiación y signos en los coeficientes de reflexión y transmisión son de Aki y Richards (1981). (Ver figuras 1 de este artículo y 5.5, p. 139, de ese texto). Para distinguir el cambio de signo, se grafica el valor absoluto de las amplitudes. El cambio de signo del primer arribo P, es decir, de compresivo (positivo: de la fuente hacia la estación) a dilatacional (viceversa) está, por la tanto, marcado por la discontinuidad que toca el plano ecuatorial en la Figura 4; ellas delimitan la distribución de compresiones y dilataciones en el caso de falla normal (*dip-slip fault*, en inglés).

Las figuras 4 (P-vert), 5 (P-hor), 6 (SV-hor), 7 (SV-vert) y 8 (SH) muestran patrones de radiación en la superficie libre para una falla normal ($\lambda = 90^\circ$; $\delta = 45^\circ$). En los paréntesis anteriores hemos identificado los arribos por el tipo de onda incidente. El caso “SV-vert” es importante porque contiene el caso de reflexión supercrítica para la onda reflejada (convertida) P; ello corresponde a un ángulo de reflexión imaginario y a valores complejos del coeficiente de reflexión. Aquí, el valor absoluto de la amplitud corresponde al módulo del número complejo correspondiente. La Figura 6 muestra la discontinuidad resultante. No me pareció interesante incluir gráficas con la distribución del cambio de fase asociado.

El Programa 3 calcula la razón de amplitudes (P/SV)-vert; esta razón se ha propuesto como herramienta para determinar mecanismos focales con datos locales (Kisslinger, 1980; Kisslinger *et al.*, 1981; ver también una corrección en Kisslinger, 1982). En vez de aplicar la ecuación (corregida) de Kisslinger (1982), simplemente se calcula la razón entre las amplitudes ya referidas en el programa. La Figura 9 entrega el resultado para el caso de un fallamiento de rumbo donde ocurre una división de dos números que tienden a cero (en los puntos correspondientes a los planos nodales), por lo que debemos tomar precauciones. Para una simple división por cero o un número muy pequeño, podríamos reemplazar a este valor por uno suficientemente pequeño (0.0001, por ejemplo); sin embargo, este artefacto no produce necesariamente el límite de la razón entre dos valores que tienden a cero. Es más exacto buscar matemáticamente el límite e introducirlo como opción en el programa cuando el caso especial lo amerite. Sin embargo, dado que la discontinuidad que se puede formar se encuentra en direcciones muy específicas (la de los ejes de coordenadas, en el caso que nos preocupa), se puede utilizar la discretización y la continuidad probada analíticamente para salir más fácilmente del paso. En pocas palabras, se evita hacer el cálculo sobre los puntos que presentan la singularidad removible; para ello, se mueve ligeramente el rango de cálculo del acimut con respecto a la dirección de la falla.

La Figura 9 muestra que la razón (SV/P)-vert no tiene resolución para determinar los planos nodales en un fallamiento de rumbo, resultado ya comentado en Kisslinger (1980). Invitamos al usuario a tratar el caso en que $\lambda = 90^\circ$ y $\delta = 45^\circ$, para el cual las amplitudes P-vert y SV-vert están representadas en las Figuras 5 y 7. Las simetrías de la superficie resultante hacen poco posible la determinación de los planos nodales con este

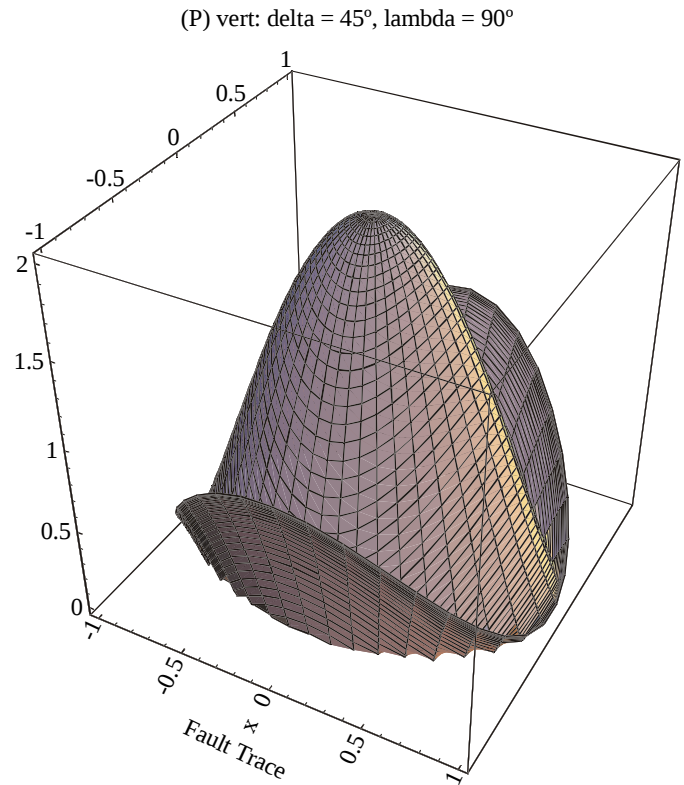


Figura 4. Patrón de radiación del arribo P-vert en la superficie libre, según el programa mostrado en el Programa 2. Se trata de una fallamiento normal ($\lambda = 90^\circ$; $\delta = 45^\circ$).

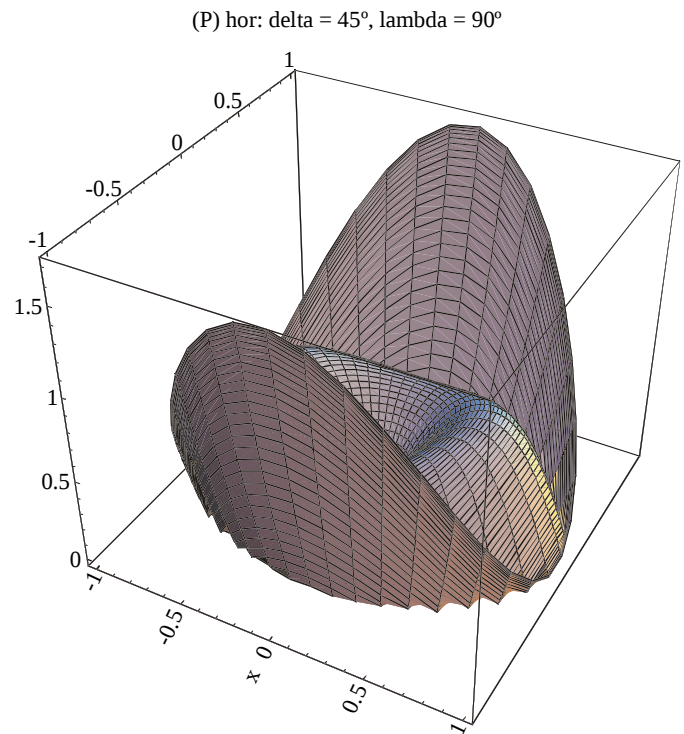


Figura 5. Igual que en la Figura 4, para el arribo P-hor.

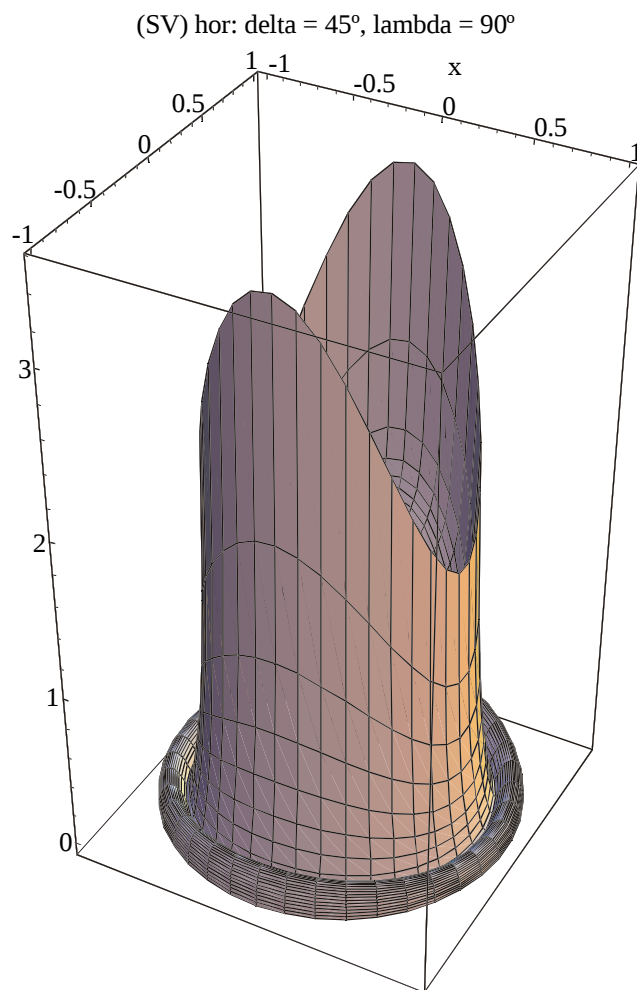


Figura 6. Igual que en la Figura 4, para el arribo SV-hor.

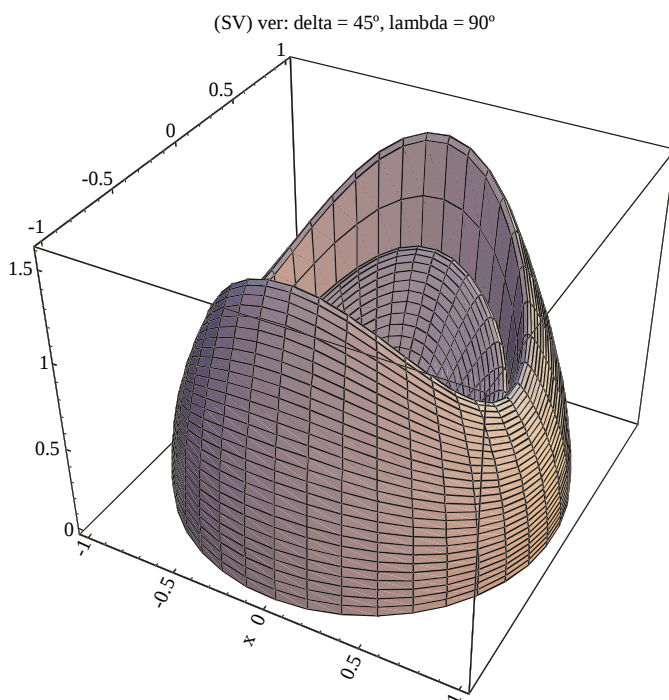


Figura 7. Igual que en la Figura 4, para el arribo SV-vert.

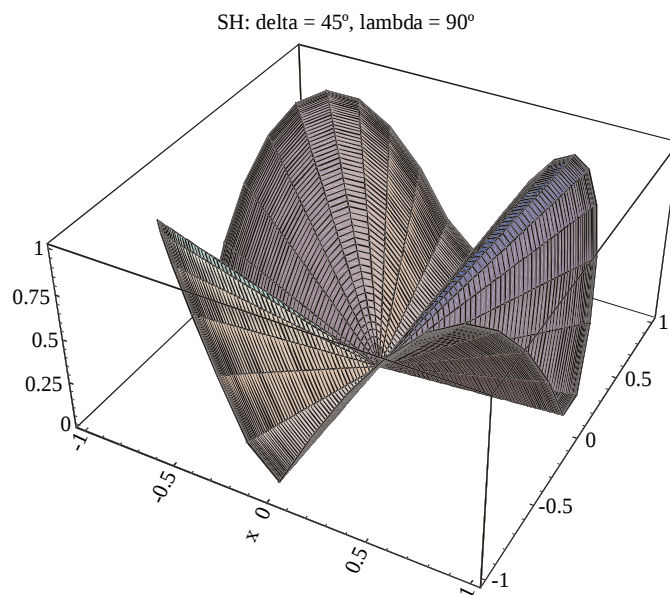


Figura 8. Igual que en la Figura 4, para el arribo SH.

tipo de información; además, la superficie puede ofrecer una gran complejidad en conducta, con hojas que suben y bajan con gran amplitud y en un rango pequeño de las variables independientes.

En resumen, la Figura 9 y el ejercicio que recomendamos indican que la información de la razón (SV/P)-vert no es adecuada para los propósitos de determinar mecanismos focales cuando los fallamientos de rumbo y normal son predominantes en el área de estudio. Esto es debido, además, a que la indeterminación de la estructura hace que sea insegura la posición en el plano de las fuertes discontinuidades producidas por la aparición de ondas inhomogéneas. El usuario puede modelar la presencia de sedimentos en la superficie, con $V_p = 2.5$ km/s y observar el cambio en los resultados. En los programas descritos en esta sección, utilizo $i_h = [0 - \pi/2]$; el usuario puede tomar $i_h > \pi/2$ en proyección equiareal teniendo los cuidados que se requieran. Los ejemplos mostrados en esta sección fueron diseñados teniendo en mente la interpretación de datos locales.

Por último, el Programa 4 sirve para hacer dibujos de funciones univariantes que corresponden a perfiles de las figuras tridimensionales para un acimut constante. Con ellas, por ejemplo, se puede duplicar las amplitudes mostradas en la Figura 5.10 del texto de Aki y Richards (1981).

CONCLUSIONES

Hemos entregado programas en el lenguaje de *Mathematica* para cálculos del patrón de radiación tanto en un medio infinito como en la superficie libre de un medio semiinfinito lateralmente homogéneo. No se incluyen efectos de atenuación que afectan mayormente a las amplitudes de onda incidentes S (SV o SH) con respecto a las de P y S. Aún así, consideramos que las gráficas son útiles en la docencia, en trabajos de interpreta-

Programa 3. Programa para calcular y visualizar los arribos P-vert, SV-vert y la razón de amplitudes (SV/P)-vert. Ver comentarios en el pie de la Figura 5 para explicaciones generales. Note que hemos movido ligeramente el rango de una variable independiente para calcular –en el comando ParametricPlot3D– la razón de amplitudes; ésto, con el objeto de resolver una singularidad removible en el caso de un fallamiento de rumbo.

```
(* Radsv_p.Ma: Patron de Radiacion para P-vert, SV-vert
y (SV/P)-vert *)

(* Parametros generales y de entrada *)
gtorad = Pi/180;
lamb = 0 gtorad;
del = 90 gtorad;
vpvs = Sqrt[3];
alphah = 6.2;
betah = alphah/vpvs;
alpha0 = 5.2;
beta0 = alpha0/vpvs;

(* Se usa para evitar singularidad en discretizacion *)
eps = 0.0012345;

palph = Sin[ih] / alphah;
pbeta = Sin[ih] / betah;

(* Ejes de coordenadas cartesianas *)
xP = Sin[ih] Cos[dphi];
yP = Sin[ih] Sin[dphi];

(* P *)
sinPP0 = palph alpha0;
iPP0 = ArcSin[sinPP0];
sinPSV0 = palph beta0;
iPSV0 = ArcSin[sinPSV0];
denomP = (1.0/beta0^2 - 2 palph^2)^2 +
4 palph^2 Cos[iPP0] Cos[iPSV0]/(alpha0 beta0);

t1p = Cos[lamb] Sin[del] Sin[ih]^2;
t2p = -Cos[lamb] Cos[del] Sin[2 ih];
t3p = Sin[lamb] Sin[2 del];
t4p = Sin[lamb] Cos[2 del] Sin[2 ih];
rP = Sin[2 dphi] t1p +
Cos[dphi] t2p +
(Cos[ih]^2 - Sin[ih]^2 Sin[dphi]^2) t3p +
Sin[dphi] t4p;
rhoP = (rP^2)^0.5;

(* P-vert *)
dPvert = 2 rhoP alpha0 Cos[iPP0] *
(1/beta0^2 - 2 palph^2) /
(beta0^2 alpha0 denomP);
dPv = (dPvert^2)^0.5;

(* SV *)
senSVSV0 = pbeta beta0;
iSVSV0 = ArcSin[senSVSV0];
ciSVP0 = Sqrt[Abs[1.0-pbeta^2 alpha0^2]];
t12 = (1/beta0^2-2 pbeta^2)^2;
t22 = 4 pbeta^2 Cos[iSVSV0] ciSVP0/(alpha0 beta0);
denomSV = If[alpha0^2 pbeta^2 <= 1,
t12 + t22,
Sqrt[t12^2 + t22^2]];

t1sv = Sin[lamb] Cos[2 del] Cos[2 ih];
t2sv = -Cos[lamb] Cos[del] Cos[2 ih];
t3sv = 0.5 Cos[lamb] Sin[del] Sin[2 ih];
t4sv = -0.5 Sin[lamb] Sin[2 del] Sin[2 ih];
rSV = Sin[dphi] t1sv +
Cos[dphi] t2sv +
Sin[2 dphi] t3sv +
(1+Sin[dphi]^2) t4sv;
rhoSV = (rSV^2)^0.5;

(* SV-vert *)
dSVver = 2 rhoSV pbeta Cos[iSVSV0] ciSVP0 /
(alpha0 beta0^2 denomSV);
dSVv = (dSVver^2)^0.5;

(* (SV/P)-vert *)
ratio = dSVv/dPv;

(* Llamados para calculo y graficado *)
ParametricPlot3D[{xP, yP, dPv},
{ih,0,Pi/2},{dphi,-Pi,Pi},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"(P)vert: delta = 900, lambda = 00",
AxesLabel->{"Fault Trace"," "," "};

ParametricPlot3D[{xP, yP, dSVv},
{ih,0,Pi/2},{dphi,-Pi,Pi},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"(SV)ver: delta = 900, lambda = 00";
(* AxesLabel->{"Fault Trace"," "," "}; *)

ParametricPlot3D[{xP, yP, ratio},
(* Para falla normal: {ih,0,0.5 Pi/2} *)
{ih,eps,Pi/2-eps},{dphi,-Pi+eps,Pi+eps},
PlotPoints->{60,40},
PlotLabel->"(SV/P)vert: delta = 900, lambda = 00";
(* AxesLabel->{"Fault Trace"," "," "}; *)
```

ción rutinaria y aún en investigación, además de que es una buena forma de introducirse en el uso de *Mathematica*.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Victor M. Frías C. por su ayuda técnica para poner al día mi PC, a Ruth Eaton por su ayuda en la edición y a los revisores por mejoramientos en la exposición.

Programa 4. Programa para calcular y visualizar un perfil, para un acimut constante, de la amplitud SV, componentes vertical y horizontal, en función del seno del ángulo de salida desde la fuente puntual. Este programa es útil para definir el rango en que el apareamiento de reflexiones P supercríticas produce una fuerte variación del patrón de radiación resultante.

(* RadsV1d.Ma: Perfil, para acimut constante, del patrón de radiación en la superficie libre de un medio semiinfinito y lateralmente homogéneo *)

(* Parámetros generales y de entrada *)
 gtorad = Pi/180;
 alphah = 6.20;
 betah = alphah/1.73;
 alpha0 = 5.20;
 beta0 = alpha0/1.73;
 lamb = 90 gtorad;
 del = 45 gtorad;
 dphi = 45 gtorad;
 eps = 0.00012345;

palph = Sin[ih] / alphah;
 pbeta = Sin[ih] / betah;
 xP = Sin[ih];

(* SV *)
 senSVSV0 = pbeta beta0;
 iSVSV0 = ArcSin[senSVSV0];
 ciSVP0 = Sqrt[Abs[1.0-pbeta^2 alpha0^2]];
 t12 = (1.0/beta0^2-2 pbeta^2)^2;
 t22 = 4 pbeta^2 Cos[iSVSV0] ciSVP0/(alpha0 beta0);
 denomSV = If[alpha0^2 pbeta^2 <= 1,
 t12 + t22,
 Sqrt[t12^2 + t22^2]];

t1sv = Sin[lamb] Cos[2 del] Cos[2 ih];
 t2sv = -Cos[lamb] Cos[del] Cos[2 ih];
 t3sv = 0.5 Cos[lamb] Sin[del] Sin[2 ih];
 t4sv = -0.5 Sin[lamb] Sin[2 del] Sin[2 ih];
 rSV = Sin[dphi] t1sv +
 Cos[dphi] t2sv +
 Sin[2 dphi] t3sv +
 (1+Sin[dphi]^2) t4sv;
 rhoSV = (rSV^2)^0.5;

(* SV-hor *)
 dSVhor = 2 rhoSV Cos[iSVSV0]*
 (1/beta0^2 - 2 pbeta^2) /
 (beta0^2 denomSV);
 dSVh = (dSVhor^2)^0.5;

ParametricPlot[{xP,dSVh},
 {ih,0,Pi/2},
 PlotPoints -> 200,
 PlotLabel -> "(SV)hor: delta=450, lambda=900, dphi=450"];

(* SV-vert *)
 dSVver = 4 rhoSV pbeta Cos[iSVSV0] ciSVP0 /
 (beta0^2 alpha0 denomSV);
 dSVv = (dSVver^2)^0.5;
 ParametricPlot[{xP,dSVv},
 {ih,0-eps,Pi/2 - eps},
 PlotPoints -> 200,
 PlotLabel -> "(SV)ver: delta=450, lambda=900, dphi=450"];

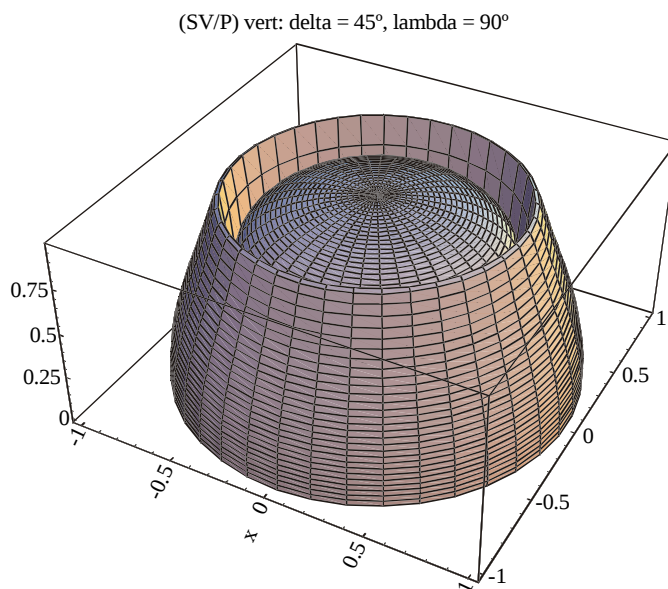


Figura 9. Razón de la componente vertical de amplitudes (SV/P) para fallamiento puro de rumbo. La superficie graficada muestra claramente que esta razón no contiene información para determinar la posición de los planos nodales en este caso.

REFERENCIAS

- Aki, K. y P. Richards (1981) Quantitative Seismology, W.H. Freeman, San Francisco, California, E.U.A., 932 pp.
- Cordero, L.A., M. Fernández y A. Gary (1995) Geometría Diferencial de Curvas y Superficies, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, E.U.A., 823 pp.
- Crandall, R.E. (1991) Mathematica for the Sciences, Addison-Wesley Pub. Co., Inc. Redwood City, Ca, E.U.A., 300 pp.
- Frez, J. (1997) Geofísica computacional y enseñanza en el Posgrado. GEOS, Unión Geofísica Mexicana, vol. 17, no 2, p. 60-66.
- Herrman, R.B. (1975) A student's guide to the use of P and S wave data for focal mechanism determination, Earthquake Notes, vol. 46, pp. 29-39.
- Jarosh, H. y E. Aboodi (1970) Towards a unified notation of source parameters, Geophysical Journal Royal Astronomical Society, vol. 21, pp. 513-529.
- Jost, M. L. y R.B. Herrman (1989) A student's guide to a review of moment tensors, Seismological Research Letters, vol. 60, pp. 37-57.
- Kisslinger, C. (1980) Evaluation of S to P amplitude ratios for determining focal mechanisms from regional network observations, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 70, pp. 999-1014.
- Kisslinger, C., J.R. Bowman y K. Koch (1981) Procedures for computing focal mechanisms from local (SV/P) data, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 71, 1719-1729.

- Kisslinger, C. (1982) Errata, Evaluation of S to P amplitude ratios for determining focal mechanisms from regional network observations, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 72, p. 344.
- Pujol, J., y R.B. Herrman (1990) A student guide to point sources in homogeneous media, Seismological Research Letters, vol. 61, pp. 209-224.
- Nava, F. A., y J. Brune (1982) An earthquake-explosion reversed refraction line in the Peninsular Ranges of southern California and Baja California norte, Bulletin of the Seismological Society of America Bulletin, v. 72, p. 1195-1206.
- Simila, G. W. (1983) Computer application in undergraduate geophysics: fault-plane solutions, body-wave radiation patterns and amplitude ratios, Computers and Geosciences, vol. 8, pp 65-76.
- Wolfram, S. (1991) *Mathematica*, A System for Doing Mathematics by Computer, Addison-Wesley Publishing Co., 961 pp.

EL HORARIO DE VERANO, EL AÑO 2000 Y LAS OLIMPIADAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Enrique Gómez-Treviño

Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

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

Correo electrónico: egomez@cicese.mx

INTRODUCCIÓN

¿Qué sabemos de la emisión de gases de invernadero, el protocolo de Montreal, la producción de clorofluorocarbonos, el hoyo de ozono del polo sur y el que se está desarrollando en el polo norte, los fenómenos de El Niño y La Niña, la tasa mundial de deforestación o la capacidad de los océanos para alimentar a la humanidad? Como ciudadanos del mundo, aunque seamos del tercero, compartimos la obligación de poder emitir una opinión razonada sobre estas cuestiones, o al menos estar enterados al respecto, ya que muchos aspectos de nuestra vida diaria se ven afectados por decisiones tomadas en nombre de todos los habitantes de la Tierra. No está de más recordar que las sociedades más desarrolladas no son las que tienen gobiernos muy avanzados, sino las que están formadas por ciudadanos informados y conscientes de sus responsabilidades tanto individuales como colectivas.

Por otro lado, con relación a nuestro propio país, cabe preguntar: ¿Que sabemos sobre el horario de verano, la producción de energía eléctrica mediante inversión privada, las fluctuaciones del precio del petróleo, la dependencia del presupuesto federal de los ingresos petroleros, la prevención de desastres naturales, la tasa de deforestación, la ampliación de la salina de Guerrero Negro, la importación de cereales y alimentos o el suministro de agua a las zonas urbanas? Todos estos temas son de actualidad en nuestro país; algunos provocan acalorados debates en televisión y amistosas charlas de café, así como votaciones y consultas entre la población. En estos casos con mayor razón deberíamos poder emitir una opinión razonada sobre cualquiera de estos temas que nos conciernen. Tal vez en la comunidad de Ciencias de la Tierra muchas de estas cuestiones no despiertan interés especial por su misma familiaridad, ya que entre nosotros hay especialistas en cada uno de los temas mencionados. Sin embargo, ello no es así entre la población en general, en la que se observa un preocupante desconocimiento aunado a un genuino interés por aprender (esto último ocurre particularmente entre estudiantes de preparatoria, quienes una vez motivados revuelven cielo y tierra para estar bien informados).

LAS OLIMPIADAS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Desde hace cinco años la Unión Geofísica Mexicana (UGM) y el CICESE han estado experimentando con diversos tipos de

cuestionarios para estudiantes de preparatoria, en el marco de las Olimpiadas de Ciencias de la Tierra. Este evento es anual y está abierto para todos los estudiantes de preparatoria del estado de Baja California. Se pretende extender en el futuro esta práctica a los demás estados del país, incluyendo al Distrito Federal.

En 1995 contemplábamos que para el año 2000 estaríamos organizando olimpiadas en todo el país. Sin embargo, el plazo se está llegando y parece que no lo vamos a lograr. Hemos realizado a la fecha cinco concursos en Baja California y tres en Guerrero. Tenemos planeado para este año volver a realizar concursos en estos dos estados e iniciar esta práctica en por lo menos dos estados más. Consideramos que lo importante por el momento es no abandonar el proyecto, continuar trabajando en el mismo sentido en que lo hemos estado haciendo, y dejar que las cosas se muevan a su propio ritmo. De esta manera podremos ir ampliando nuestros cuestionarios y lograr hacer preguntas informativas y formativas sobre aspectos básicos y de actualidad para llegar a un tipo de pregunta que a la vez informe y forme, así como que toque temas actuales de interés para estudiantes y maestros.

No es preciso que los estudiantes lleguen a ser especialistas en estos temas, pero sí que aspiren a conocer los aspectos técnicos generales y las cifras globales que les permitan evaluar situaciones. La educación de nivel preparatoria es el último eslabón de carácter general en la cadena educativa en el que se puede despertar el interés por estos temas. Además, la edad que tienen los estudiantes al graduarse coincide con la de ejercer por primera vez su derecho y responsabilidad de votar, por lo que deberán valorar el tamaño de los problemas nacionales y evaluar las alternativas de solución, así como intuir la viabilidad de las propuestas de los futuros representantes populares.

Al principio se incluían solamente aspectos básicos sobre la Tierra, la Atmósfera y el Océano. Sin embargo, en los últimos cuestionarios se han añadido preguntas sobre geografía, demografía y producción nacional y mundial de alimentos. También se incluyen preguntas relacionadas con el producto interno bruto (PIB) de México comparado con el de otros países. Si bien estos últimos temas no se incluyen en lo que tradicionalmente conocemos como Ciencias de la Tierra, no podemos dejar de lado que todas estas cuestiones dependen directa o indirectamente de la salud física y biológica de la Tierra, y viceversa, que la salud del planeta depende de la forma en que utilizamos sus recursos en pos de nuestras actividades económicas. Al

final del presente escrito se presentan 25 preguntas de las 150 incluidas en las Olimpiadas de 1999.

En la convocatoria para los concursos se recomienda a los estudiantes inscribirse en el equipo de un profesor de su preparatoria, quien funge como asesor en el proceso de búsqueda de las respuestas. Los cuestionarios se envían uno o dos meses antes a todas las preparatorias del estado. Muchas de las preguntas requieren de búsquedas en libros, enciclopedias, revistas de divulgación científica, periódicos, páginas de Internet, así como llamadas telefónicas o visitas a oficinas locales de la Comisión Nacional del Agua o de la Secretaría de Pesca, por citar dos ejemplos. En otras preguntas se ofrece la información necesaria pero se les pide que realicen algún tipo de cálculo con los datos, y que seleccionen una de cuatro posibles respuestas.

El sentir general de estudiantes y maestros es que las preguntas son difíciles. En el último examen, de 150 preguntas, quien obtuvo la máxima puntuación contestó correctamente solamente 86. Esto no es para extrañarse, ya que las respuestas por lo general no se encuentran en libros de texto. Muchas de las preguntas se originan en comentarios entre investigadores sobre cuestiones de actualidad que ellos mismos desconocen con detalle. Sin embargo, tanto estudiantes como maestros reconocen que se trata de aspectos básicos que los ayudan a comprender su entorno en relación con las actividades cotidianas, así como que los aspectos que se tocan deberían incluirse como parte de la educación media de preparatoria.

PORMENORES DE LA V OLIMPIADA EN BAJA CALIFORNIA

La V Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra se llevó a cabo el 27 de noviembre del año pasado en el CICESE. Participaron 76 estudiantes de preparatorias de San Felipe, Rosarito, Tijuana, Tecate, Mexicali y Ensenada. Las actividades comenzaron con el registro de los participantes. Una hora después todos se encontraron en el auditorio. Asistieron al evento el Dr. Javier Mendieta, director general del CICESE; el Dr. José Gómez Valdés, presidente de la UGM; el Dr. Luis Munguía Orozco, director de la División de Ciencias de la Tierra del CICESE. Por parte de la UGM también estuvieron presentes Luis Delgado Argote, secretario de Difusión, Juan García Abdeslem, vicepresidente y Enrique Gómez Treviño, coordinador de las Olimpiadas.

El examen duró alrededor de dos horas y conforme terminaron de contestarlo se integraron grupos de 15 personas para visitar las instalaciones de la División de Ciencias de la Tierra. Allí, estudiantes del posgrado y técnicos les explicaron los métodos utilizados en estudios estructurales con imágenes de satélite y fotografías aéreas, métodos de prospección geofísica marina (sísmica, magnetométrica y batimétrica); se les mostraron minerales formadores de rocas y menas metálicas, microfósiles de Baja California y técnicas de cartografía de rocas ígneas y de análisis petrográfico al microscopio con esas rocas.

En las instalaciones de la Red Sismológica del Noroeste de México, Antonio Vidal e Ignacio Méndez les mostraron la instrumentación y proceso de análisis de los sismos. Finalmente, los estudiantes tuvieron oportunidad de ver prácticas de gravimetría, magnetometría y prospección sísmica y eléctrica en el terreno frente a las instalaciones de la UNAM. Allí se montaron una serie de experimentos para mostrar la realización de mediciones geofísicas de campo, al mismo tiempo que se explicaba la utilidad de las mismas para obtener imágenes del subsuelo.

Conforme regresaban los grupos de su visita a laboratorios y prácticas de campo, cerca de la una de la tarde, empezó la taquiza de carrito, con sodas y todo. Para recobrar energías, los participantes y organizadores dieron cuenta de casi 800 tacos en una hora: verdadero récord olímpico. A las 14:30 se inició la entrega de diplomas a los participantes, y a las 15:00 horas se realizó la premiación.

Los ganadores fueron: José Cruz Vieyra, de la escuela COBACH-Vizcaíno, de la ciudad de Tijuana, quien obtuvo el primer lugar con 86 aciertos, asesorado por el maestro Rigoberto Arcaraz. El segundo lugar, con 83 aciertos, Celina Peña Salmerón del COBACH de Ensenada, asesorada por la maestra Georgina Muñoz, y el tercer lugar fue para Christian Armando Fierro con 81 aciertos, del COBACH La Mesa de Tijuana, asesorado por la maestra Bertha Varela Gutiérrez. Los premios consistieron en diploma e incentivo económico.

PORMENORES DE LA III OLIMPIADA EN GUERRERO

En Taxco, Guerrero el Ing. Israel Castrejón ha organizado dos eventos. El Ing. Castrejón es profesor de la Escuela Regional de Ciencias de la Tierra en Taxco el Viejo perteneciente a la Universidad Autónoma de Guerrero. En esta Escuela se llevó a cabo un concurso en el que participaron estudiantes de tres preparatorias, así como algunos estudiantes de primaria y secundaria. En el nivel de bachillerato los ganadores fueron: Noé Ocampo Valdéz, primer lugar; Elena Estrada Saldaña, segundo lugar; y Yesenia Valle Reyes, tercer lugar. Otro de los concursos se llevó a cabo en la Preparatoria No. 10 de Iguala, Gro., perteneciente también a la UAG. En este caso los ganadores fueron: Fredy Valle Traveceras, primer lugar; Bernardo Redaño Guerrero, segundo lugar; y Saúl Pérez Martínez, tercer lugar. Estos eventos llevan el nombre de uno de los maestros fundadores de la Escuela de Ciencias de la Tierra fallecido recientemente, el Ing. Mario Héctor Sabanero Sosa.

**25 DE LAS 150 PREGUNTAS DEL EXAMEN DE LA
QUINTA OLIMPIADA ESTATAL DE
CIENCIAS DE LA TIERRA
UGM – CICESE**

ENSENADA, B. C. A 27 DE NOVIEMBRE DE 1999

- 1.- Imaginemos al territorio nacional como una gran alberca con fondo plano y con paredes colocadas a lo largo de las playas y de los límites con EEUU, Guatemala y Belice. ¿A qué altura llegaría el agua considerando lo que llueve en un año?
 - a) 10 cm
 - b) 30 cm
 - c) 50 cm
 - d) 70 cm
- 2.- La capacidad instalada del sector eléctrico en México es de 33 Gigawatts. De esta cantidad 2.3 % corresponde a plantas que utilizan energía geotérmica, siendo la más importante del país la de Cerro Prieto, en Baja California. La fracción que corresponde a energía geotérmica bastaría para encender un foco de determinado número de watts por habitante en el país. ¿De cuántos watts sería el foco?
 - a) 80 watts
 - b) 8 watts
 - c) 2 watts
 - d) 3.7 watts
- 3.- Einstein propuso dos teorías de la relatividad. La primera, la especial, se refiere a observadores que se mueven relativamente uno con respecto al otro a velocidad constante y en línea recta. La segunda, la general, se refiere a observadores que se encuentran, uno en un campo gravitacional como el de la Tierra y, el otro, en un lugar cualquiera con la condición que su velocidad aumente progresivamente. En su teoría general Einstein equiparó los efectos de la gravedad con los de un observador que se encuentra en un vehículo acelerado. Esta equivalencia conduce a la conclusión de que la gravedad es capaz de desviar un haz de luz mucho más de lo que se pensaba con anterioridad. Esta predicción fue confirmada por un astrónomo inglés en 1919 al observar durante un eclipse de sol la posición aparente de estrellas lejanas. La desviación calculada coincidió casi exactamente con el valor observado. El astrónomo inglés que realizó la observación fue
 - a) Arthur Eddington
 - b) Arthur Clark
 - c) Adlous Huxley
 - d) Edmund Halley
- 4.- Hace varios siglos que los científicos aprendieron a ser prácticos con respecto a sus teorías. Cuando alguien propone una teoría nueva, se le exige que explique con su teoría algún fenómeno que no haya podido ser explicado con las teorías anteriores, o bien que prediga algún fenómeno o efecto que nadie había notado antes. Si la teoría puede hacer esto entonces se le acepta como válida y tiene el derecho de reemplazar a las anteriores. La teoría de la relatividad general pasó la prueba. Este criterio de validez no es de uso exclusivo de la ciencia, en realidad todos lo usamos de una u otra manera en nuestra vida diaria. No se trata de otra cosa que de un sentido común riguroso y sistemático. Veamos un ejemplo menos sutil que el de la relatividad general pero en el que se use el mismo tipo de razonamiento. Todos hemos visto que el Sol se mueve en el cielo de Este a Oeste. También hemos visto que la Luna se mueve en el cielo de Este a Oeste. Sabemos que en ambos casos se trata de un movimiento aparente debido a que en realidad es la Tierra la que gira de Oeste a Este. Por otro lado, sabemos que la Luna es un satélite de la Tierra por lo que debe estar girando a su alrededor. ¿En qué dirección gira la Luna, de Este a Oeste o al revés? Es difícil saberlo a simple vista porque su desplazamiento real es pequeño comparado con el desplazamiento aparente debido a la rotación de la Tierra. Una manera de decidir cuál de las dos hipótesis es la correcta es razonar sobre las consecuencias de cada una de ellas. Sobre todo se requiere predecir algún tipo de comportamiento que pueda ser fácilmente observable. La hipótesis de que la Luna se mueve de Este a Oeste implica que cada noche la Luna saldría
 - a) más temprano
 - b) más tarde
 - c) a la misma hora
 - d) no saldría
- 5.- La hipótesis de que la Luna se mueve de Oeste a Este implica que cada noche la Luna saldría
 - a) más temprano
 - b) más tarde
 - c) a la misma hora
 - d) no saldría
- 6.- ¿Cuál de las dos hipótesis es la correcta? En realidad la luna sale cada noche
 - a) más temprano
 - b) más tarde
 - c) a la misma hora
 - d) no sale
- 7.- El principal productor de oro en el mundo es Sudáfrica, que produce 700 toneladas por año. En el continente americano los mayores productores de oro son Brasil, EEUU y Canadá. México produce una pequeña fracción de lo que produce cualquiera de ellos. Juntos, Brasil, EEUU y Canadá producen al año 150 toneladas. En total, en el mundo se

producen alrededor de 2,300 toneladas de oro anualmente. Cotizando el kilogramo a 9,000 dólares de EEUU, y suponiendo que los gastos de operación e inversión sean de 6,000 dólares por kg, la ganancia para los países productores es de alrededor de 3,000 dólares por kg. Suponiendo que México fuera el productor de todo el oro que se produce en el mundo, esto le reportaría una ganancia anual de

- a) 700 md
- b) 7,000 md
- c) 7 md
- d) 0.7 md

8.- La deuda total del país, interna y externa, asciende actualmente a 200,000 md. Por esta deuda pagamos intereses. Suponiendo que estos intereses sean del 6% anual, una tasa relativamente baja, el monto que pagamos anualmente por concepto de intereses es de

- a) 12,000 md
- b) 1,200 md
- c) 120 md
- d) 1,200,000 md

9.- Suponiendo que México fuera el productor de todo el oro que se produce en el mundo, las ganancias anuales que esto le reportaría serían suficientes para cubrir los intereses de

- a) 7 meses
- b) 0.7 meses
- c) 70 meses
- d) 7 años

NOTA: México no es el único país con una deuda externa considerable en relación con su economía. Muchos otros países en desarrollo tienen deudas per capita similares. Ni siquiera los países desarrollados se salvan de esta situación. Los gobiernos de países como EEUU y Canadá tienen deudas mucho mayores que la de México. A través de esas deudas sus ciudadanos deben indirectamente, al igual que nosotros, fuertes cantidades que por lo general son afrontadas a largo plazo. A través de este tipo de deuda los ciudadanos de los EEUU y Canadá deben varias veces lo que cada mexicano.

10.- México produce más petróleo que los Estados Unidos.

- a) Cierto
- b) No se sabe
- c) Sólo en verano
- d) Falso

11.- ¿Cómo es la producción petrolera de México comparada con la de EEUU?

- a) Doble
- b) Triple
- c) Cuádruple
- d) Es menor

12.- Uno de los principales instrumentos que tienen los países desarrollados para hacer avanzar sus economías es la generación de nuevos conocimientos sobre su entorno y más allá de su entorno. Aprenden cada vez más sobre los fenómenos físicos, químicos y biológicos que suceden en la atmósfera, el océano y la tierra, particularmente sobre los que más afectan o podrían afectar sus economías en el mediano y largo plazo. Generalmente dedican año con año un porcentaje fijo de su PIB a estas actividades, las cuales agrupan en un rubro al que denominan de investigación y desarrollo (IyD). Los países desarrollados han sido aficionados desde hace varios siglos a este tipo de actividades. Japón llegó un poco tarde. Sin embargo, según nos recuerda Don Francisco I. Madero en su famoso libro de 1908, Japón empezó a fomentar estas actividades desde mediados del siglo pasado. Los países en vías de desarrollo recién despertaron a esta importante relación entre ciencia y economía. En el caso de México, los esfuerzos serios para fomentar la investigación científica empezaron hace

- a) 91 años
- b) 30 años
- c) 15 años
- d) 70 años

13.- Los gobernantes de cierto país europeo del siglo XV patrocinaron innumerables investigaciones oceanográficas que tuvieron como consecuencia, entre otras cosas, el descubrimiento de América en 1492. Desde ese país se dirigieron las empresas de exploración que, según muchos historiadores, han sido las más espectaculares y fascinantes de la historia humana hasta nuestros días. Para celebrar estas hazañas Las Naciones Unidas declararon a 1998 como El Año Internacional del Océano y seleccionaron a la capital de ese país como sede de la Exposición Universal dedicada al los mares y los océanos. ¿De que país se trata?

- a) Italia
- b) España
- c) Portugal
- d) Inglaterra

14.- La cantidad total de peces que pueden extraerse del mar anualmente manteniendo la riqueza del medio es de alrededor de 80 millones de toneladas. Extrayendo esta cantidad o una menor aseguraría una producción sustentable que podría repetirse año con año sin agotar el recurso. Considerando la población mundial actual, esto equivale a una cantidad semanal por habitante de

- a) 10 gr
- b) 100 gr
- c) 250 gr
- d) 1000 gr

15.- La deforestación en Brasil es de 14,000 km² por año. En México, la deforestación es de 7,000 km² por año, la mitad que en Brasil. Sin embargo, si se toma en cuenta el tamaño

de las selvas y bosques de cada país, se tiene que el porcentaje de deforestación en México es varias veces el de Brasil. Esto significa que las selvas y bosques en México se están acabando más rápido que en Brasil. La razón de deforestación en Brasil es de 0.4 por ciento anual. ¿Cuántas veces es mayor la de México?

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

16.- La parte más productiva del los océanos y mares se encuentra cerca de las costas. De hecho, el 90 por ciento de las capturas de pescado se producen a distancias de la costa menores de

- a) 50 km
- b) 100 km
- c) 200 km
- d) 300 km

17.- Aunque cada vez con menor densidad, la atmósfera de la Tierra se extiende hasta una altura de 1000 kilómetros. Sin embargo, para tener una idea más clara de lo que esto significa en términos de la cantidad de aire, conviene calcular la altura de una atmósfera con la misma cantidad de aire, pero cuya densidad no cambie con la altura y que tenga una densidad igual a la del aire al nivel del mar. Es decir, una atmósfera igualmente respirable a cualquier altura, excepto más allá de su borde, donde hipotéticamente no existiría aire alguno. La altura de esta atmósfera equivalente se puede estimar fácilmente tomando en cuenta las siguientes consideraciones. La presión que ejerce la atmósfera con todo y sus 1000 km de altura, se puede equilibrar con la presión que ejerce una columna de agua de tan solo 10 m de altura. Esta diferencia entre la longitud de las respectivas columnas se debe a que el agua tiene una densidad muchas veces mayor a la del aire. Con estas consideraciones y sabiendo la densidad del aire la altura de la atmósfera equivalente es de

- a) 800 m
- b) 1000 m
- c) 5000 m
- d) 10,000 m

18.- Por acuerdo internacional, los países que tienen costas tienen el derecho exclusivo a explotar una franja de mar conocida como “zona económica exclusiva”. Esta zona no se considera como parte de su territorio, pero ningún otro país tiene el derecho de explotar económicamente esa zona sin el permiso del país correspondiente. Lo anterior también se aplica a los mares adyacentes a las islas que poseen los países. La distancia desde el litoral que define la “zona económica exclusiva” se especifica en millas náuticas. ¿Cuántas millas náuticas?

- a) 100
- b) 150
- c) 200
- d) 250

19.- La captura anual de atún en México es de 150 mil toneladas. Esto corresponde a 1.5 kg al año por habitante. Antes del embargo atunero por parte de los EEUU el 70 % de la captura se exportaba y 30 % era destinada para el mercado interno. Durante el embargo México diversificó sus exportaciones hacia otros países y al mismo tiempo se promovió el consumo interno de atún. ¿Qué tan exitosa fue esta promoción? El consumo interno pasó del 30 % antes del embargo a

- a) 40%
- b) 50%
- c) 60%
- d) 70%

20.- La producción pesquera de México es de 1.5 millones de toneladas, lo cual corresponde a alrededor de 15 kg anuales por habitante, cantidad un poco mayor al promedio mundial por habitante. Sin embargo, nuestro consumo de pescado es significativamente menor al consumo promedio mundial. La mayor parte de lo que pescamos se exporta. Parece que nos gusta más la carne de res, ya que importamos alrededor de la tercera parte de la que consumimos. Si consideramos la longitud de nuestras costas, por cada metro de litoral extraemos anualmente productos pesqueros en una cantidad de

- a) 1 kg
- b) 5 kg
- c) 75 kg
- d) 125 kg

21.- Si la producción petrolera de México es de 3 millones de barriles diarios: ¿Cuál es la producción diaria promedio por habitante del país?

- a) 2 litros
- b) 3 litros
- c) 4 litros
- d) 5 litros

22.- Para llegar a graduarse de país desarrollado, los habitantes de un país en vías de desarrollo deberán ser más disciplinados, más trabajadores, más austeros, más creativos, más eficientes, más efectivos y más responsables que los habitantes de los países desarrollados. Además, deberán de ser mejores administradores, mejores organizadores, mejores trabajadores, mejores estudiantes, mejores profesores, mejores soldados y, en general, mejores ciudadanos que ellos. ¿De qué otra manera se alcanza a alguien que va más adelante que uno?. En la base del problema se encuentra la educación. Tradicionalmente, los países industrializados han dedicado una mayor parte de su PIB a la educación. Ade-

más, la naturaleza del gasto tiende a tener un impacto mayor que en los países en vías de desarrollo, debido a que una parte importante del mismo sirve para apoyar el equipamiento de las escuelas y el desarrollo de nuevos métodos y herramientas educativas, basadas en las tecnologías más recientes. En el caso de México la mayor parte del gasto educativo es absorbido por los sueldos de los maestros. Y no es que los maestros ganen mucho, o que el gasto global del gobierno y los particulares sea muy pequeño en relación con otros rubros. En realidad, en los últimos años México ha dedicado a educación un porcentaje de su PIB comparable al que dedican muchos países desarrollados. Sin embargo, en términos absolutos la cantidad resultante es muy pequeña. Si utilizamos el modelo a escala de las economías de los EEUU (8 personas con ingresos de 7,000 pesos cada una) y México (3 personas con ingresos de 1,000 pesos cada una), los primeros dedican unos 500 pesos (7 %) cada uno a la educación, mientras que los segundos dedican 50 pesos (5 %). La relación entre estas cantidades es de 10 a 1, aunque la relación entre los porcentajes es solo de 7 a 5 (en comparación, la relación de los porcentajes en el caso de actividades de IyD es de 8 a 1). Con estos números no es de extrañarse que tengamos un rezago en cuestiones educativas, sobre todo si se toma en cuenta que en décadas anteriores se dedicaba un porcentaje menor a la educación. Actualmente se tiene que un niño de un país desarrollados recibirá, en promedio, entre 15 y 18 años de escolaridad, mientras que en México el promedio es de

- a) 3 años
- b) 5 años
- c) 7 años
- d) 9 años

23.- La producción mundial de carne de res, puerco, borrego y aves es de alrededor de 220 millones de toneladas. Se trata de calcular la productividad de la Tierra en kg de carne por hectárea. Considerar que la Tierra tiene un radio de 6370 km y que la producción de carne se obtiene solamente en el 30 % de su superficie. La productividad de la Tierra en kg por hectárea es de

- a) 5
- b) 10
- c) 15
- d) 20

24.- Considerando que del mar extraemos 80 millones de toneladas de productos pesqueros, se trata de calcular la productividad del mar en kg de carne por hectárea. Considerar que la Tierra tiene un radio de 6370 km y que la producción se obtiene del 70 % de su superficie. La productividad del mar en kg por hectárea es de

- a) 1.1
- b) 2.2
- c) 3.3
- d) 4.4

25.- En muchas actividades si se duplican los esfuerzos se obtiene el doble de beneficios. Por ejemplo, dos barcos pescarán alrededor del doble de peces que uno solo. Para que esto suceda es necesario que el número de peces disponible sea mucho mayor que lo que pesca un solo barco. Si el número de peces disponible es del orden de lo que pesca un solo barco, entonces lo que pasará es que cada uno pescará la mitad. Se duplicaron los esfuerzos pero no se duplicaron los beneficios. Algo parecido está sucediendo con la pesca a nivel mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el tamaño de la flota pesquera mundial se ha triplicado en la última década, pero las capturas no han aumentado en la proporción esperada del 300 %, sino en una proporción menor. Se considera que esto se debe a que se ha llegado al límite de lo que el mar puede producir en términos de productos pesqueros. La proporción en que han aumentado las capturas con el aumento de 300 % de la flota pesquera es de

- a) 200 %
- b) 100 %
- c) 50 %
- d) 25 %

EVALUACIÓN DEL “IMPACTO” CIENTÍFICO

Gerardo Bocco

Depto. Ecología de los Recursos Naturales

Instituto de Ecología

Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia

A.P. 27-3 (Xangari) 58089 Morelia, Michoacán, México

e-mail:gbocco@oikos.unam.mx

Los criterios e indicadores que se utilizan para evaluar la actividad de los investigadores (en la UNAM y el SNI, por citar dos ejemplos) se basan, en general, en la idea del impacto que esta actividad produce. Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua, impacto es la huella o señal que un proyectil deja en un blanco. En principio, parece razonable utilizar como balanza de nuestra actividad la huella o señal que ésta deje. Lo que puede estar sujeto a discrepancia es cuál debería ser el proyectil y cuál el blanco. O, propiamente, cuáles los proyectiles y cuáles los blancos.

Tal vez uno de los problemas es que para nuestros sistemas de evaluación del desempeño académico sólo existe un proyectil y un blanco: los artículos en revistas indexadas de circulación internacional (junto con sus citas en iguales revistas), y una etérea comunidad académica global, cuyas caras y nombres sólo son accesibles a los iniciados.

Sin embargo, la actividad del investigador desemboca en algo más que en la elaboración de dichos artículos. En ciencias, los libros y capítulos de libros, que suponen un cuidadoso trabajo de elaboración, no representan una práctica que se estimule. Por otro lado existe, en especial para ciertas disciplinas aplicadas, un conjunto de publicaciones internacionales y nacionales (ejemplo, las del padrón de revistas de excelencia del Conacyt), en las que se publican resultados de investigación previa revisión por árbitros altamente calificados. Asimismo, hay informes técnicos, también arbitrados, que suponen un alto profesionalismo. Finalmente están los artículos de divulgación arbitrados, que requieren el dominio de la disciplina y la capacidad de comunicación de la actividad científica y tecnológica.

Lamentablemente, salvo el proyectil de la primera frase, los otros pesan de manera circunstancial o definitivamente no cuentan, pese a que en los reglamentos aparezcan como rubros a ser evaluados. Incluso el concepto de profesionalismo y su evaluación es algo que se ha erradicado como calificación de nuestra práctica.

Ha sido remplazado de manera excluyente por el de excelencia, y éste a su vez resulta sinónimo exclusivo del dueto publicación-cita.

El otro componente de la ecuación impacto son los blancos. Como se mencionó, el único blanco aceptable por nuestro sistema pareciera ser la comunidad científica que lee y se nutre para su actividad académica de las revistas indexadas de circu-

lación internacional. A pesar de los avances recientes en la disponibilidad de revistas de relativamente fácil o libre acceso en Internet, es poco el número de lectores de artículos en esas publicaciones, particularmente en países en vías de desarrollo, y México no es una excepción.

El denominado índice de impacto de las revistas indexadas ha sido severamente cuestionado incluso por miembros conspicuos del establishment científico internacional. El punto de vista que me interesa subrayar aquí va más allá de la eficiencia o no de ese tipo de índice. Lo central es que en México, el impacto (huella, señal) al publicar en esas revistas es prácticamente nulo, fuera de un sector de miles de individuos (digamos, aun a riesgo de ser excluyentes, los miembros del SNI y sus alumnos de posgrado). Pocos profesionistas reciben o leen revistas indexadas. Eso puede corroborarse al cuantificar el número de suscripciones locales e incluso el número de consultas a las mismas.

Sin duda, el incremento de la participación de científicos mexicanos en publicaciones en revistas indexadas ha sido un logro muy importante de la última década.

Perder esa presencia a nivel internacional sería suicida. Pero eso no excluye la necesidad de preguntarnos acerca de a qué blanco le tiramos cuando hacemos ciencia, y con qué proyectiles. De aquí la necesidad de pensar en múltiples proyectiles para varios blancos y de encontrar criterios e indicadores objetivos que nos permitan evaluar su huella.

La actividad científica y tecnológica, ligada a la solución de problemas concretos de nuestra realidad (y a veces la dirección de tesis o la contribución a la formación de personal mediante cursos y asesorías), sólo se evalúa en tanto se transforme en un artículo en revista indexada de circulación internacional. No existen otros mecanismos que nos permitan evaluar la eficiencia en esas actividades. Esto es serio, porque sin duda se trata de una labor de mayor impacto potencial. Una vez más, cualquier trabajo científico no es evaluado en términos del profesionalismo con el que fue realizado (o incluso con el que se obtuvieron los recursos para desarrollar la tarea); sólo es meritorio si se transforma en un artículo en revista indexada.

Eso es positivo, en la medida en que se estimula la realización de productos de alto nivel. Sin embargo, no es cierto que sólo lo bueno se publica, y lo que no se publica es deficiente. Cualquier persona involucrada en la actividad científica sabe

perfectamente que el éxito en las publicaciones (y en muchos casos en las citas), se debe en buena parte a la pertenencia a grupos y no sólo a la calidad intrínseca del producto.

Ciertas problemáticas altamente relevantes en nuestro medio no son publicables, ya que no concitan el interés de las agendas de investigación globales. Las modas, guste o no, también juegan un papel en la definición de qué se publica y cita. De esa manera, la estabilidad y el éxito de los académicos está en manos de grupos que en muchos casos no tienen una idea siquiera aproximada de los problemas de nuestra realidad. Ello es preocupante, porque el grueso del financiamiento de nuestra actividad académica proviene de los recursos generados por la sociedad.

Con un criterio muy sencillo, habría que reconocer que el que financia debería recibir los beneficios de la investigación. Los que pagan, los contribuyentes, también deberían ser un verdadero blanco, y reconocidos como destinatarios del trabajo científico. Tal vez ese criterio necesite ser incorporado a nuestro sistema de evaluación, mediante la selección de indicadores apropiados.

-Artículo publicado en el suplemento de La Jornada *Lunes en la Ciencia* el 27 de marzo del 2000 y reproducido con autorización de la Editora Responsable del suplemento el 4 de abril del 2000-

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

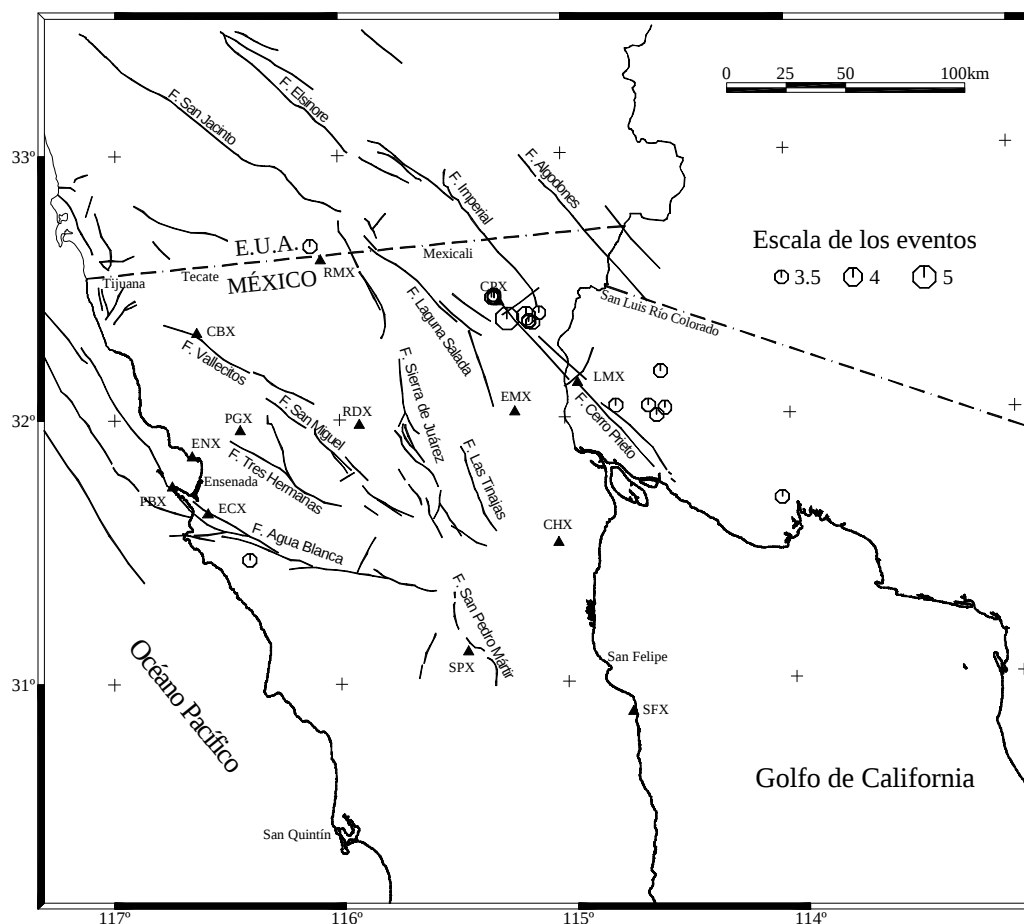
E-mail: resnor@cicese.mx

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 **Septiembre a Diciembre de 1999**.

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							REGIÓN
DÍA	HR	MN	SEG	LAT. N	LON. O	PROF.	M _p	RMS	NO		
SEPTIEMBRE 1999											
03	21	10	43.62	32°39.45'	116°07.35'	6.28	3.6	0.21	19	Localizado a 7 km al noroeste de RMX.	
05	01	17	14.53	32°02.35'	114°37.60'	13.61	3.5	0.25	16	Localizado a 32 km al este de LMX.	
06	01	28	40.32	32°02.46'	114°46.03'	7.00*	3.7	0.22	12	Localizado a 20 km al sureste de LMX.	
07	07	01	20.78	32°10.10'	114°34.17'	11.39	3.6	0.13	12	Localizado a 38 km al este de LMX.	
08	11	18	24.02	32°00.11'	114°35.44'	14.05	3.6	0.19	19	Localizado a 37 km al este de LMX.	
10	13	40	02.92	32°22.57'	115°14.91'	2.83	5.2	0.27	11	Localizado a 4 km al sureste de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto, sentido en el Valle y Ciudad de Mexicali, B.C.).	
11	16	43	00.30	32°01.72'	114°33.21'	23.97	3.6	0.24	17	Localizado a 40 km al este de LMX.	
OCTUBRE 1999											
01	18	38	23.82	31°40.84'	114°02.57'	13.00*	3.6	0.09	10	Localizado a 98 km al este de CHX. (al sureste del desierto de Altar, Son.).	
10	10	33	59.40	31°28.27'	116°24.10'	22.96	3.5	0.21	14	Localizado a 28 km al sureste de ECX. (Falla Agua Blanca).	
17	19	50	57.38	32°21.59'	115°08.09'	16.56	3.5	0.28	19	Localizado a 17 km al sureste de CPX. (norte de la Falla Cerro Prieto y sur de la Falla Imperial).	
18	18	57	18.68	32°23.77'	115°06.42'	15.99	3.7	0.18	14	Localizado a 18 km al este de CPX. (sur de la Falla Imperial, sentido en el ejido Saltillo, Mexicali, B.C.).	
18	19	02	03.84	32°23.11'	115°09.83'	12.90	4.5	0.27	13	Localizado a 14 km al este de CPX. (sentido en el ejido Nuevo León, planta geotérmica de Cerro Prieto, Ciudad de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Son.).	
19	22	29	02.31	32°21.76'	115°09.16'	13.52	3.8	0.28	21	Localizado a 15 km al sureste de CPX. (sentido en la planta geotérmica de Cerro Prieto y en el Valle de Mexicali, B.C.).	
21	14	55	05.98	32°22.07'	115°09.12'	7.98	3.5	0.38	21	Localizado a 15 km al sureste de CPX. (sur de la Falla Imperial).	
NOVIEMBRE 1999											
12	17	41	46.70	32°27.59'	115°18.34'	1.47	3.5	0.28	25	Localizado a 5 km al norte de CPX. (norte de Falla Cerro Prieto, sentido en los ejidos Michoacán de Ocampo e Hidalgo y la planta geotérmica de Cerro Prieto, Mexicali, B.C.).	
12	18	01	46.36	32°27.28'	115°18.34'	2.64	3.6	0.28	28	Localizado a 4 km al norte de CPX. (norte de Falla Cerro Prieto, sentido en los ejidos Michoacán de Ocampo e Hidalgo y la planta geotérmica de Cerro Prieto, Mexicali, B.C.).	
12	18	08	15.79	32°27.96'	115°18.34'	3.68	3.8	0.29	29	Localizado a 5 km al norte de CPX. (norte de Falla Cerro Prieto, sentido en el Valle de Mexicali y al sureste de la Ciudad de Mexicali, B.C.).	
12	18	25	13.22	32°27.49'	115°19.01'	1.98	3.5	0.28	19	Localizado a 5 km al norte de CPX. (norte de Falla Cerro Prieto, sentido en los ejidos Michoacán de Ocampo e Hidalgo y la planta geotérmica de Cerro Prieto, Mexicali, B.C.).	

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

ACTA DE LA ASAMBLEA GENERAL DE LA REUNION ANUAL 1999 DE LA UNION GEOFISICA MEXICANA

El día 27 de octubre de 1999, siendo las 16:30 horas, dio inicio la Asamblea General de la Unión Geofísica Mexicana (UGM) ante un foro inicial de 68 personas que aumentó a 84 una hora después. El presidium estuvo formado por el Dr. Dr. José Gómez Valdés, Presidente, Dr. Fernando García García, Vicepresidente, Dr. Edgar Pavía López, Secretario General, Dr. Josué Álvarez Borrego, Tesorero, M.C. Luis A. Delgado Argote, Secretario de Difusión, Dr. Sóstenes Méndes Delgado, Secretario de Investigación y M.C. Miguel Rodríguez González, Secretario de Educación, presentando el siguiente:

ORDEN DEL DÍA

- I. Homenaje al Instituto de Geofísica de la UNAM en su 50 Aniversario.
- II. Informe de actividades 1998-1999 de la UGM, presentado por la Mesa Directiva saliente.
- III. Elección de Vicepresidente 2000-2001.
- IV. Asuntos Generales.
- V. Presentación de la nueva Mesa Directiva y programa general de actividades.

I. HOMENAJE AL IGFUNAM

El Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi, Director del Instituto de Geofísica de la UNAM, presentó una semblanza de la geofísica en México, del nacimiento del Instituto hace 50 años y de sus actividades actuales.

II. INFORME DE ACTIVIDADES

- a) El Presidente saliente reconoció la obra del IGFUNAM como semilla de la actividad geofísica en el país. Hizo una descripción del Tercer Taller Canadá-México sobre Aplicaciones de la Física de Medios Porosos. Del plan de trabajo de cuatro puntos presentado al inicio de la Mesa Directiva saliente informó que: 1. La Mesa Directiva trabajó como un cuerpo colegiado de consulta. 2. Del propósito de incrementar un 50% el número de miembros, logramos el 20%. 3. Se hizo un esfuerzo en identificar grupos emergentes en Ciencias de la Tierra y se consolidaron con instituciones de Baja California Sur y Sinaloa, fortaleciéndose también con la Universidad Autónoma de Nuevo León en Linares. 4. Con el fin de ubicar a la UGM como órgano de consulta en problemas como los de riesgos naturales, la vinculación de la Unión se hizo por medio de la página, que sirvió para establecer enlaces.

- b) El Tesorero 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 1998 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.

- c) El Secretario de Difusión presentó los cuatro números editados de GEOS, la forma en que el CICESE está financiando su impresión, de las actividades de arbitraje de los artículos y de la distribución gratuita a las instituciones en donde se ofrecen carreras relacionadas con las Ciencias de la Tierra y otras instituciones de investigación. En la página de la UGM (www.ugm.org.mx) se hicieron enlaces con otras universidades y con instituciones de Protección Civil de Baja California, Jalisco, Colima y Distrito Federal.
- d) El Secretario de Educación informó sobre la organización de las Olimpiadas en Ciencias de la Tierra en la ciudad de Linares, Nuevo León.
- e) El Dr. Enrique Gómez Treviño informó que la V Olimpiada de Ciencias de la Tierra en Ensenada, B.C. sería el 27 de noviembre y sobre el mismo evento en la ciudad de Taxco, Guerrero. Finalmente comentó acerca de las políticas de entrega de premios de la Unión que aparecen en GEOS y la página electrónica. En este punto, el Dr. Jaime Urrutia comentó sobre la organización naciente de olimpiadas similares en la Cd. De México.

III. ELECCIÓN DE VICEPRESIDENTE 2000-2001 Y NUEVA MESA DIRECTIVA

Se propuso al Dr. Juan García Abdeslem y se escuchó una semblanza de la trayectoria del Dr. García en la UGM y de su vida profesional. No se presentaron otras propuestas y se procedió a la votación, cuyo resultado fue de 79 votos a favor y 3 abstenciones. Acto seguido, el Presidente entrante dio a conocer la Mesa Directiva 2000-2001 que quedó constituida de la siguiente manera:

- Presidente, Fernando García García, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

- Vicepresidente, Juan García Abdeslem, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

- Secretario General, Jaime Urrutia Fucugauchi, Instituto de Geofísica, UNAM

- Tesorero, Luca Ferrari, Instituto de Geología, UNAM

- Secretario de Difusión, Luis A. Delgado Argote, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

- Secretario de Enseñanza, Gustavo Tolson, Instituto de Geología, UNAM

- Secretario de Investigación, Enrique Gómez Treviño, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Además, se nombró a los siguientes delegados regionales:

Región Nororiental, Sóstenes Méndez de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Región Noroccidental, Juan Torak del CICIMAR en Guaymas

Región Centro, Marco Guzmán del UNICIT, UNAM

Región Suroriental, Domitilo Pereyra de la Universidad Veracruzana en Jalapa

Región Occidental, José Rosas Elguera de la Universidad de Guadalajara

Mesa Directiva 1998-1999 Dr. José Gómez Valdés Presidente Dr. Fernando García García Vicepresidente Dr. Edgar Pavía López Secretario General Dr. Josué Álvarez Borrego Tesorero.

Mesa Directiva 2000-2001 Dr. Fernando García García Presidente Dr. Juan García Abdeslem Vicepresidente Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi Secretario General Dr. Luca Ferrari Tesorero.

IV. ASUNTOS GENERALES

- a) Se discutió el posible cambio de sede para la Reunión Anual (RA) 2000 y el comité organizador de la RA 1999 presentó la investigación de seis otras ciudades y costos de transportation. Después de discutirse las ventajas y desventajas de los sitios se votó de manera económica la ciudad y hotel sede del evento. Hubo cuatro votos en contra de la ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco y cero votos en contra del Hotel Camino Real. Terminada la votación se anunció que la próxima RA se efectuará en el Hotel Camino Real de Puerto Vallarta.
- b) La RA 2000 se efectuará junto con la Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra que coordina la Sociedad Geológica Mexicana. El Ing. Emiliano Campos, Presidente de esa Sociedad comentó acerca de la experiencia de la Primera Reunión en la Cd. De México junto con otras cuatro sociedades y de las ventajas de organizar un congreso en donde se reúna la mayoría de los expertos en las varias disciplinas de las Ciencias de la Tierra.
- c) La nueva Mesa Directiva se pondrá en contacto con las otras sociedades para organizar la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana y la Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra.

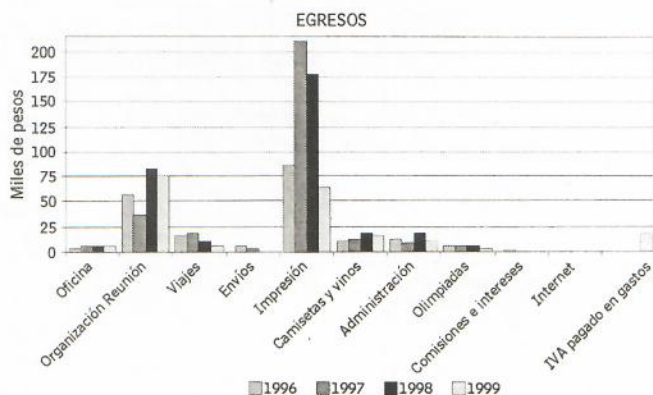
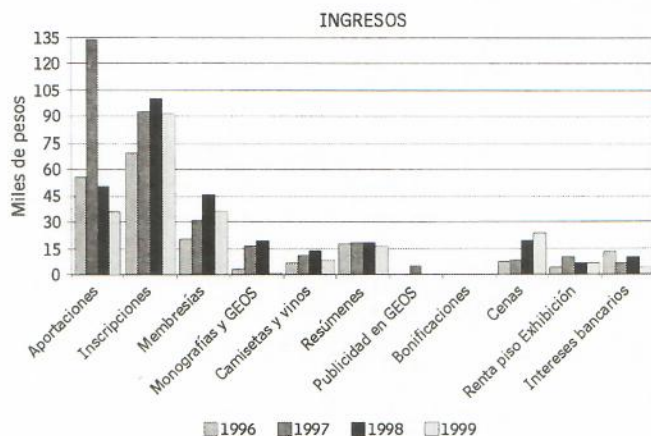
El acta fue aprobada por las mesas directivas saliente y entrante.

INFORME FINANCIERO DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C., 1999

Saldo del ejercicio anterior en banco de Ensenada	\$ 69,513.37
Saldo en efectivo en Ensenada	\$ 6,386.89
Saldo en efectivo en México	\$ 300.00
Saldo al 31 de diciembre de 1998	\$ 76,200.26
INGRESOS:	\$ 226,055.98
Aportaciones:	\$ 36,356.24
Inscripciones Reunión Anual 1999:	\$ 94,000.00
Membresías:	\$ 37,400.00
Venta de Monografías y GEOS:	\$ 840.00
Venta de camisetas y vinos:	\$ 7,975.00
Resúmenes:	\$ 15,960.00
Cenas:	\$ 23,190.00
Renta por piso para exhibición:	\$ 6,500.00
Intereses bancarios:	\$ 3,834.74
EGRESOS:	\$ 203,203.83
Gastos de oficina (papelería):	\$ 5,990.61
Gastos organización Reunión Anual 1999:	\$ 76,538.32
Gastos de viaje:	\$ 6,551.95
Gastos de impresión (publicidad, GEOS y posters):	\$ 64,501.81
Gastos varios (vinos, camisetas):	\$ 16,565.00
Gastos de administración (apoyo secretarial, varios):	\$ 10,136.94
Gastos de Internet:	\$ 287.31
Gastos V Olimpiada:	\$ 3,375.00
Comisiones e intereses pagados:	\$ 473.00
I.V.A. pagado en gastos	\$ 18,783.89
SALDO AL 31 DE DICIEMBRE DE 1999:	\$ 99,052.41
Integrado de la siguiente manera:	
Saldo en Banco de Ensenada:	\$ 97,691.74
Saldo en caja chica en Ensenada:	\$ 1,360.67

En las gráficas de ingresos y egresos del periodo 1996-1999 se observa un decremento general en los ingresos de 1999 de la Unión, excepto por el concepto de cenas ofrecidas en la Reunión Anual. Las aportaciones se redujeron debido a que no fue necesario solicitar apoyos institucionales en vista de que no se editaron monografías. Sin embargo, 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. Aunque el número de participantes a la Reunión Anual 1999 fue similar al del año anterior, los ingresos por inscripciones, membresías y resúmenes fue menor, por lo que se sospecha que algunos participantes no hacen sus pagos correspondientes. De la misma forma, se mantuvo la publicidad a programas de posgrado y laboratorios en GEOS, pero no se hicieron los cobros respectivos. Con respecto a los intereses bancarios, la reducción se debió a que nuestra cuenta bancaria trabajó con monto muy bajo debido a que en el primer trimestre del año tuvimos que pagar un anticipo mayor que la de los años anteriores al hotel sede. Afortunadamente, los egresos se redujeron de manera importante, pero aparece por primera vez el rubro de *IVA pagado en gastos*. Lo anterior se debe a que en el ejercicio administrativo de 1999 se puso al corriente la declaración general de pago de derechos ante la SHCP. La disminución más importante se observa en gastos de impresión, la cual es equivalente al incremento en los apoyos del CICESE para impresión y mensajería.

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 2000

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 2000
Puerto Vallarta, México
30-Octubre al 3-Noviembre del 2000

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

GEOS, Unión Geofísica Mexicana, A.C., Marzo, 2000

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000

No. Miembro	1997	1998	1999	2000	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
1	678	X			Aceves Quesada Fernando	UNAM	Geofísica	Vulcanología	
2	20	X	X		Aguirre Díaz Gerardo J.	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	gjad@servidor.unam.mx
3	797			X	Aguirre González Jorge	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	jag@culer.ingen.unam.mx
4	16	X	X	X	Alaniz Álvarez Susana A.	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	alaniz@servidor.unam.mx
5	271		X		Alatorre Zamora Miguel Ángel	UDG	CUCEI	Físico Matemáticas	maaz@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
6	19	X	X		Alatriste Vilchis David Rey	IMP	Exploración y Producción	Prospección Geofísica	adavid@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
7	668	X	X	X	Alva Valdivia Luis Manuel	UNAM	Geofísica	Paleomagnetismo	jalva@tonatihu.igeofcu.unam.mx
8	4	X	X	X	Álvarez Borrego Josué	CICESE	Física Aplicada	Óptica	josue@cicese.mx
9	3	X	X	X	Álvarez Borrego Saúl	CICESE	Oceanología	Ecología	saul@cicese.mx
10	676	X			Álvarez Manilla Alfonso				
11	267	X		X	Álvarez Sánchez Luis G.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jalvarez@cicese.mx
12	272			X	Amador Buenrostro Alberto	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	dinmar@cicese.mx
13	8	X	X	X	Aragón Arreola Manuel de J.	GEOMAQUE		Geología	geomaque@hn2.com
14	283			X	Aranda Gómez Jorge Javier	UNAM	UNICIT		jag@servidor.unam.mx
15	18	X		X	Arellano Gómez Victor Manuel	IE	Geotermia		vag@axp2.ie.org.mx
16	278		X		Arellano Guadarrama José Fco.	CFE	Residencia de Estudios	Exploración	
17	21		X		Armenta Hernández María A.	UNAM	Geofísica	Química Analítica	victoria@tonatihu.igeofcu.unam.mx
18	13			X	Arredondo Frago José	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectricos	cfeinf@mail.giga.com
19	10			X	Arzate Flores Jorge Arturo	UNAM	UNICIT	Exploración Geofísica	arzate@tonatihu.igeofcu.unam.mx
20	757			X	Avila Serrano Guillermo E.	UABC		Ciencias Marinas	gavila@bahia.ens.uabc.mx
21	287	X	X	X	Axen Gary	UCLA	Earth and Space Sciences		gaxen@ess.ucla.edu
22	296	X	X	X	Bandy William L.	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	bandy@tonatihu.igeofcu.unam.mx
23	28	X	X	X	Barajas Díaz Pablo	ITESO		Habitat y Desarrollo Urbano	
24	30	X		X	Barragán Reyes Rosa María	IE	Geotermia		rmb@ie.org.mx
25	802			X	Bautista Belmonte Aaron	IPN	CIIDIR OAXACA	Protección Ambiental	simenez@vmredipn.ipn.mx
26	701			X	Bautista Romero José Jesús	CIBNOR	Impacto Ambiental y Cambio Climático		bautro@cibnor.mx
27	305		X		Beier Martín Emilio José	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ebier@cicese.mx
28	26	X	X		Bermúdez Angulo María Luisa	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	maria@gea.ingen.unam.mx
29	461			X	Bermúdez Juárez María Blanca	BUAP		Ciencias Físico Matemáticas	bbj@xanum.uam.mx
30	711		X		Bernal Franco Gladys	UABC	Investigaciones Oceanológicas	Geoquímica Ambiental	gbernal@bahia.ens.uabc.mx
31	41			X	Birkle Peter	IE	Geotermia		birkle@ie.org.mx
32	37	X	X	X	Bohnel Norbert Harald	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	harald@tonatihu.igeofcu.unam.mx
33	34		X		Brassea Ochoa Jesús	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jbrassea@cicese.mx
34	27	X		X	Bravo Cabrera José Luis	UNAM	Geofísica	Observación de Radiación Solar	jbravo@tonatihu.igeofcu.unam.mx
35	24	X		X	Brito Castillo Luis	CIBNOR	Unidad Guaymas	Hidrología	lbrito@cibnor.mx
36	32	X	X		Buendía Carrera Enrique	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima	
37	632	X	X	X	Bulgakov Sergey N.	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	sbulgano@udg.serv.cencar.udg.mx
38	536	X	X		Burrola Sánchez María Sara	CIBNOR	Zona Costa		sburrola@cibnor.mx
39	324		X	X	Caballero Miranda Cecilia	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	maga@tonatihu.igeofcu.unam.mx
40	704			X	Cabral Cano Enrique	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	ecabral@tonatihu.igeofcu.unam.mx
41	51		X	X	Calmus Thierry	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	tcalmus@servidor.unam.mx
42	246		X	X	Campa Uranga María Fernanda	UAG	Ciencias de la Tierra		
43	325	X	X		Campos Enriquez Oscar	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	ocampos@tonatihu.igeofcu.unam.mx
44	480			X	Candela Pérez Julio	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	icandela@cicese.mx
45	581	X	X	X	Cañón Tapia Edgardo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ecanon@cicese.mx
46	52	X	X	X	Carbajal Pérez Noel	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Est. Inv. Marinas Mazatlán	noelc@ola.icmyl.unam.mx
47	557	X			Carbonell Ramón	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	rcarbonell@ija.csic.es
48	54		X		Carcone José M.		Osservatorio Geofisica Sperime		
49	321	X			Cárdenas Soto Martín	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	martin@hermes.ingen.unam.mx
50	331	X		X	Carrasco Núñez Gerardo	UNAM	Geología	Geología Regional	gerardoc@servidor.unam.mx
51	330	X	X		Carreño Ana Luisa	UNAM	Geología	Paleontología	anacar@servidor.unam.mx
52	694			X	Carrillo García Verónica Karina	CENAM	Óptica	Metrología Física	vcarrillo@cenam.mx
53	663	X	X	X	Castrejón González Israel	UAG	Ciencias de la Tierra		
54	541	X		X	Castrejón Pineda Héctor R.	UNAM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	castrejo@sacbe.fi-a.unam.mx
55	47	X	X	X	Castro Escamilla Raúl	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	raul@cicese.mx
56	45	X		X	Castro Gorea Renato	UNAM	Geofísica	Vulcanología	
57	49		X		Castro Leyva Teresa	IMP		Exploración y Producción	
58	53		X		Cerca Martínez Luis Mariano	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	mcerca@cicese.mx
59	664	X	X		Charre Meza Adolfo Salomé	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	acharre@cicese.mx
60	65			X	Chávez Cabello Gabriel	UNAM	Ciencias de la Tierra		gachavez@ccr.dsi.unam.mx
61	68		X	X	Chávez Pérez Sergio	U NEVADA	Sismological Laboratory	School of Mines	
62	624	X			Cifuentes Gerardo	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	gercife@tonatihu.igeofcu.unam.mx
63	726		X	X	Cisneros Stojanowski Gerardo	SILICON GRAPHICS			gerardo@cray.com
64	805			X	Concha Dimas Aline	U NEVADA	Mackay School of Mines	Geological Sciences	aline@scs.unr.edu
65	736			X	Contreras Pérez Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	juanc@cicese.mx
66	558	X	X	X	Córdoba Barba Diego	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	dcordoba@eucmos.sim.ucm.es
67	683	X	X	X	Corona Chávez Pedro	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Geología	pcorona@zeus.ccu.umich.mx
68	58	X			Corona Ruiz Martín	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto		
69	566	X			Correa Mora Francisco	UNAM	Geofísica	Geoquímica y Exploración	pancho@tonatihu.igeofcu.unam.mx
70	723		X	X	Cortés Cortés Abel	UCOL	Observatorio Vulcanológico		cortes@cgic.ucol.mx
71	699			X	Cruz Atienza Víctor Manuel	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	victor@ollin.igeofcu.unam.mx
72	59	X	X	X	Cruz Castillo Manuel	IMP	Exploración Geofísica		
73	309		X		Cuenca Julio César	UNAM	Ingeniería		
74	686		X		Cupul Magaña Amílcar Levi	UDG		Recursos Naturales	cmagana@vallarta.cuc.udg.mx
75	559	X	X	X	Dafoelbeita Juan José	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	jdafobeita@ija.csic.es
76	342	X			Davydova Belifskaya Valentina	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	vdavidov@udg.serv.cencar.udg.mx
77	69	X	X	X	De Cserna Gombos Zoltan	UNAM	Geología	Geología Regional	
78	72		X	X	De la Cruz Reyna Servando	UNAM	Geofísica	Vulcanología	sdela@tonatihu.igeofcu.unam.mx
79	73			X	De León Gómez Héctor	UNAM	Ciencias de la Tierra		hdeleon@ccr.dsi.unam.mx
80	784			X	Del Río Jesús Antonio	UNAM	CIE	Termociencias	antonio@servidor.unam.mx
81	82	X	X	X	Delgado Argote Luis Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ldelgado@cicese.mx
82	75	X		X	Delgado Contreras Juan Antonio	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ldelgado@cicese.mx
83	338		X	X	Delgado Granados Hugo	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	hugo@tonatihu.igeofcu.unam.mx
84	688		X	X	Díaz Navarro Ricardo	IMP	Exploración Geofísica		ricky@orion.expl.imp.mx
85	454	X	X	X	Diego Orozco Arturo	IMP	Exploración y Producción	Geofísica	arturo@orion.expl.imp.mx
86	84			X	Dominguez Reyes Tonatihu	UCOL	Ciencias del Ambiente		tonatihu@ucol.mx
87	341	X	X	X	Dworak Robinson Juan A.	SEP	Tecnológico del Mar	Investigación	
88	573	X			Elias Herrera Mariano	UNAM	Geología	Geología Regional	elias@servidor.unam.mx
89	86	X	X	X	España Hernández Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	fesparz@cicese.mx
90	87	X	X	X	Espindola Castro Juan Manuel	UNAM	Geofísica	Vulcanología	ime@tonatihu.igeofcu.unam.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000 (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	4	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
9	3	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
10	676	Circuito Jardín #356-3	Alamos 3a	Querétaro	Qro.	México	76160	
11	267	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
12	272	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
13	8	181, Univ. Av. Suite 1210		Toronto	ON	Canadá	M5h3M7	
14	283	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
15	18	Reforma #113	Palмира	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
16	278	Carret. Pascualito-Pescaderos Km 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	3636
17	21	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
18	13	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	7-31
19	10	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
20	757	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	453
21	287	UCLA - Box 951567		Los Angeles	CA.	USA	90095-1567	2732
22	296	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
23	28	Periférico Sur #8585		Tlaquepaque	Jal.	México	45090	31-175
24	30	Reforma #113	Palмира	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
25	802	Meza de Anahuac # 17A	Volcanes	Oaxaca	Oax.	México		
26	701	Lic. Primo Verdad #206, Depto. 7	Zona Centro	La Paz	B.C.S.	México		128
27	305	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
28	26	Calle 128A #29-15 Depto. 403		Santa Fé de Bogotá	Bogotá	Colombia	70472	
29	461	Priv. 29 Ote. #1816	Mirador	Puebla	Pue.	México	72540	
30	711	Villa de San Miguel #36	San Miguel	Ensenada	B.C.	México	22760	
31	41	Apdo. Postal 1-475		Cuernavaca	Mor.	México	62001	1-475
32	37	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
33	34	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
34	27	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
35	24	Laureles #5A	Loma Dorada	Guaymas	Son.	México	85465	349
36	32	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
37	632	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44130	
38	536	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
39	324	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
40	704	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
41	51	Apdo. Postal No. 908		Hermosillo	Son.	México	83000	1039
42	246	Hacienda Xajay #426	Hda. Echegaray	Naucalpan	EdoMéx	México	53300	
43	325	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
44	480	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
45	581	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
46	52	Apdo. Postal 811		Mazatlán	Sin.	México	82000	811
47	557	Lluís Solé i Sabarís s/n		Barcelona	España		08028	
48	54	P.O. BOX 2011		Opicina	Trieste	Italy	34016	2011
49	321	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
50	331	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
51	330	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
52	694	Cerrada Heriberto Jara #18	F. V. Querétaro	Querétaro	Qro.	México	76000	
53	663	Ex-hacienda de San Juan Bautista	Taxco el Viejo	Taxco	Gro.	México	40200	197
54	541	10 Ote. Mz. 33, L. 6	Isidro Fabela	México	D.F.	México	14030	
55	47	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
56	45	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
57	49	Oficina de Correo		Cd. del Carmen	Camp.	México	24101	224
58	53	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
59	664	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
60	65	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
61	68	Shetland # 348	Cosmopolita, Del., Azcapotzalco	México	D.F.	México	02670	
62	624	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
63	726	Av. Vasco de Quiroga #3000	Santa Fé	México	D.F.	México	01210	
64	805	Mackay School of Mines/172		Reno	Nevada	USA	89557-0138	
65	736	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
66	558	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
67	683	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58000	
68	58	Carret. Pascualito-Pescaderos Km 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
69	566	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
70	723	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
71	699	5 de Mayo #117	Tepepan	México	D.F.	México	16020	
72	59	Av. Volcán Ferdinandina #92	El Mirador	México	D.F.	México	14449	
73	309	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
74	686	Av. Universidad #203	Delegación Ixtapa	Puerto Vallarta	Jal.	México		
75	559	Lluís Solé i Sabarís s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
76	342	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44130	
77	69	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
78	72	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
79	73	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
80	784	Apdo. Postal 34		Temixco	Mor.	México	62580	34
81	82	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
82	75	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
83	338	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
84	688	Hacienda Ajulupan #107	Hda. Echegaray	Naucalpan	EdoMéx	México	53310	
85	454	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Alepahuacán	México	D.F.	México	07730	
86	84	Av. Universidad #333		Colima	Col.	México		
87	341	Km 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85425	742
88	573	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
89	86	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
90	87	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
91	88	X	X	X	X	Espinosa Cardéa Juan Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jespinosa@cicese.mx
92	92	X				Fabriel Beauville Hubert	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	hfabriel@cicese.mx
93	346	X	X	X	X	Farreras Sanz Salvador	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	sfarreras@cicese.mx
94	91	X	X			Ferrari Pedraglio Luca	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	luca@servidor.unam.mx
95	137	X	X	X	X	Filonov Anatoly E.	UDG	CUCEI	Físico Matemáticas	afilonov@udgse.cencar.udg.mx
96	97	X	X			Fletcher John M.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	fletcher@cicese.mx
97	679	X				Flores Cruz Fernando				
98	803			X		Flores Estrella Hortencia	UNAM	Ingeniería		
99	348	X	X	X	X	Flores Luna Carlos Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	cflores@cicese.mx
100	675	X	X	X	X	Forsythe Lance	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	forsythe@cicese.mx
101	96	X	X	X	X	Frez Cárdenas José	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	jofrez@cicese.mx
102	680	X	X	X		Fuentes Vargaz Carlos	UNAM	Geofísica	Sismología	carlos@ollin.igeofcu.unam.mx
103	108	X	X	X	X	Galicia Pérez Marco Antonio	UCOL	CEUNIVO		galicia@volcan.ucol.mx
104	578	X	X			Gallegos Cruz Apolonio	IPN	Ciencias Básicas	Física	
105	755			X		Garatza Payan Jaime				
106	101	X	X	X	X	García Abdeslem Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	garcia@cicese.mx
107	104	X	X	X	X	García Arthur Rosalia	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	arthur@cicese.mx
108	373			X		García Barragán J.C.				
109	372			X		García Córdova Joaquín	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	joaquin@cicese.mx
110	368	X	X	X	X	García García Fernando	UNAM	Ciencias de la Tierra	Meteorología General	dire@mvica.atmosfex.unam.mx
111	537			X		García Gutiérrez Alfonso	IIIE	Fuentes Alternas de Energía	Fuentes No Convencionales	aggarcia@iie.org.mx
112	358		X	X	X	Garduño López Rene	UNAM	Ciencias de la Tierra		
113	100	X	X	X	X	Garduño Monroy Victor Hugo	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Química	vgmonroy@zeus.cci.umich.mx
114	650			X		Garza Rocha Daniel	UANL	Ciencias de la Tierra		dagarza@ccr.dsi.uanl.mx
115	724	X	X	X	X	Gavilanes Ruiz Juan Carlos	UCOL	Observatorio Vulcanológico		gavilan@cgc.ucol.mx
116	119	X	X	X	X	Gavino Rodríguez Juan Heberto	UCOL	Oceanografía Física	Ciencias Marinas	gavinho@volcan.ucol.mx
117	366		X	X		Gay García Carlos	UNAM	Ciencias de la Tierra		
118	122	X	X	X		Glowacka Ewa	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	glowacka@cicese.mx
119	353			X		Gómez González Juan Martín	UNAM	UNICIT	Sismología	gomez@conin.unam.mx
120	121	X	X	X	X	Gómez Treviño Enrique	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	egomez@cicese.mx
121	112	X	X	X	X	Gómez Valdés José	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	igomez@cicese.mx
122	672	X	X	X	X	González Fernández Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	mindundi@cicese.mx
123	113	X	X	X	X	González García José Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	javier@cicese.mx
124	774			X		González Ibarra Alfonso	IMP	Exploración y Producción	Prospección Geofísica	
125	118		X			González Morales Carlos A.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	cgonzalez@cicese.mx
126	99		X			González Morán Tomás	UNAM	Geofísica	Recursos Naturales	tglez@tonatuh.igeofcu.unam.mx
127	807			X		González Yajimovich Oscar	UABC	Geología	Ciencias Marinas	
128	690		X			Gorsline Donn S.	USC	Earth Sciences		gorsline@earth.usc.edu
129	370	X	X	X	X	Graef Ziehl Federico	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	fgraef@cicese.mx
130	388	X	X			Grajales Nishimura Manuel	IMP	Exploración Geofísica	Geociencias	grajales@geologia.unam.mx
131	570	X	X			Green Ruiz María de Jesús	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina	mgreen@ola.icmyl.unam.mx
132	111	X	X			Guerrero García José C.	UNAM	Geología	Geoquímica	josec@servidor.unam.mx
133	110			X		Guerrero Guadarrama José Luis	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectricos	geoexpl@michi1.telnet.net.mx
134	360			X		Guzmán Speziale Marco	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	marco@ollin.igeofcu.unam.mx
135	126	X				Helenes Escamilla Javier	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ihelenes@cicese.mx
136	125	X	X	X	X	Herguera García Juan Carlos	CICESE	Oceanología	Ecología	herguera@cicese.mx
137	572	X	X	X		Hernández Bernal María del Sol	UNAM	Geología	Geología Regional	msol@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
138	582	X				Hernández Guerrero Joel	PEMEX	Integración e Interpretación	Activo Macuspana	zyanya@hotmail.com
139	564	X				Hernández Treviño Teodoro	UNAM	Geofísica	Exploración y Geomagnetismo	tht@tonatuh.igeofcu.unam.mx
140	689		X			Herrera Charles Roberto	IPN	CITEDI		charles@citedi.mx
141	387	X	X	X	X	Hinojosa Corona Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ahinoj@cicese.mx
142	386			X		Huerta López Carlos I.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	huerta@cicese.mx
143	669	X				Hughes Simón	UNAM	Geofísica	Vulcanología	shuhs@tonatuh.igeofcu.unam.mx
144	127	X	X	X		Huidobro González Adolfo	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	lermo@intl.ingen.unam.mx
145	128	X				Huizar Álvarez Rafael	UNAM	Geología	Geología Regional	huizar@servidor.unam.mx
146	719	X	X	X	X	Hutton Wallis	U. WISCONSIN	Geophysical		wallis@geology.wisc.edu
147	700			X		Iglesias Mendoza Arturo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	amg@tornado.com.mx
148	722	X				Israde Alcántara Isabel	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Civil	aisrade@zeus.cci.umich.mx
149	131	X	X			Jacques Ayala Cesar	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	jacques@servidor.unam.mx
150	130		X			Jáuregui Ostos Ernesto	UNAM	Ciencias de la Tierra	Meteorología General	ejos@mvica.atmosfex.unam.mx
151	735			X		Jiménez Sergio	UABC			
152	133	X				Jiménez Illescas Ángel R.	IPN	CICIMAR	Oceanología	ajimenez@ipn9021.ipn.mx
153	132	X				Jiménez Jiménez Zenón	UNAM	Geofísica	Sismología	zenon@igeofcu.unam.mx
154	752			X		Jödicke Hartmut	U. MUNSTER	Institut für Geophysik		
155	395		X	X		Juárez Sánchez Faustino	UNAM	Geofísica	LUGIS	fnco@tonatuh.igeofcu.unam.mx
156	153			X		Keller Torres Jaime	UNAM	Ciencias Básicas	Química	keller@servidor.unam.mx
157	238			X		Koshevaya Svetlana S.	INAOE			svetlana@tonali.inaoe.mx
158	135	X	X	X	X	Kostoglodov Vladimir	UNAM	Geofísica	Sismología	vladimir@ollin.igeofcu.unam.mx
159	640	X				Kotsarenko Nikola Y.	UNAM	Geofísica	Física Espacial	kotsaren@tonatuh.igeofcu.unam.mx
160	136	X				Kouzoub Nikolai	UANL	Ciencias de la Tierra		nkouzoub@ccr.dsi.uanl.mx
161	655	X		X	X	Kuraica Ogie	KINEMATICS	Sales Manager		sales@kmi.com
162	61			X		Lara Lara Rubén	CICESE	Oceanología	Ecología	lara@cicese.mx
163	598	X				Lares Reyes María Lucila	CICESE	Oceanología	Ecología	lares@cicese.mx
164	141	X	X	X		Lavin Peregrina Miguel F.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	mlavin@cicese.mx
165	399	X	X			Lázaro Mancilla Octavio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	plazar@icese.mx
166	483	X	X	X	X	Ledesma Vázquez Jorge	UABC	Geología	Ciencias Marinas	ledesma@bahia.ens.uabc.mx
167	404	X	X	X		Lermo Samaniego Javier Fco.	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	lermo@intl.ingen.unam.mx
168	602	X				Lira Herrera Héctor	CFE	Residencia General de Cerro Prieto	Estudios	
169	730	X	X			Lluch Cota Daniel Bernardo	CIBNOR		Geología Marina	dblluch@cibnor.mx
170	731	X				Lluch Cota Salvador Emilio	CIBNOR		Geología Marina	
171	273	X				Lobato Sánchez René	IMTA	Hidrología	Hidrometeorología	rlobato@tajin.imta.mx
172	681			X		López Loera Héctor	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	lopezdes@col1.telnet.net.mx
173	146	X			X	López Mariscal Juan Manuel	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	malope@cicese.mx
174	691			X		López Martínez Juana	CIBNOR	Evaluación y Manejo de Recursos		lopez@cibnor.mx
175	145	X	X	X	X	López Martínez Margarita	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	marlopez@cicese.mx
176	398	X				Lozada Zumaeta Manuel	IMP	Exploración Geofísica		manuel@orion.expl.imp.mx
177	615	X	X			Machain Castillo María Luisa	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina	machain@ola.icml.unam.mx
178	653	X				Magaña Rueda Víctor Orlando	UNAM	Ciencias de la Tierra	Meteorología General	victor@belenos.atmosfex.unam.mx
179	542			X		Makarov Vyacheslav G.	IPN	CICIMAR		
180	175	X				Marinone Moschetto Silvio G.L.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	marinone@cicese.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000 (continuación)

No. Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
91	88 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
92	92 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
93	346 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
94	91 Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
95	137 Río Aulán #2180-34	Altas	Guadalajara	Jal.	México	44421	4-040
96	97 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
97	679 Antonia Nava s/n Esc.Pri. Makarenko	Carmen Serdán	México	D.F.	México	04910	
98	803 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
99	348 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
100	675 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
101	96 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
102	680 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
103	108 Apdo. Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
104	578 Té #950	Iztacalco	México	D.F.	México	08400	
105	755 5 de Feb. # 818 Sur	Centro	Cd. Obregón	Son.	México		
106	101 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
107	104 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
108	373		Hermosillo	Son.	México	83000	1039
109	372 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
110	368 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
111	537 Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
112	358 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
113	100 Av. Rey Tariacuri #374-D	Villabell	Morelia	Mich.	México	58090	
114	650 Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
115	724 Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
116	119 Apdo. Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Col.	México	28200	275
117	366 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
118	122 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
119	353 Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
120	121 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
121	112 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
122	672 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
123	113 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
124	774 Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México		
125	118 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
126	99 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
127	807 Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	453
128	690		Los Angeles	CA.	USA	90089-0740	
129	370 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
130	388 Tokio #921-202B	Portales	México	D.F.	México	03300	
131	570 Explanada de la Azada y Crestón		Mazatlán	Sin.	México	82040	
132	111 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
133	110 Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	7-31
134	360 Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
135	126 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
136	125 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
137	572 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
138	582 Av. Sitio Grande #2000 Edif. 3 Piso	Fracc. Carrizal	Villahermosa	Tab.	México	86035	270
139	564 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
140	689 Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
141	387 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
142	386 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
143	669 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
144	127 Av. México #120	Del Carmen	México	D.F.	México	04100	
145	128 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
146	719 1215 West Dayton St.		Madison	WI	USA	53706	
147	700 Siracusa #130, Edif. 5-B-22	Lomas Estrella	México	D.F.	México	09890	
148	722 Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58000	
149	131 De la Rivera #21		Hermosillo	Son.	México	83288	
150	130 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
151	735 Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	
152	133 Colegio Militar #192	Esterito	La Paz	B.C.S.	México	23020	592
153	132 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
154	752 Corrensstr 24 D-48149		Munster		Germany		
155	395 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
156	153 Fuente de la Juventud #64	Tecamachalco	Naucalpan	EdoMex	México	53950	70-528
157	238		Puebla	Pue.	México		
158	135 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
159	640 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
160	136 Pedro Noriega #569 Sur		Linares	N.L.	México	67700	
161	655 222 Vista Avenue		Pasadena	CA.	USA	91107	
162	61 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
163	598 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
164	141 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
165	399 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
166	483 Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	453
167	404 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70-472
168	602 Carret. Pascualito-Pescaderos Km 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
169	730 Apdo. Postal 128		La Paz	B.C.S.	México	23000	128
170	731 Km 0.5, al Conchalito		La Paz	B.C.S.	México	23000	
171	273 Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
172	681 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
173	146 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
174	691 Retorno Mondorica #2056	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
175	145 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
176	398 Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
177	615 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70305
178	653 Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
179	542 Av. IPN s/n	Playa Polo de Sta. Rita	La Paz	B.C.S.	México	23096	
180	175 Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
181	157	X	X	X	X	Márquez Azúa Bertha	UDG	Estudios Históricos y Humanos	Geografía y Ordenación Territorial	bmarquez@cencar.udg.mx
182	677	X	X			Márquez González Álvaro	UCM	Petrología y Geoquímica	Ciencias Geológicas	alvaromg@eucmax.sim.ucm.es
183	319			X		Marshall Kyle Jeffrey	FRANKLIN MARSHALL	Keck Institute	Geosciences	l_marshall@fandm.edu
184	673	X	X	X	X	Martín Atienza Beatriz	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	mindundi@cicese.mx
185	2	X	X	X	X	Martín Barajas Arturo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	amartin@cicese.mx
186	748			X		Martínez Díaz de León Asdrúbal	UABC	Investigaciones Oceanológicas		
187	408	X	X	X	X	Martínez García Mario	CIBNOR	Dirección General		mmartine@cibnor.mx
188	156	X				Martínez Serrano Raymundo G.	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	rms@tonatuh.igeofcu.unam.mx
189	630	X				Martínez Zatarain Alejandro	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	amartine@udgserv.cencar.udg.mx
339	808			X		Mascareño Gastelum Ramón A.	UAS			
190	667	X	X	X		Matthes Miguel	APASCO	Ingeniería	Geología	
191	697			X		Mazariegos Alfaro Rubén A.	U TEXAS PAN AMERICAN		Physics and Geology	rubenm@panam.edu
192	436	X				Mejía Trejo Adán	UABC	Investigaciones Oceanológicas	Oceanografía Física	amejia@bahia.ens.uabc.mx
193	164	X	X	X	X	Méndez Delgado Sostenes	UANL	Ciencias de la Tierra		somendez@ccr.dsi.uanl.mx
194	427			X		Mendieta Jiménez Francisco J.	CICESE	Dirección General		fmendieta@cicese.mx
195	631		X			Meulenert Peña Angel R.	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	ameulene@udgserv.cencar.udg.mx
196	95	X				Michaud Francois	U PIERRE ET M. CURIE	Laboratoire de Geodynamique	UMR GeoSciences Azur	micho@ccrv.obs-vlfr.fr
197	709			X		Milan Valdés Marcos	IPN	ESIA	Geología	milan@mexico.com
198	167	X	X	X	X	Montesinos Silva Genaro	UGTO	Ciencias Agrícolas	Agronomía	genaros@dulcinea.ugto.mx
199	414		X	X		Monzón Cesar Octavio	UDG	CUCEI	Físico Matemáticas	monzon@cucei.udg.mx
200	450			X		Morales Blake Alejandro	UCOL	Oceanografía Física	Ciencias Marinas	mblake@volcan.ucol.mx
201	421	X	X			Morán Zenteno Dante Jaime	UNAM	Geología	Geoquímica	dante@tonatuh.igeofcu.unam.mx
202	173	X	X	X	X	Morandi Soana María Teresa	U. DE LOS ANDES	Laboratorio de Geofísica	Ciencias	maria@ciens.ula.ve
203	619	X	X			Morera Gutiérrez Carlos A.	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	carlosm@ollin.igeofcu.unam.mx
204	608	X				Moya Juan Carlos	U. COLORADO		Geological Sciences	moya@creep.colorado.edu
205	439			X		Munehisa Sawada	CENAPRED			sawada@cenapred.unam.mx
206	160	X	X	X		Munguía Orozco Luis	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	lmunguia@cicese.mx
207	682			X	X	Muñoz Diosdado Alejandro	IPN	UIPIBI	Biofísica	amunoz@cei.upibi.ipn.mx
208	434	X	X			Murrieta José Luis	UNAM			
209	176		X	X		Natividad Baizabal Miguel Angel	UV	Meteorología Aplicada	Instrumentación Electrónica	
210	177	X	X	X	X	Nava Pichardo Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	nava@cicese.mx
211	670	X	X			Nava Sánchez Enrique H.	IPN	CICIMAR	Oceanología	enava@vmredipn.ipn.mx
212	609			X		Nevárez Martínez Manuel Otilio	INP	CRIP Guaymas		nevarez@altavista.net
213	181	X	X	X	X	Nieto Samaniego Angel Foo.	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	afns@servidor.unam.mx
214	696		X	X		Norzagay Campos Mariano	UNAM	Geofísica	Exploración	nmunoz@debtel.com.mx
215	182	X	X	X	X	Núñez Cornú Francisco Javier	UDG	CUC, Vallarta	Geografía y Ordenación Territorial	fcornu@vallarta.cuc.udg.mx
216	183	X	X	X		Ocampo Torres Francisco Javier	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ocampo@cicese.mx
217	452	X	X			Ochoa De la Torre José Luis	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	lochoa@cicese.mx
218	455	X	X			Oda Noda Bertha	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	
219	782			X		Oesterreich Masuch	UANL	Ciencias de la Tierra		dmasuch@ccr.dsi.uanl.mx
220	714		X	X		Oleshko Klaudia	UNAM	Geología	Edafología	sieba@servidor.unam.mx
221	568	X	X	X	X	Orozco Esquivel María Teresa	UNAM	Geología		morozco@ccr.dsi.uanl.mx
222	665	X	X	X		Orta Francisco	APASCO	Ingeniería	Geología	
223	652			X		Ortega Guerrero Marcos Adrián	UNAM	UNICIT/Geología	Hidrogeología	maog@servidor.unam.mx
224	466			X		Ortega Rivera María Amabel	UNAM	UNICIT/Geología		amabel@servidor.unam.mx
225	713		X	X		Ortiz Alemán Carlos	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	carlosa@servidor.unam.mx
226	789			X		Ostrovnikov Mikhail	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Geología	
227	191	X	X	X	X	Pacheco Alvarado Francisco J.	UNAM	Geofísica	Sismología	javier@ollin.igeofcu.unam.mx
228	549	X				Padilla Arredondo Gustavo	CIBNOR	Unidad Guaymas	Geología	gpadilla@cibnor.mx
229	189		X			Palma Guzmán Sergio Hugo	CFE	Geotermia		
230	190		X			Palma Pérez Oswaldo	CFE	Geotermia		
231	201	X	X	X	X	Pavia López Edgar	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	epavia@cicese.mx
232	205		X			Payero De Jesús Juan S.	UASD		Física	jpayero@tricom.net
233	202	X				Paz Moreno Francisco A.	USON	Geología		paz@geologia.uson.mx
234	66	X				Pedrin Aviles Sergio	CIBNOR	Zona Costa	Geología Marina y Geoquímica	spedrin@cibnor.mx
235	286			X		Peláez Salvador Roberto	UNAM		Ingeniería	pelaez@yahoo.com
236	706		X			Peraza Vizcarra Ramón	UAS		Ciencias del Mar	
237	200	X		X		Pereyra Díaz Domitilo	UV	Meteorología Aplicada	Instrumentación Electrónica	dpereyra@speedy.coacadu.uv.mx
238	457		X	X		Pérez de Tejada Héctor	UNAM	CECIMAC	Física Espacial	hector@ifunam.fisicaen.unam.mx
239	463		X			Pérez Enriquez Román	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	roman@tonatuh.igeofcu.unam.mx
240	576			X		Pérez García Ismael	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	ismael@servidor.unam.mx
241	195		X	X		Pérez Rocha Luis Eduardo	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	
242	762			X		Pérez Sesma José Antonio A.	UV	Ciencias Atmosféricas		
243	197	X	X	X	X	Pérez Venzor José Antonio	UABCS	Ciencias del Mar	Geología	japerez@calafia.uabcs.mx
244	250	X	X			Peterson Villalobos Héctor	LIBRA			libra@telnor.net
245	204			X		Pola Simuta Cosme	UANL	Ciencias de la Tierra		
246	671	X				Prieto Mendoza Jesús José	UABCS			prieto@calafia.uabcs.mx
247	207	X				Quintero Legorreta Odranuel	UNAM	Geología	Geología Regional	odranuel@servidor.unam.mx
248	788	X	X		X	Ramírez Aguilar Isabel	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	iramirez@cicese.mx
249	674	X	X	X	X	Ramírez Hernández Jorge	UABC	Ingeniería	Ciencias de la Tierra	iramirez@csiam1.mxl.uabc.mx
250	638		X	X	X	Ramírez Herrera María Teresa	UNAM	Geografía	Geografía Física	mleresa@igiris.igeograf.unam.mx
251	496	X	X	X	X	Ramírez Ruiz Juan José	UCOL	Observatorio Vulcanológico		
252	211	X	X	X	X	Ramírez Trejo Ana Rosa				
253	212	X				Ramírez Vázquez Carlos Ariel	UCOL	CICBAS	RESCO	carlosr@cgc.ucol.mx
254	209			X		Ramos Jiménez Esteban	CENAPRED			erj@cenapred.unam.mx
255	693		X			Ramos Leal José Alfredo	IPN	CIIDIR OAXACA	Ingeniería Tecnológica	
256	208	X	X	X	X	Randall Roberts John	UGTO			randall@redes.imt.com.mx
257	213	X		X		Rebollar Bustamante Cecilio J.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	rebollar@cicese.mx
258	215	X	X	X	X	Reyes Dávila Gabriel Angel	UCOL	CICBAS	RESCO	gabrielr@cgc.ucol.mx
259	742					Reyes De la Gala Jorge	CICESE	Oceanología	Ecología	reyes@cicese.mx
260	746			X		Reyes Trujillo Javier	JACAMP	Programa de Corrosión Golfo de México		
261	595		X			Reyes Zamora César Alfonso	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	areyes@cicese.mx
262	221			X		Ripa Alsina Pedro	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ripa@cicese.mx
263	717	X				Rocha Fernández José Luis	UV	Ciencias Atmosféricas	Instrumentación Electrónica	abraxas@speedy.coacadu.uv.mx
264	490			X		Rodríguez Castañeda José Luis	UNAM	Geología		jrod@servidor.unam.mx
265	482	X				Rodríguez Castillo Ramiro	UNAM	Geofísica	Recursos Naturales	rrdz@tonatuh.igeofcu.unam.mx
266	579		X	X		Rodríguez González Miguel	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	rmrod@gea.lingun.unam.mx
267	225		X	X		Rodríguez Ramírez Joel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	joe@cicese.mx
268	698		X			Rodríguez Zúñiga José Luis	FJBS	Investigación Sísmica, A.C.	Coordinación de Geofísica	san@mpsnet.com.mx
269	497	X	X			Romero Espejel J.G. Héctor	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	hromero@cicese.mx
270	560	X				Romero Pascual Mercedes	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	romero@eucmos.sim.ucm.es

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000 (continuación)

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
181	157	Av. Maestros y Mariano Bárcena		Guadalajara	Jal.	México	44260	
182	677	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
183	319	625 W. Chestnut St.		Lancaster	PA	USA	17604	717
184	673	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	
185	2	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
186	748	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	453
187	408	Km 1, Carret. San Juan de la Costa	El Comitán	La Paz	B.C.S.	México	23000	128
188	156	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
189	630	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jal.	México	44130	
339	808	Las Lichis #1839	Fracc. La Campiña	Cullacán	Sin.	México	80060	
190	667	Campus Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
191	697	810 Pacific Ave.		Edinburg	TX	USA	78539	
192	436	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	453
193	164	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
194	427	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
195	631	A las Praderas 320	Prados Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
196	95	La Darse B-P #48		Villefranche sur Mer	Paris	France	06230	
197	709	Acueducto #63	Acueducto	México	D.F.	México	01120	
198	167	Apdo. Postal #311		Irapuato	Gto.	México	36500	311
199	414	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
200	450	Villa Florencia #54	Fracc. Solesares	Manzanillo	Col.	México	28869	
201	421	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
202	173	Yagrumo, Quinta Frailejón	Sta. María Sur	Mérida	Venezuela		05101	
203	619	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
204	608	1300, 30th, A1-24		Boulder	CO.	USA	80303	
205	439	Av. Delfín Madrigal #665	Pedregal de Santo Domingo	México	D.F.	México	04360	
206	160	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
207	682	Valle del Po #16	Valle de Aragón	Ecatepec	EdoMéx	México	55280	
208	434	Nogueira #1		Jalapa	Ver.	México	91000	
209	176	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
210	177	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
211	670	Apdo. Postal 592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592
212	609	Boulevard Las Plazas #75	F. Las Plazas	Guaymas	Son.	México	85430	
213	181	Tanganitos #1		Guanajuato	Gto.	México	36000	1-742
214	696	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
215	182	Apdo. Postal 96-B		Puerto Vallarta	Jal.	México		96-B
216	183	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
217	452	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
218	455	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
219	782	Km. 8, Carret. Linares-Cerro Prieto	Hacienda de Guadalupe	Linares	N.L.	México	67700	104
220	714	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
221	568	Carret. Cerro Prieto Km. 8	Hacienda de Guadalupe	Juriquilla	Qro.	México	76020	104
222	665	Campus Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	D.F.	México	11550	
223	652	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
224	466	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
225	713	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	14200	
226	789	Edif. U. Universidad Michoacana	Ciudad Universitaria	Morelia	Mich.	México	58000	52-B
227	191	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
228	549	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
229	189	Lic. Ángel Compers #65	Dr. Miguel Silva	Morelia	Mich.	México	58120	
230	190	El Greco #5181	Real Vallarta	Zapopan	Jal.	México	45020	
231	201	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
232	205	Ciudad Universitaria		Santo Domingo		Rep. Dominicana		
233	202	Apdo. Postal No. 847	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	847
234	66	Km 2.35, Camino al Tular	Estero de Bacochibampo	Guaymas	Son.	México	85465	349
235	286	J. Morelos 5a Sección		Ecatepec	EdoMéx	México		
236	706			Mazatlán	Sin.	México		
237	200	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	136
238	457	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	2681
239	463	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
240	576	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
241	195	Santa María #214	Maninaco	Azcapotzalco	EdoMéx	México		
242	762	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	
243	197	Km. 5.5 Carretera al Sur	Universitaria	La Paz	B.C.S.	México	23000	19-B
244	250	Boulevard Cuauhtémoc #3078-16	Gabilondo	Tijuana	B.C.	México	22420	
245	204	16 de Septiembre #606 Poniente		Linares	N.L.	México	67770	
246	671	Retorno Mango #1855	Infonavit	La Paz	B.C.S.	México	23070	
247	207	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
248	788	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
249	674	PO Box 1136		Calexico	CA	USA	92232	
250	638	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
251	496	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	
252	211	Apdo. Postal #343		Ajijic	Jal.	México	45920	343
253	212	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
254	209	Av. Delfín Madrigal #665	Coyoacán	México	D.F.	México	04360	
255	693	Av. Hornos #1003	Ampliación Indeco	Xoxocotlan	Oax.	México	71230	
256	208	Mineral de Valenciana #2	Marfil	Guanajuato	Gto.	México	36250	42
257	213	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
258	215	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	21694
259	742	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
260	746	Agustín Melgar s/n		Campeche	Camp.	México		
261	595	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
262	221	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
263	717	Altamirano #99	Centro	Jalapa	Ver.	México	91000	628
264	490	Misión de C. #14	Bachoco	Hermosillo	Son.	México	83148	
265	482	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
266	579	Rio Bamba #674	Lindavista	México	D.F.	México		70472
267	225	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
268	698	Carret. al Ajusco #203	Héroes de Padierna	México	D.F.	México	01400	
269	497	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
270	560	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000

No.	Miembro	1997	1998	1999	2000	Nombre	Institución	División o Instituto	Depto. o Facultad	E-mail
271	218	X	X	X	X	Romo Jones José Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	romo@cicese.mx
272	475	X		X		Ronquillo Jarillo Gerardo	IMP	Estudios Geológicos	Investigación Sismológica	gerardo@orion.expl.IMP.mx
273	611	X				Rosales Álvarez Julio	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto	Exploración	
274	610	X				Rosales Grano Pedro	SEP	Tecnológico del Mar	Investigación	
275	575	X			X	Rosas Elguera José	UDG	Ciencias de la Tierra		irosas@quantum.ucting.udg.mx
276	708			X		Royo Ochoa Miguel	UACH	Posgrado		mroyo@seidel.fing.uach.mx
277	639	X				Rubio Culebras Eduardo	CSIC	Ciencias de la Tierra		erubio@ija.csic.es
278	242	X	X	X	X	Sabina Ciscar Federico	UNAM	IMAS	Matemáticas y Mecánica	fjs@uxmym1.imas.unam.mx
279	228		X			Saldana Flores Ricardo	IEE	Fuentes Alternas de Energía	Fuentes No Convencionales	rsf@p.lee.org.mx
280	472	X				Saldivar Medina Eric	UMICH	Investigaciones Metalúrgicas	Ingeniería Química	
281	607			X		Salinas Prieto José Antonio	IMTA		Hidrometeorología	salinas@tjain.imta.mx
282	712		X			Sánchez Gómez Rubén	UDG	CUCEI	Físico Matemáticas	rubens@udgserv.cencar.udg.mx
283	226	X	X			Sánchez Moncló Alfredo	IMP		Exploración y Producción	alfredo_sanchez@hotmail.com
284	227		X		X	Sánchez Zamora Osvaldo	UNAM	Geofísica	Sismología	osvaldo@ollin.igeofcu.unam.mx
285	241	X				Santamaria Saldana Dora Elva	CFE			
286	527	X		X		Sarmiento López Citlali	IMP	Proceso Registros Geofísicos		
287	230	X	X	X	X	Schaaf Peter	UNAM	Geofísica	Exploración Geofísica	pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
288	727		X			Schultz David M.	NSSL	NOAA		schultz@nssl.noaa.gov
289	284			X		Shumilin Eugeny	IPN	CICIMAR	Oceanología	eshumilin@vmredipn.ipn.mx
290	233		X	X	X	Silva García José Teodoro	IPN	CIDIR	COFAA	tsilva@vmredipn.ipn.mx
291	1	X	X	X	X	Singh Shri Krishna	UNAM	Geofísica	Sismología	krishna@ollin.igeofcu.unam.mx
292	232		X	X		Skiba Yuri N.	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
293	512		X			Soler Arechalde Ana Maria	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	anesoler@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
294	234			X		Sosa Uscanga Ignacio	UV		Instrumentación Electrónica	
295	804			X		Sotelo Parra Anselmo	GOB. MORELOS	Protección Civil		
296	806			X		Staines Urias Francisca	UABC	Geología	Ciencias Marinas	
297	235	X	X	X		Steinich Birgit	UNAM	UNICIT	Campus Juriquilla	birgit@steinich.unicit.unam.mx
298	519	X	X	X	X	Stock Joanne M.	CALTECH	Seismology		istock@gps.caltech.edu
299	634	X				Suárez Arriaga Mario Cesar	CFE	Exploración	Modelado Matemático	geoexpl@morelia.teesa.mx
300	231		X	X	X	Suárez Plascencia Carlos	UDG	CUCSH	Geografía y Ordenación Territorial	csuarez@udgserv.cencar.udg.mx
301	515	X				Suárez Reynoso Gerardo	UNAM	Geofísica	Sismología	gerardo@ollin.igeofcu.unam.mx
302	236	X		X		Suárez Vidal Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	fsuarez@cicese.mx
303	502	X				Suter Cargnelutti Max	UNAM	Geología	Estación Regional del Noroeste	sutermx@aol.com.us
304	533			X		Talavera Mendoza Oscar	UAG	Ciencias de la Tierra		
305	705		X			Tapia Armenta Juan	IPN	CITEDI		jtapia@citedi.mx
306	249	X		X	X	Taran Yuri	UNAM	Geofísica	Vulcanología	taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
307	243				X	Téjeda Martínez Adalberto	UV		Ciencias Atmosféricas	atejeda.speedy.coacade.uv.mx
308	718			X		Téllez Duarte Miguel Ángel	UABC			
309	245	X	X	X	X	Tereshchenko Inna E.	UDG	CUCEI	Físico Matemáticas	itereshc@udgserv.cencar.udg.mx
310	532	X	X	X	X	Tolson Jones Gustavo	UNAM	Geología	Geología Regional	tolson@servidor.unam.mx
311	247			X		Torres Hernández José Ramón	UNAM	Geofísica		
312	604	X	X	X		Torres Orozco Ernesto	UCOL	Oceanografía Física	Ciencias Marinas	etorres@cgic.ucol.mx
313	692		X			Trana Pérez José Manuel				
314	528	X	X			Trasviña Castro Armando	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	trasvi@cicese.mx
315	622	X	X			Urrutia Fucugauchi Jaime	UNAM	Geofísica	Paleomagnetismo	ul@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
316	781			X		Vai Rossana	IMP			
317	548			X		Valdés González Carlos	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	carlosv@ollin.igeofcu.unam.mx
318	138	X	X	X	X	Valenzuela Wong Raúl	UNAM	Geofísica	Sismología	raul@ollin.igeofcu.unam.mx
319	531			X		Valle Levinson Arnoldo	OLD DOMINION U	Center for Coastal Physical O		arnoldo@ccpo.odv.edu
320	254	X	X	X	X	Vázquez González Rogelio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	rvazquez@cicese.mx
321	695		X	X		Vázquez Jaimes María Elena	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	
322	725		X			Vega Granillo Ricardo	USON	Geología		rickvega@geologia.uson.mx
323	545	X				Velasco Climaco Nector	IMP			nvelasco@cicese.mx
324	546			X		Venegas Salgado Saúl	CFE	Geotermia	Proyectos Geotermoelectricos	cfeint@mail.giga.com
325	738			X		Vera Sánchez Jorge Ramón	PEMEX	Exploración y Producción		
326	543	X		X		Verma Jaiswal Mahendra Pal	IEE	Geotermia		
327	171	X				Victoria Morales Alfredo	UNAM	Ingeniería		victoria@servidor.unam.mx
328	540	X	X	X		Vidal Villegas Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vidalv@cicese.mx
329	547	X	X			Villanueva Urrutia Elba Elsa	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	eevu@mivica.atmosfuc.unam.mx
330	648	X				Villegas García Cesar José	SCINTREX	Servicios Geofísicos Especializados	Consultor Geofísico	cvillega@intercable.net
331	255	X				Villicaña Cruz Francisco Javier	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
332	743			X		Watts Christopher	IMADES			
333	259	X	X	X		Wong Ortega Victor	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vwong@cicese.mx
334	376	X	X	X	X	Yussim Guarneros Sergio	UNAM	Geología	Geología Regional	yussim@servidor.unam.mx
335	262	X	X	X	X	Zarate Del Valle Pedro F.	UDG	Ciencias de la Tierra	Civil y Topografía	pzarate@quantum.ucting.udg.mx
336	707		X			Zarate Vázquez María	UNAM		Ingeniería	mariaz@servidor.unam.mx
337	93		X			Zavala Jorge	UNAM			jgs@servidor.unam.mx
338	261	X	X	X	X	Zobin Vyacheslav M.	UCOL	Observatorio Vulcanológico		vzobin@cgic.ucol.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C. - Miembros 2000 (continuación)

No.	Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
271	218	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
272	475	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México	07730	
273	611	Carret. Pascualito-Pescaderos Km 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	B.C.	México	21100	
274	610	Km 4, Carret. a Varadero Nacional	Sector Playitas	Guaymas	Son.	México	85480	742
275	575	Apdo. Postal 4-045	Sector Reforma	Guadalajara	Jal.	México	44840	4-045
276	708	Priv. Altamirano #3511	Santo Niño	Chihuahua	Chih.	México	31320	
277	639	Lluis Solé i Sabaris s/n		Barcelona	Barcelona	España	08028	
278	242	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	20726
279	228	Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1475
280	472	Ganadería La Laguna #38	Jardines del Toreo	Morelia	Mich.	México		
281	607	Paseo Cuauhnahuac #8532	Progreso	Jiutepec	Mor.	México	62550	
282	712	M. García Barragán y Corregidora		Guadalajara	Jal.	México	44421	
283	226	Apdo. Postal 224	Oficina Correo	Cd. del Carmen	Camp.	México	24101	224
284	227	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
285	241	Zaragoza #17	Tulyehualco	México	D.F.	México	16700	16700
286	527	Calle 42 #28	Tacubaya	Cd. del Carmen	Camp.	México		
287	230	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	70472
288	727	1313 Halley Circle		Norman	OK	USA	73069	
289	284	Apdo. Postal 592		La Paz	B.C.S.	México	23000	592
290	233	Justo Sierra #28		Jiquilpan	Mich.	México		
291	1	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
292	232	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
293	512	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
294	234	Loma del Estadio s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91000	136
295	804	8 Norte, Lote 11, Manzana 262	Los Robles	Jiutepec	Mor.	México	62500	
296	806	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	453
297	235	Campus Juriquilla/Dom. Conocido		Juriquilla	Qro.	México	76001	1-742
298	519	2824 Shakespeare Drive		San Marino	CA.	USA	91108	
299	634	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	7-31
300	231	Kilimanjaro #1727	Independencia	Guadalajara	Jal.	México	44240	
301	515	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
302	236	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
303	502	1650 West Chimayo Place		Tucson	AZ.	USA	85704	
304	533	Ex-hacienda de San Juan Bautista	Taxco el Viejo	Taxco	Gro.	México	40200	197
305	705	Av. del Parque #1310	Mesa de Otay	Tijuana	B.C.	México	22510	
306	249	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
307	243	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Ver.	México	91090	465
308	718	Km 106, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22830	
309	245	Rio Aulán #2180-34	Atlas	Guadalajara	Jal.	México	44421	4-040
310	532	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
311	247	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
312	604	Constitución #37	Morelos	Manzanillo	Col.	México	28217	
313	692							
314	528	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
315	622	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
316	781	Eje Central Lázaro Cárdenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	D.F.	México		
317	548	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
318	138	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
319	531	768 52nd ST		Norfolk	VI	USA	23529	
320	254	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
321	695	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
322	725	Blvd. Transversal y Rosales	Centro	Hermosillo	Son.	México	83000	
323	545	Calle 42 #28	Tacubaya	Cd. del Carmen	Camp.	México		2732
324	546	Alejandro Volta #655	Electricistas	Morelia	Mich.	México	58290	7-31
325	738	Isidoro Olvera # 26	Presidente Ejidal	México	D.F.	México	440	
326	543	Reforma #113	Palmira	Temixco	Mor.	México	62490	1-475
327	171	Luis Martínez del Campo #39	Romero de Terreros	México	D.F.	México	04310	
328	540	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
329	547	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
330	648	Sierra Nevada #207	Villas del Valle	Garza García	N.L.	México	66288	
331	255	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
332	743	Reyes y Aguascalientes s/n		Hermosillo	Son.	México	83190	
333	259	Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	B.C.	México	22860	2732
334	376	Atotonilco #88	Felipe de Jesús	México	D.F.	México	07510	
335	262	Av. Revolución #1500		Guadalajara	Jal.	México	44410	4021
336	707	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	D.F.	México	04510	
337	93	Parque del Conde #12	San José Insurgentes	México	D.F.	México	03900	
338	261	Av. 25 de Julio #965	Villas San Sebastián	Colima	Col.	México	28045	

2A. REUNIÓN NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA

PUERTO VALLARTA, JAL., MÉXICO
30 DE OCTUBRE AL 03 DE NOVIEMBRE DEL 2000

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, A.C.
ASOCIACIÓN MEXICANA DE GEÓLOGOS PETROLEROS, A.C.
UNIÓN MEXICANA PARA ESTUDIOS DEL CUATERNARIO

SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, A.C.
SOCIEDAD MEXICANA DE MINERALOGÍA
ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA



FECHA LÍMITE PARA RECIBIR RESÚMENES 5 DE AGOSTO DEL 2000
TANTO LOS RESÚMENES PARA LAS SESIONES ESPECIALES COMO PARA LAS GENERALES
DEBERÁN ENVIARSE A: ugm@cicese.mx O POR INTERNET.

SESIONES ORALES Y DE POSTERS SOBRE:

- ATMÓSFERA
- TIERRA SÓLIDA
- ESPACIO EXTERIOR
- OCEANOGRAFÍA
- MODELACIÓN NUMÉRICA

SESIONES ESPECIALES:

INTERESADOS EN COORDINAR UNA DE ÉSTAS DEBERÁN SOMETER SU PROPUESTA AL COMITÉ ORGANIZADOR ANTES DEL 1 DE MAYO. LOS TEMAS DE ESTAS SESIONES APARECERÁN EN LA PÁGINA DE INTERNET A PARTIR DEL 10 DE MAYO.
ENVIAR SOLICITUD A VÍCTOR M. FRÍAS: ugm@cicese.mx

LAS PONENCIAS TENDRÁN UNA DURACIÓN DE 15 MINUTOS, INCLUYENDO DISCUSIÓN. TANTO PARA LOS TRABAJOS ORALES O DE POSTERS, DEBERÁ PRESENTARSE UN RESUMEN POR ESCRITO CON EL FORMATO DISPONIBLE EN:
<http://www.ugm.org.mx>.

COSTOS

INSCRIPCIÓN A LA REUNIÓN:

MIEMBROS DE UNA SOCIEDAD ORGANIZADORA O LA AGU:	\$ 850.00
NO MIEMBROS:	\$ 1,100.00
ESTUDIANTES:	\$ 550.00
COSTO POR RESUMEN:	\$ 150.00

INFORMACIÓN COMPLETA EN LAS SIGUIENTES DIRECCIONES:

<http://www.ugm.org.mx>
<http://www.igeofcu.unam.mx/sgm/>

INFORMACIÓN ADICIONAL:

ARACELI CHAMAN, IGFUNAM
E-MAIL: achaman@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
TEL.: 5622-4130 Y 5622-4137
BÁRBARA URIBE O IVONNE PEDRIN, CICESE
E-MAIL: buribe@cicese.mx o ipedrin@cicese.mx
TEL.: (6) 174-5050, EXT.: 26301 o 26004

HOTEL SEDE: CAMINO REAL PUERTO VALLARTA
PUERTO VALLARTA, JAL., MÉXICO
REGISTRO AL EVENTO DESDE EL 29 DE OCTUBRE EN EL HOTEL SEDE

RESERVACIONES: TEL: 01 (322) 15-000, FAX: 01 (322) 16-000

COSTO DIARIO POR HABITACIÓN DOBLE O SENCILLA:

\$ 650.00 + IMPUESTOS Y PROPINAS (\$45.00 A BELLBOYS ENTRADA Y SALIDA Y \$25.00 A CAMARISTAS POR NOCHE).
PARA RESERVACIONES LLENAR EL FORMATO ANEXO Y ENVIAR VÍA FAX DIRECTAMENTE AL HOTEL.

REGISTRO AL EVENTO DESDE EL 29 DE OCTUBRE EN EL HOTEL SEDE



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



**RESPONSABLE: QUÍM. RUFINO LOZANO SANTA CRUZ
DEPTO DE GEOQUÍMICA**

**Cd. Universitaria, C.P. 04510, México, D.F.
Fax: (5)622-4317
E-mail: rufino@servidor.unam.mx**

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

25 Elementos Mayores y Traza

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

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

10 Elementos Mayores y Pérdida por Calcinación o 15 Elementos Traza

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

Determinaciones Complementarias

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

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

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

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

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



Posgrado

Maestría y Doctorado en Ciencias de la Tierra

GEOLOGÍA

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

GEOFÍSICA APLICADA

Exploración Geofísica
Simulación Numérica
Problemas Inversos
Electromagnetismo
Geofísica Marina
Geohidrología

SISMOLOGÍA

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

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

Para mayores informes dirigirse a:

CICESE

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



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



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

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

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

SEDE

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

BECAS

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

INFORMES E INSCRIPCIONES

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

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

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

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

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



Maestría y Doctorado en Ingeniería Hidráulica



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

Las asignaturas que se imparten son, entre otras:

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

*Irrigación y Drenaje
Geohidrología
Métodos Numéricos
Obras Hidráulicas*

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

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

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

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

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

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

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

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



ASOCIACIÓN GEOTÉRMICA MEXICANA

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

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

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

POLÍTICA EDITORIAL

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

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

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

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

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

RESUMEN

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

INTRODUCCIÓN

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

METODOLOGÍA

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

RESULTADOS

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

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

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

REFERENCIAS

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

FORMATO PARA CITAS

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

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

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

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

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

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

UNIDADES

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

densidad en g/cm³

presión en bar

intensidad del campo magnético en gammas

EXPRESIONES MATEMÁTICAS

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

FIGURAS

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

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

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

GEOS



FORMA DE ARBITRAJE (CUALQUIER TIPO DE TRABAJO)

AUTOR (ES): _____

TITULO: _____

	SI	NO	PARCIALMENTE
1.- ¿Contiene el trabajo datos o ideas originales que ameriten su publicación en una revista especializada?	☐	☐	☐
2.- ¿Como la clasificaría? 1) Investigación, 2) Divulgación, 3) Noticia	☒	☒	☒
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 2000 es de \$350.00 para investigadores
y \$250.00 para estudiantes.**

página internet: www.ugm.org.mx

Favor de hacer llegar su cuota a:

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

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

Con un cordial saludo

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

GEOS

Revista a la venta con:

Bárbara Uribe Martínez
Ivonne Pedrin Morales
División de Ciencias de la Tierra
Tel: 01(6)174-4501 al 08
Ext: 26301 - 26004

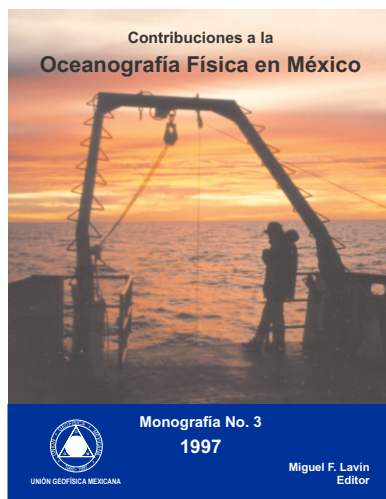
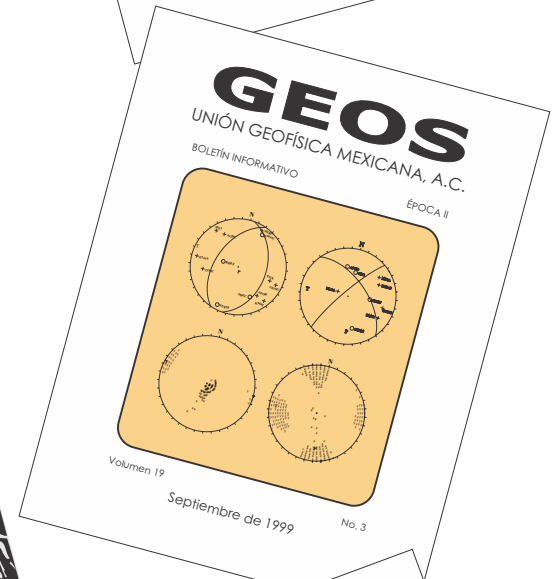
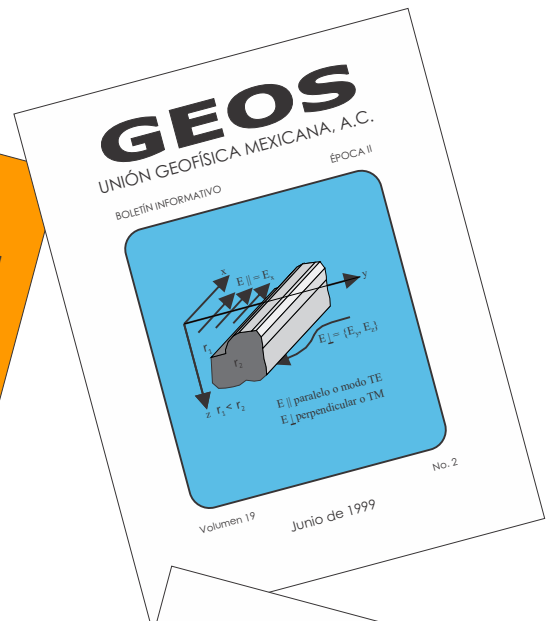
E-mail: buribe@cicese.mx - ipedrin@cicese.mx



Costo del ejemplar \$60.00

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





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