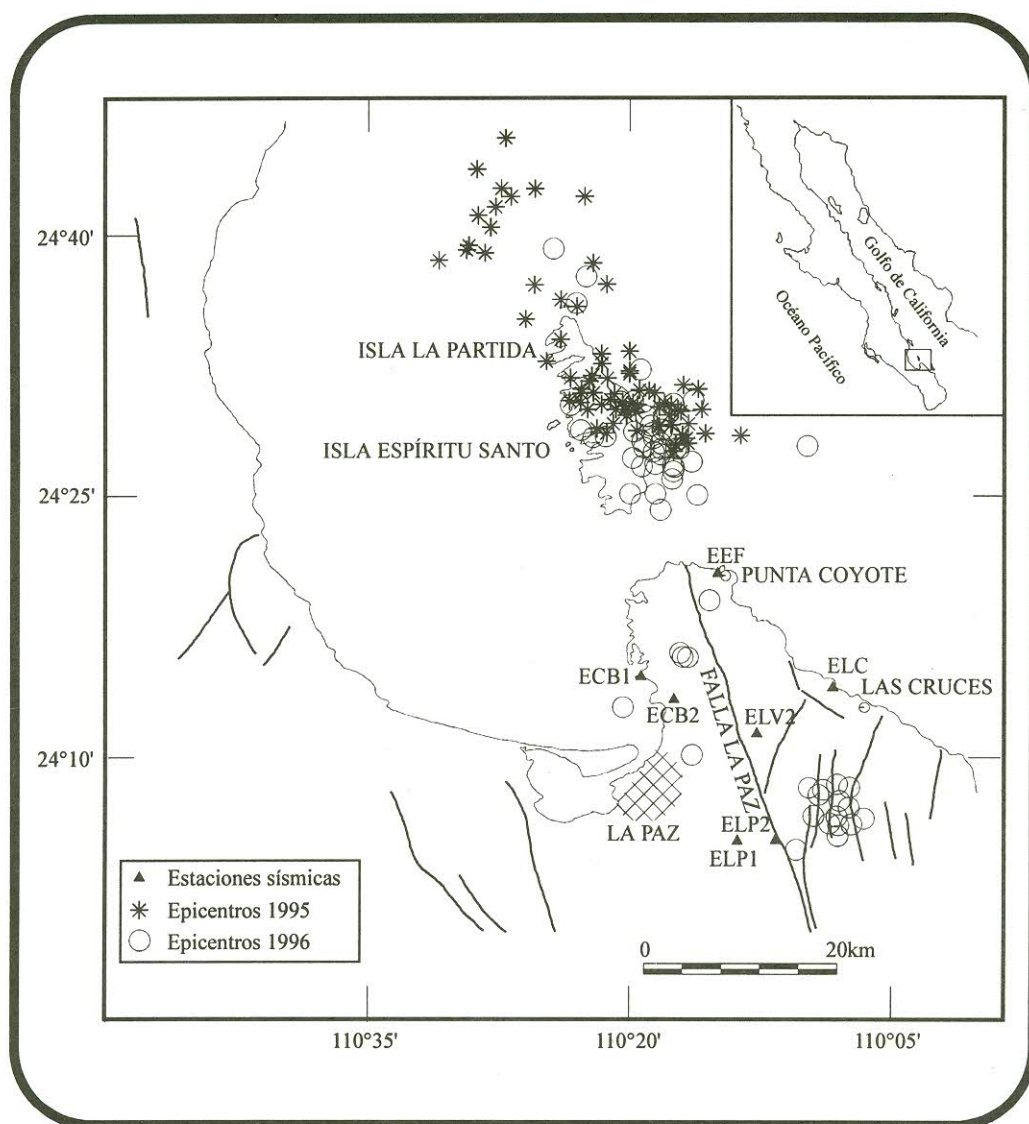


GEOS

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA

BOLETÍN INFORMATIVO

ÉPOCA II



Volumen 17

No. 1

Marzo de 1997

GEOS
BOLETÍN INFORMATIVO DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA
(ISSN 0186-1891)

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA
MESA DIRECTIVA 96-97

Dr. Juan Manuel Espíndola Castro
Presidente

Dr. Jose Gómez Valdés
Vicepresidente

Dr. Marco Guzmán Speziale
Secretario General

Dr. Juan García Abdeslem
Tesorero

Dr. Cosme Pola Simuta
Secretario de Investigación

M.C. Luis Alberto Delgado Argote
Secretario de Difusión

M.C. Javier Lermo Samaniego
Secretario de Educación

APOYO EDITORIAL Y TÉCNICO
Victor Manuel Frías Camacho

Luis A. Delgado Argote y Juan García Abdeslem
Editores

COMITE EDITORIAL

Harald Bohnel, Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM
Juan Brandi, Reflexión Sísmica, DESFI, UNAM
Silvia Bravo, Estudios Espaciales, Instituto de Geofísica, UNAM
Gerardo Carrasco, Vulcanología, Instituto de Geología, UNAM
Ana Luisa Carreño, Paleontología, Instituto de Geología, UNAM
Luis Munguía Orozco, Sismología, Div. de Ciencias de la Tierra, CICESE
Ricardo Díaz N., Exploración Geofísica, IMP
Hubert Fabriol, Geotermia, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Carlos Flores, Métodos Eléctricos y Electromagnéticos, CICESE
José Luis Frías Salazar, Cartografía, INEGI
Juan García A., Gravimetría y Magnetometría, CICESE
René Garduño, Ciencias de la Atmósfera, UNAM
Juan Gaviño, Oceanografía Física, CEUNIVO, UCOL
Manuel Grajales N., Estratigrafía, IMP
Irma Guevara, Geoquímica, IIE
Alejandro Hinojosa, Sistemas de Información Geográfica, CICESE
Miguel Lavín, Oceanografía, División de Oceanología, CICESE
Alberto López, Astronomía, Instituto de Astronomía, UNAM
Luis Miguel Mitre, Geología Ambiental, Instituto de Geología, UNAM
Guillermo Pérez, Exploración Petrolera, PEMEX
Domitilo Pereyra, Meteorología, Universidad Veracruz-Jalapa
Francisco José Sánchez Sesma, Ingeniería Sísmica, UNAM
Mario César Suárez, Geotermia, CFE
Oscar Talavera, Petrología, Universidad Autónoma Guerrero
Miguel Téllez, Sedimentología, UABC
Gustavo Tolson, Geología Estructural, Instituto de Geología, UNAM
Joerg Werner, Geohidrología y Paleoclimatología, UANL, Linares

GEOS, Boletín Informativo de la Unión Geofísica Mexicana 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, 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 trabajos de investigación enviados para publicación no deben de exceder doce páginas en el formato de la revista. Las figuras deben de ser en blanco y negro y de buena calidad.

En el caso de noticias, comentarios u otro tipo de escritos, los manuscritos no deben de exceder cuatro cuartillas. Los trabajos y notas de investigación deberán ser enviados a los editores, quienes turnarán los documentos a los editores de área para su arbitraje.

Toda correspondencia dirigirla a:

División de Ciencias de la Tierra
At'n: Luis A. Delgado Argote.
Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada,
Ensenada, 22860, Baja California, México
Tel. (61) 744-501 al 05, Ext. 26020
FAX: (61) 744-933
E-mail: ldelgado@cicese.mx

INDICE

EDITORIAL	1
ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN	
LOS PELIGROS VOLCÁNICOS Y SU MITIGACIÓN	2
Gerardo Carrasco Núñez	
GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA Y SU RELACIÓN CON LA PETROGÉNESIS DE ROCAS ÍGNEAS: MODELOS CUANTITATIVOS DE PROCESOS MAGMÁTICOS	14
María del Sol Hernández Bernal, Gustavo Tolson y Gabriela Solís Pichardo	
RED SÍSMICA TEMPORAL DE LA PAZ: BOLETÍN DE INFORMACIÓN SÍSMICA (SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 1996)	23
Luis Munguía-Orozco, Tito Valdéz-López, Miguel Navarro-Sánchez, Arturo Cruz-Falcón y Sergio Mayer-Geraldo	
LA ASTRONÁUTICA Y LA FÍSICA ESPACIAL	29
Oscar García Zarco	
NOTAS CORTAS	
LOS SISTEMAS DE ESTIMULOS, LA CREATIVIDAD Y LA ORTODOXIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN MÉXICO	33
J. Urrutia Fucugauchi	
REPORTES	
SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO	35
GRUPO RESNOM	
NOTICIAS DE LA UGM	
INFORME FINANCIERO UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA 1996	37
DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 1997	38
PREMIOS DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA	42
COMUNICACIONES	
ANUNCIOS	44
INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	50
FORMA DE ARBITRAJE	52

EDITORIAL

LA REUNION DE CONGRESOS DE CIENCIAS DE LA TIERRA

En la Asamblea General de la Reunión Anual 1996 de la UGM se discutió, entre otros temas, la organización de una sociedad o unión de las varias sociedades académicas relacionadas con las Ciencias de la Tierra en México. En el país existen más de ocho agrupaciones de Ciencias de la Tierra cuyos núcleos están conformados principalmente por miembros pertenecientes a instituciones académicas, y más de siete cuyos núcleos están mejor definidos por miembros pertenecientes a las áreas de exploración y explotación de recursos naturales, o de aplicación de técnicas geológico-geofísicas. Se comentaron varios argumentos para buscar una fusión. Entre los principales, destacan el reconocer que los profesionales de la Ciencias de la Tierra forman una comunidad relativamente pequeña para el número de sociedades existentes; que cada sociedad organiza de manera separada una reunión con distintas sedes y calendarios; que es común que una persona pertenezca a varias sociedades; que los recursos institucionales permiten, en general, la participación en no más de uno de las distintos congresos que se organizan en el país. Esta situación nos mueve a promocionar la organización de reuniones más grandes que convoquen a reuniones paralelas en donde personas con intereses en varias disciplinas puedan satisfacerlos en un solo periodo. Un congreso donde la mayor parte de las disciplinas de las Geociencias se concentre, no solo permite la optimización de recursos, sino que promueve las relaciones interdisciplinarias. Sin embargo, es importante en un congreso "general" preservar la identidad de cada una de las sociedades con la finalidad de que en cada una de ellas se discuta la problemática específica del área de conocimiento de cada agrupación.

Una de las consecuencias esperadas de reuniones generales sería conformar grupos editoriales más completos que nos permitan fortalecer, o unificar, a las también diversas, y en su mayoría poco impactantes, revistas de geociencias.

Es importante reconocer en este esfuerzo que no se trata de desaparecer lo ya formado, sino de unificar las partes.

Esperamos poder hacer un llamado formal en 1998 a las distintas sociedades de geociencias para acordar la mejor forma de lograr la organización de congresos con mayor capacidad de convocatoria.

LOS PELIGROS VOLCÁNICOS Y SU MITIGACIÓN

Gerardo Carrasco Núñez

Instituto de Geología, U.N.A.M., Cd. Universitaria, circuito científico, 04510 México, D.F.

Email: gerardoc@servidor.unam.mx

INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta es afectado por una gran variedad de desastres naturales, así como por otros que resultan de la intervención directa o indirecta del hombre. Las catástrofes naturales más frecuentes se deben a perturbaciones atmosféricas que ocasionan inundaciones e impresionantes tormentas responsables de un gran número de muertes. Las sequías y los terremotos son los desastres naturales más frecuentes y que más muertes ocasionan (Tilling, 1993).

Comparados con estos desastres, la actividad volcánica queda en un segundo plano de importancia, pues los eventos son menos frecuentes y sus efectos sobre la población en términos de muertes y pérdidas materiales son notablemente menores. A pesar de ello, cada día existe un mayor número de personas que se encuentran potencialmente expuestas a la ocurrencia de un desastre ocasionado por una actividad volcánica inesperada. Esto se debe en parte a que, a pesar de los grandes avances científicos y tecnológicos en geociencias, la población ha crecido de manera exponencial y, en muchos casos, ésta ha tendido a concentrarse preferencialmente en las regiones fértiles que se forman como resultado de la actividad volcánica, incrementando así las posibilidades de que al haber un evento eruptivo éste pueda ser cada vez más desastroso.

Existen aproximadamente 650 volcanes que han hecho erupción en tiempos históricos y han afectado a aproximadamente 300,000 personas en todo el mundo. De estos volcanes, aproximadamente 50 entran en actividad cada año, aunque sin causar grandes daños. Alrededor del 70 % de las muertes ocurridas en el presente siglo por causa de erupciones volcánicas están asociadas a solamente dos erupciones catastróficas: Monte Peleé en 1902 y Nevado de Ruiz en 1985 (Tilling, 1993). El promedio de personas muertas por año debido a erupciones volcánicas para este siglo es de 880, lo cual muestra un incremento con relación a los siglos pasados que era de 620 (Blong, 1984), siendo evidente que para épocas pasadas los peligros indirectamente asociados al vulcanismo fueron la causa principal de las muertes. Las cifras anteriores también reflejan los avances en las comunicaciones y la pronta asistencia internacional ante las catástrofes naturales.

Siendo ésta la Década Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, existe una preocupación a nivel mundial por aplicar programas efectivos para aliviar los efectos originados por los desastres naturales. En México, la violenta reactivación del volcán Chichón en Chiapas en 1982, que causó

la muerte de alrededor de 2,000 personas, ha sido el único evento volcánico reciente de tipo catastrófico. El país cuenta con otros 9 volcanes activos, con mayor o menor actividad, que pueden reanudar su actividad eruptiva en cualquier momento, lo que hace imprescindible la puesta en marcha de programas efectivos de mitigación volcánica.

PELIGROS VOLCÁNICOS

Existen varios tipos de eventos volcánicos de gran peligrosidad que requieren ser estudiados en sus características reológicas, origen y mecanismos de emplazamiento para poder llevar a cabo una evaluación más adecuada de los peligros potenciales que pueden representar para una región volcánicamente activa. Se habla de evaluación de peligros y no de riesgos, ya que este último término implica la posibilidad de pérdidas, sean humanas o materiales. Entonces, el riesgo implica la conjugación de 3 factores: la población y los bienes materiales amenazados, la vulnerabilidad o proporción de posible afectación, y la probabilidad de ocurrencia de un peligro volcánico determinado (Fournier d'Albe, 1979).

Cuando se piensa en volcanes, se considera generalmente que los productos que ellos emiten se restringen primordialmente a flujos de lava y a emisión de cenizas que son comúnmente dispersadas por los vientos prevaecientes al momento de ocurrir una erupción. Esto es verdad si se toma en cuenta la erupción de volcanes pequeños como el Parícutín que, durante un periodo de 9 años, arrojó apreciables cantidades de ceniza, al igual que algunos derrames de lava. Sin embargo, existe una amplia gama de volcanes, desde aquellos a los que se asocia una actividad casi exclusivamente de naturaleza efusiva, consistente en la emisión tranquila de lavas relativamente fluidas (como en el caso de los volcanes hawaianos), hasta volcanes altamente explosivos que emiten volúmenes considerables de materiales volcánicos como las calderas resurgentes del tipo de Los Hornos, Puebla o Amealco, Querétaro. Los volcanes mexicanos de gran tamaño que caracterizan el paisaje de la parte central del país (Popocatepetl, Citlaltépetl, Nevado de Toluca, La Maliche, Volcán de Colima, etc.) están constituidos por capas alternantes de depósitos piroclásticos y lavas, y son conocidos como estratovolcanes. Estos volcanes muestran una evolución muy compleja que les permite tener periodos largos de actividad, separados por periodos prolongados de reposo. Este tipo de volcanes, así como algunos otros de naturaleza explosiva, presentan una gran variedad de otros peligros, algunos de ellos relacionados directamente con la actividad volcánica, mientras

que otros son el resultado indirecto de la misma. Los principales peligros asociados con la actividad volcánica están sintetizados en la Tabla 1 y son descritos más adelante.

Los peores desastres asociados a eventos volcánicos peligrosos, contrariamente a lo que podría suponerse, no se relacionan a la emisión de flujos de lava o de material piroclástico de caída, sino a eventos como los flujos piroclásticos y los flujos de lodo.

En la Tabla 1 se describen los distintos peligros volcánicos.

Tabla 1. Principales peligros volcánicos

A. Peligros directamente asociados a la actividad volcánica:

- a) Flujos de lava y domos volcánicos
- b) Flujos piroclásticos
- c) Oleadas piroclásticas (surges) y explosiones dirigidas
- d) Flujos de lodo y lahares
- e) Avalanchas de escombros
- f) Caída de tefra y de proyectiles balísticos
- g) Gases volcánicos
- h) Sismos volcánicos

B. Peligros indirectamente asociados a la actividad volcánica:

- a) Flujos de lodo e inundaciones
- b) Tsunamis (maremoto)
- c) Efectos atmosféricos
- d) Hambre y enfermedades

A) PELIGROS DIRECTAMENTE ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

a) Flujos de lava y domos volcánicos

Los flujos de lava son corrientes de material fundido que se desplazan a velocidades que varían dependiendo de su composición. Varían desde unos cuantos metros hasta cientos de metros por hora para lavas de composición silícica, hasta varios kilómetros por hora para lavas basálticas. Sólo en casos excepcionales los derrames de lava pueden alcanzar velocidades que rebasen los 30 km por hora, como las estimadas en el volcán Nyragongo, Zaire, en donde perecieron 300 personas (Tazieff, 1977). La distribución y morfología de los derrames de lava están determinados por la tasa a la que son extrudidas, esto es, a la cantidad de material emitido en un tiempo determinado. Entre mayor sea la tasa de efusión, mayor será el área cubierta por los flujos de lava. Las lavas dacíticas o riolíticas suelen formar lavas gruesas y de corta extensión y tienden a desarrollar estructuras verticales más que horizontales formando los domos volcánicos; en contraste, las lavas basálticas son más extensas y delgadas.

Los flujos de lava pueden causar serios daños materiales por efecto de sepultamiento, destrucción e incendio. En algunos casos pueden bloquear corrientes fluviales, formando represas naturales, cuyo rompimiento puede causar inundaciones a mediana escala. A pesar de ello, todos los flujos de lava son considerados, en general, como materiales relativamente

viscosos, cuyos efectos pueden ser eventualmente controlados, aplicando medidas de mitigación apropiadas.

b) Flujos piroclásticos

Son corrientes incandescentes con una alta concentración de partículas piroclásticas transportadas en un medio gaseoso altamente fluidizado, que se desplazan a grandes velocidades por las pendientes de los volcanes, arrasando y quemando todo lo que se encuentra a su paso. El flujo principal va comúnmente acompañado por una nube compuesta por cenizas que llega a extenderse más allá de los límites del depósito principal de flujo.

Los flujos piroclásticos son comúnmente canalizados a través de los valles y barrancas circundantes a un volcán; sin embargo, cuando son muy voluminosos, o contienen gran cantidad de gases, estos últimos le imprimen un carácter altamente energético que permite que los flujos piroclásticos sean capaces de remontar barreras topográficas de hasta cientos de metros (Figura 1). El desastre más importante asociado con el emplazamiento de flujos piroclásticos ocurrió en 1903, en la ciudad de San Pierre, Martinica; en donde alrededor de 29,000 personas perdieron la vida al hacer erupción el volcán Peleé (Tilling, 1993).

c) Oleadas piroclásticas (surges) y explosiones dirigidas

Las oleadas piroclásticas son corrientes turbulentas incandescentes similares a los flujos piroclásticos, pero con mayor cantidad de gases que le imprimen al flujo un carácter altamente energético, que también les permite sobrepasar obstáculos topográficos de hasta cientos de metros de altura. Su capacidad de sobrepasar obstáculos topográficos depende del volumen del material involucrado, su contenido de gases y la distancia del centro emisor. Se ha demostrado que su emplazamiento sigue muchas veces una especie de movimiento ondulatorio turbulento similar a oleajes de gran energía.

Las oleadas pueden ser calientes o frías. Las calientes están asociadas generalmente a flujos piroclásticos (Figura 1) formándose, en su frente una nube de ceniza que acompaña al flujo en su parte superior, o al colapso gravitacional de una columna eruptiva. En cambio, las oleadas piroclásticas frías son el resultado de actividad freática o freatomagmática, cuando el agua subterránea es calentada por una fuente de calor y produce explosiones violentas dirigidas lateralmente que dan lugar a la formación de mares, conocidos en México como xalapascos.

Las explosiones dirigidas lateralmente son ocasionadas por una súbita despresurización del sistema magmático, que arroja de manera violenta corrientes infladas de gases y partículas fragmentarias, las cuales se desplazan a muy altas velocidades (mayores a los 100 km/h). Estos flujos son similares en muchos aspectos a las oleadas y a los flujos piroclásticos. Se ha observado que, en algunas ocasiones, las explosiones dirigidas lateralmente están acompañadas por una gran onda de choque atmosférica que, dependiendo de su intensidad, podría causar

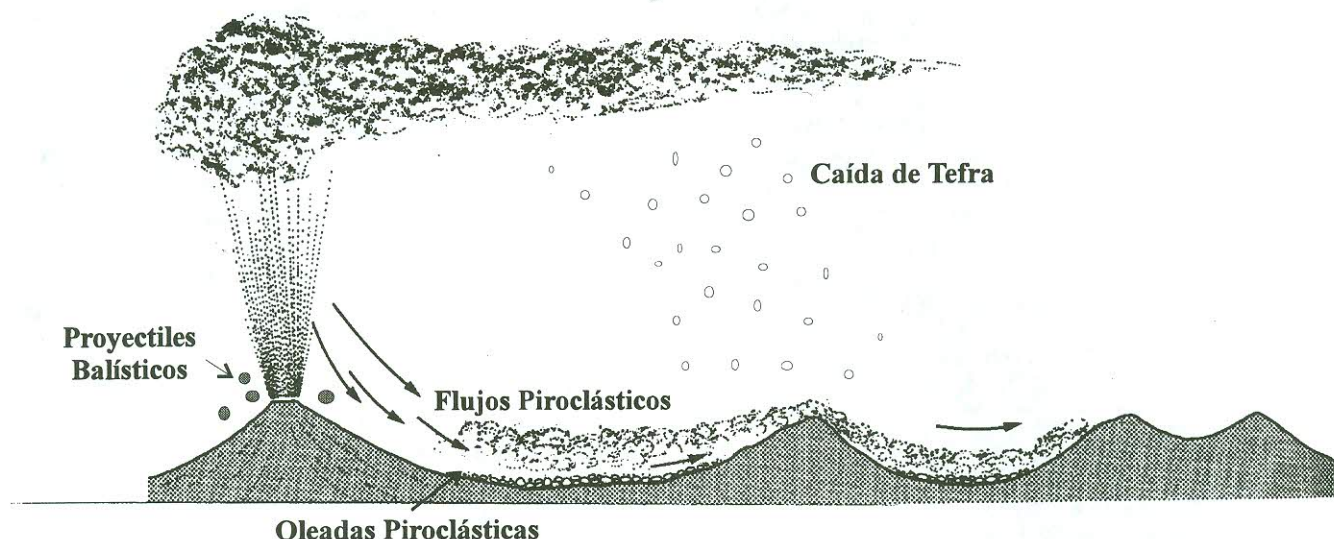


Figura 1. Esquema idealizado de los fenómenos eruptivos principales asociados a un evento volcánico de naturaleza explosiva que produce una columna eruptiva.

daños a estructuras cercanas. El ejemplo más reciente de este fenómeno ocurrió en la erupción del Monte Santa Helena, Washington en 1980 (Hoblitt et al., 1981).

d) Flujos de lodo y lahares

Son corrientes formadas por una mezcla de agua y una alta concentración de fragmentos rocosos derivados de un área volcánica que fluyen rápidamente por el drenaje que rodea a los volcanes. La formación de lahares o flujos de lodo requiere de 3 ingredientes esenciales: 1) agua, 2) materiales sueltos o recién desintegrados por efecto de actividad explosiva y 3) laderas de pendiente alta.

Los flujos de lodo se pueden asociar directa o indirectamente a la actividad volcánica (Tabla 2). Es común que se formen durante las erupciones, cuando cuerpos de agua o nieve son invadidos por flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas o avalanchas de escombros, produciendo una mezcla densa con la consistencia parecida a la del cemento que, a pesar de su alta viscosidad aparente, se mueven a altas velocidades por los canales del drenaje, y pueden extenderse más allá de los radios de distribución de otros productos piroclásticos.

Uno de los desastres volcánicos más recientes fue originado en Armero, Colombia en 1985, cuando el volcán Nevado de Ruiz tuvo una erupción explosiva moderada que emitió flujos piroclásticos que rápidamente erosionaron la parte superior del casquete de hielo que corona su cima. Se formaron lahares que se canalizaron por las barrancas circundantes y alcanzaron en menos de 3 horas la ciudad de Armero, localizada a 72 km del cráter, y mató a más de 23,000 personas (Pierson et al., 1990).

Tabla 2. Origen de los flujos de lodo o lahares.

I. Resultado directo e inmediato de una erupción:

1. Erupción a través de un lago, o de un cuerpo de hielo.
2. Lluvias intensas durante la erupción.
3. Flujo de materiales calientes sobre ríos, o sobre nieve o hielo.

II. Indirectamente relacionado a una erupción:

1. Desplazamiento de detritos saturados en agua provocados por temblores.
2. Desbordamiento y rápido drenaje de lagos cercanos a un cráter.
3. Pérdida de agua de grandes avalanchas originadas por el colapso de un sector del volcán.

III. No relacionado a actividad volcánica contemporánea:

1. Movilización de partículas sueltas por lluvia o agua de fusión de hielo.
2. Colapso gravitacional de detritos inestables saturados en agua y ricos en arcillas.
3. Desbordamiento de presas por sobrecarga.
4. Intemperismo y erosión activos en relieves pronunciados.
5. Colapso súbito por efecto de congelación y fusión de hielo y nieve.

e) Avalanchas de escombros

Son deslizamientos en masa de partes completas del volcán originados por el colapso sectorial del edificio volcánico (Figura 2), inducido ya sea por intrusiones magmáticas, por alteración hidrotermal debido a una intensa actividad fumarólica, por terremotos, o por otras condiciones que favorecen la inestabilidad del edificio (Tabla 3). Estos eventos representan escenarios catastróficos en los que suelen combinarse otros procesos volcánicos en forma casi simultánea (oleadas y flujos piroclásticos) como ocurrió en el caso del Monte Santa Helena, Washington en 1980 (Lipman y Mulineaux, 1981). Aunque estos eventos suelen estar acompañados por actividad sísmica precursora y una notoria deformación del flanco en donde podría

favorecerse su colapso, en muchas ocasiones han ocurrido sin alguna señal premonitoria, por lo que su eventual ocurrencia debe ser evaluada con atención.

Los depósitos de avalancha tienen comúnmente una amplia distribución llegando en algunos casos, como en el Popocatepetl, a alcanzar distancias mayores a los 70 km (Siebe et al., 1995).

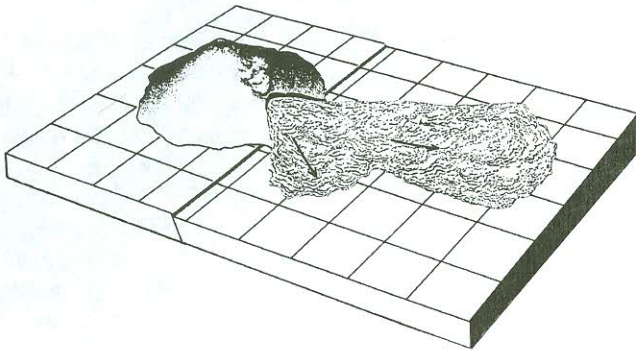


Figura 2. Ocurrencia de un depósito de avalancha producido por el colapso parcial de un edificio volcánico. En este caso particular, la presencia de una zona de falla en el subsuelo favorece la destrucción parcial de uno de los flancos del volcán.

Tabla 3. Inestabilidad de un edificio volcánico.

A. Condiciones que favorecen el colapso estructural de un edificio volcánico.

1. Intrusión magmática
2. Alteración hidrotermal intensa debida a actividad fumarólica
3. Cambios en el gradiente de presión de poro (saturación de agua)
4. Erosión de pendientes de soporte y pendientes muy fuertes
5. Fracturamiento por congelamiento de hielo
6. Carga de hielo y nieve
7. Distribución concéntrica de domos, conos o fracturas
8. Fracturamiento radial y distribución de diques
9. Efecto de contrarefuerzo producido por:
 - a) parejas de volcanes
 - b) orientación del sustrato rocoso

B. Mecanismos que provocan el colapso del edificio volcánico

MAGMÁTICOS

- a) Intrusión magmática y deformación
- b) Erupción
- c) Explosión dirigida lateralmente
- d) Temblores volcánicos

NO MAGMÁTICOS

- a) Inestabilidad de taludes
- b) Estructurales
 1. Denso fracturamiento
 2. Saturación de agua
 3. Fusión de hielo y nieve
- c) Temblores tectónicos

f) Caída de tefra y proyectiles balísticos

El material de caída es proporcionado por una columna eruptiva vertical, cuya altura depende de la temperatura del material expelido, de la tasa de emisión del mismo, del diámetro

del conducto y del carácter energético de la erupción. Estos factores, al igual que la dirección y velocidad de los vientos dominantes, controlan la distribución de las partículas eyectadas, cuyo radio de influencia quedará restringido a unos cuantos kilómetros, comúnmente menos de 15 km del centro emisor (Figura 1). Los fragmentos de gran tamaño y muy densos seguirán trayectorias balísticas.

Las variaciones espaciales (dependientes de la altura de la columna), temporales (dependientes de la época del año) y del comportamiento del viento, deben ser consideradas para pronosticar las posibles áreas de afectación por caída de material piroclástico (Delgado et al., 1995).

El material emitido comprende pómez y fragmentos de roca derivados de la fragmentación de las rocas preexistentes que constituyen parte del conducto volcánico. La fracción más fina (< 2 mm de diámetro) es denominada ceniza y generalmente tiene una amplia distribución en torno al volcán y representa el peligro que mayor alcance presenta.

g) Gases volcánicos

Los sistemas magmáticos activos contienen una gran cantidad de gases en solución que escapan a la superficie a través de los volcanes, tanto en reposo como cuando están en actividad. Los gases más importantes son: vapor de agua, óxidos de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico, cloro y flúor. Algunos de estos gases son tóxicos (óxidos de azufre, cloruros y fluoruros) y al combinarse con el agua pueden formar ácidos venenosos que pueden causar daños importantes al sistema respiratorio, a la piel o a los ojos de seres humanos y animales. También pueden causar severos daños a la vegetación y a los recursos hídricos en general, contaminándolos por completo cuando son absorbidos.

Los óxidos de azufre pueden ser reconocibles por su olor característico, pero otros como el anhídrido carbónico y el monóxido de carbono son inodoros y por lo tanto, comúnmente imperceptibles por el hombre; incluso suelen ser más densos que el aire y, por ello, se desplazan cerca del nivel del suelo, pudiendo causar la muerte por asfixia. Entre mayor sea la concentración de los gases mayor será el efecto que causen, por lo que hace que las zonas más cercanas (comúnmente dentro de un radio de 10 km del punto de emisión) sean las más peligrosas. El efecto de estos gases será disminuido por la combinación con el aire conforme aumente la distancia. Exhalaciones volcánicas con altas concentraciones de dióxido de carbono causaron la muerte de varias personas en el lago volcánico Nyos, Camerún, en 1986 (Kling et al., 1987).

h) Sismos volcánicos

Contrario a lo que mucha gente supone, los sismos asociados a la actividad volcánica son típicamente someros y de baja magnitud ($M \leq 5$) por lo que, salvo algunas excepciones, no llegan a causar daños importantes en las cercanías del volcán. En algunos casos llega a ocurrir la ruptura de los materiales

rocosos superficiales, manifestándose como fallas con desplazamientos pequeños.

B. PELIGROS INDIRECTAMENTE ASOCIADOS CON LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA.

a) Flujos de lodo e inundaciones

Los flujos de lodo también pueden generarse de manera secundaria por lluvias torrenciales que remueven el material suelto que quedó depositado por erupciones anteriores. Muchas áreas tropicales que son comúnmente azotadas por tifones o huracanes son especialmente susceptibles a este tipo de peligros, aún años después de haber ocurrido una erupción explosiva. Tal es el caso del volcán Pinatubo, Filipinas que, aún después de la erupción de 1992, aún sigue desarrollando lahares año con año (Pierson et al., 1992).

b) Tsunamis (maremotos)

Son olas o periodos de oleaje de proporciones gigantescas que se originan por el desplazamiento súbito de masas de agua por efecto de sismos de gran magnitud o deslizamientos inducidos por actividad volcánica. El ejemplo más citado es la erupción del volcán Krakatoa, Indonesia en 1883, en donde más de 30,000 personas murieron por efecto de los tsunamis inducidos por violentas explosiones volcánicas. Algunos sistemas de alertamiento han sido implementados en zonas costeras para procurar la evacuación temprana de los pobladores de áreas amenazadas.

c) Hambre y enfermedades

Las causas que han favorecido la mortandad de la gente han sido, en muchas ocasiones, el hambre y las enfermedades, atribuidos a efectos secundarios o indirectamente relacionados a la actividad volcánica. Posterior a la erupción del volcán Tambora, Indonesia en 1815, se ha estimado que alrededor de 80,000 personas murieron debido al hambre, en tanto que solo cerca de 12,000 personas fallecieron por efectos directos de la erupción.

d) Efectos atmosféricos

Grandes columnas eruptivas pueden inyectar en la estratosfera cantidades importantes de material piroclástico que, por su tamaño pequeño y densidad baja puede permanecer en suspensión por mucho tiempo, causando problemas a la aviación y pudiendo afectar las condiciones climáticas globales al disminuir la incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la Tierra. Un ejemplo reciente ocurrió en Alaska en 1989, cuando un avión comercial estuvo a punto de caer estrepitosamente al fallar las turbinas al momento de atravesar una nube de cenizas (Casadevall, 1994).

MITIGACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS

Es evidente que es prácticamente imposible impedir que ocurra una erupción volcánica; sin embargo, hay mucho por hacer en cuanto a la reducción y mitigación de los peligros potenciales que pueden amenazar a las áreas que rodean a los volcanes potencialmente activos.

Las características y el grado e intensidad de la actividad histórica y reciente de un volcán permitirán sugerir el tipo de programa de mitigación más apropiado para ser aplicado. Lo ideal es que un volcán se encuentre en un periodo de reposo que permita el desarrollo de programas básicos de investigación geológica y geofísica con los cuales se pueda llevar a cabo una caracterización integral y detallada del volcán en sus aspectos petrológicos, geoquímicos, estratigráficos y evolutivos. Estos estudios proporcionarán una mejor idea sobre el comportamiento eruptivo pasado que permita explicar el comportamiento presente, y con ello hacer pronósticos acerca del comportamiento futuro. Este tipo de investigaciones requieren de meses y hasta años de arduo trabajo que no siempre es posible desarrollar con el debido tiempo pues, en muchas ocasiones, los volcanes son reactivados de manera repentina. También se tiene el caso de aquellos volcanes que han permanecido inactivos por largos periodos, o bien, de aquellos de los que se tiene un conocimiento tan pobre que ni siquiera se les había considerado como volcanes activos de alto riesgo. En tales casos, no hay tiempo para detenerse a examinar las características eruptivas del volcán que sirvan de base para descifrar su historia eruptiva, por lo que es necesario tomar medidas improvisadas de emergencia que puede conllevar a errores serios en las estrategias. En función del carácter prioritario que se requiera, es posible proponer programas de mitigación a corto y a largo plazo.

Conociendo el carácter destructivo de la actividad volcánica en sus diferentes grados e intensidades, se pueden tomar algunas medidas de prevención, reducción y protección para las poblaciones y los bienes materiales que se encuentran amenazados por la potencial reactivación de un volcán. Esto también involucra la adecuada preparación de la población en caso de desastres, planificando las medidas de emergencia en el caso de una contingencia volcánica, desarrollando una efectiva comunicación entre la comunidad científica, las autoridades responsables de la protección civil, y la población que potencialmente puede ser afectada (Figura 3).

A) PROGRAMAS DE MITIGACIÓN A LARGO PLAZO

Los programas a largo plazo deben conducir idealmente a un programa general que contemple todos los pasos que deberían seguirse para una efectiva mitigación del riesgo volcánico. Estos incluyen los estudios preliminares que permiten identificar a los volcanes de mayor peligrosidad, las investigaciones detalladas sobre su historia eruptiva que servirán de base para la elaboración de los mapas de zonificación de los peligros.



Figura 3. Esquema piramidal que muestra las bases sobre las cuales debe estar soportado un programa efectivo de mitigación de los peligros y riesgos volcánicos, indicando las entidades responsables y las acciones que deben ejecutar (modificado de Tilling, 1993).

a) Identificación de volcanes de alto riesgo

A nivel nacional, la primera tarea que debe emprenderse es la de elaborar un catálogo de los volcanes que representan un riesgo alto. Esta es una meta que solo puede ser cubierta en el largo plazo, ya que requiere del estudio cuidadoso de amplias regiones volcánicas, tarea que en México suele tropezarse con numerosos obstáculos, ya que el número de volcanes es muy grande para el reducido grupo de científicos especializados en el tema; además, los equipos y recursos indispensables son escasos, aún en países desarrollados como E.U.A., Islandia, Japón o Italia.

Los criterios hasta ahora propuestos (Tabla 4) para determinar si un volcán se considera o no de alto riesgo (Yokoyama et al., 1984) deben ser revisados cuidadosamente para evitar dejar a un lado volcanes que por sus peculiares características no se ajusten a esos criterios. Así, por ejemplo, el volcán Chichón, siguiendo esos criterios, no hubiera sido identificado en forma previa a su erupción de 1982 como un volcán de alto riesgo.

Una vez identificados los volcanes de alto riesgo, debe desarrollarse una estrategia para realizar una adecuada evaluación de los peligros volcánicos basada en un estudio detallado sobre el comportamiento eruptivo del volcán.

b) Reconstrucción de la historia eruptiva

El conocimiento de la historia eruptiva de un volcán es un aspecto fundamental que debe ser considerado para una efectiva mitigación de sus peligros potenciales. Se realiza compilando la información sobre la actividad histórica del volcán, junto con el registro geológico de las erupciones pasadas.

Los datos históricos son muchas veces difíciles de evaluar, ya que en su mayoría están basados en observaciones realizadas por personas que no fueron entrenadas para ello, o que tienen

Tabla 4. Criterios propuestos por Yokoyama et al. (1984) para la identificación de volcanes de alto riesgo. Se asigna el puntaje de 1 (uno) por cada criterio aplicable y 0 (cero) si el criterio no es aplicable (modificado de Tilling, 1993).

GRADO DE PELIGRO	PUNTAJE
1) Alto contenido de sílice en los productos eruptivos (andesita/dacita/riolita)	
2) Actividad explosiva de importancia en los últimos 500 años	
3) Actividad explosiva de importancia en los últimos 5 000 años	
4) Flujos piroclásticos en los últimos 500 años	
5) Flujos de lodo en los últimos 500 años	
6) Tsunami destructivo en los últimos 500 años	
7) Área afectada por destrucción en los últimos 5000 años es > 10 km ²	
8) Área afectada por destrucción en los últimos 5000 años es > 100 km ²	
9) Ocurrencia frecuente de enjambre sísmicos de origen volcánico	
10) Ocurrencia de deformación significativa del suelo durante los últimos 50 años	
GRADO DE RIESGO	
1) Población bajo riesgo > 100	
2) Población bajo riesgo > 1 000	
3) Población bajo riesgo > 10 000	
4) Población bajo riesgo > 100 000	
5) Población bajo riesgo > 1 000 000	
6) Hubo víctimas en tiempos históricos	
7) Se ha evacuado la zona debido a erupciones en tiempos históricos	
PUNTAJE FINAL	

limitaciones en su manera de describir de manera apropiada y objetiva las observaciones de los fenómenos eruptivos, haciendo muchas veces que la información sea poco confiable y por lo tanto de poca utilidad. En los mejores casos, los depósitos de las erupciones recientes están aún preservados y se tiene una buena documentación en fotografías y reportes detallados que describen las características de las erupciones. Entre más detallados y completos sean los estudios sobre la actividad pasada del volcán, más fácilmente se podrán documentar sus patrones evolutivos y posibles tendencias recurrentes o ciclos de actividad volcánica, así como los rangos de magnitud y frecuencia de los eventos explosivos y efusivos más importantes.

Para llevar a cabo la reconstrucción de la historia eruptiva del volcán es necesario determinar su origen, carácter (texturas y estructuras presentes), composición, distribución, edad, relaciones estratigráficas y frecuencia de ocurrencia los diferentes tipos de depósitos y eventos. Con esta información se puede integrar una secuencia estratigráfica que indique el orden en que ocurrieron los diferentes eventos involucrados, definiendo cual es su magnitud y frecuencia.

c) Zonificación de los peligros volcánicos

Los peligros volcánicos deben ser representados de manera gráfica a través de mapas de peligros en donde se muestren de manera directa cuales son las áreas que deben ser evacuadas o

evitadas en el caso de una reactivación, así como proporcionar las directrices que deben seguirse para una planeación eficiente del uso del suelo a largo plazo. Dichos mapas estarán basados fundamentalmente en estudios geológicos básicos a partir de los cuales es posible inferir el comportamiento pasado del volcán, asumiendo inicialmente que las áreas alcanzadas por eventos eruptivos pasados serán igualmente afectadas por eventos similares, tanto en sus características primordiales como en la frecuencia con la que ocurrieron en el pasado.

Es importante destacar que una evaluación basada exclusivamente en el conocimiento del comportamiento eruptivo pasado del volcán no es suficiente ni recomendable, ya que no debe descartarse en ningún momento la ocurrencia de eventos catastróficos que llegan ocasionalmente a exceder cualquier evento eruptivo precedente en el mismo volcán, como ocurrió en el Monte Santa Helena, Washington en donde el mapa de peligros elaborado en forma previa a la erupción de 1980, no contempló la intensidad de la erupción, misma que excedió varias veces lo que hasta ese entonces se conocía que había ocurrido en el pasado (Miller et al., 1981; Figura 4).

También es necesario reconocer que existen eventos que, aunque se pueden manifestar con gran violencia, dejan depósitos minúsculos y poco consolidados que son fácilmente erosionables

con el tiempo, que no quedan preservados en el registro geológico y por lo tanto, podrían no ser considerados en la elaboración de los mapas de zonificación de peligros. Con estos elementos, es necesario que se considere para la elaboración de los mapas de peligros volcánicos, además de la información sobre la historia eruptiva del volcán, otra información sobre escenarios probables que pudieran presentarse, al compararse con otros volcanes con características similares.

Los mapas de peligros se preparan atendiendo a las características particulares de cada volcán; por ejemplo, en el caso de los volcanes hawaianos, los cuales se caracterizan por su actividad predominantemente efusiva, se mostrarán únicamente las áreas que podrían ser afectadas por el emplazamiento de flujos de lava basáltica, indicando diferentes grados de peligrosidad (Figura 5). En el caso de los domos volcánicos como el Volcán Merapi, Indonesia, el mapa de peligros debe considerar la emisión de flujos piroclásticos generados por el colapso gravitacional del domo central bajo condiciones inestables y que produce además otros fenómenos de flujo, como oleadas piroclásticas en las partes cercanas al volcán y lahares en las partes más distantes.

Actualmente se están preparando mapas de peligros para diferentes volcanes en México, de los cuales ya se han publicado

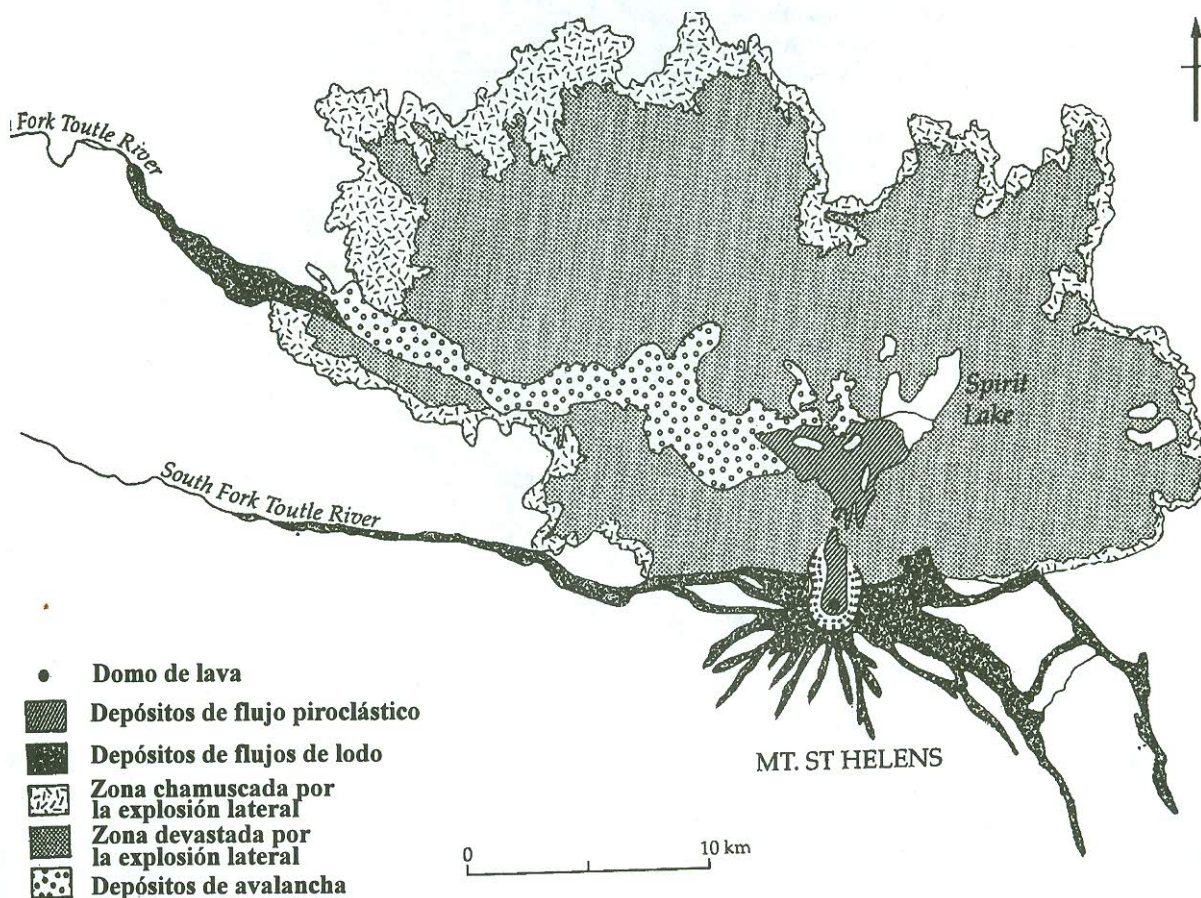


Figura 4. Esquema geológico que muestra la distribución de los principales productos y efectos derivados de la erupción del Monte Santa Helena, Washington ocurrida en mayo de 1980 en el noroccidente de los E.U.A. (modificado de Francis, 1994).

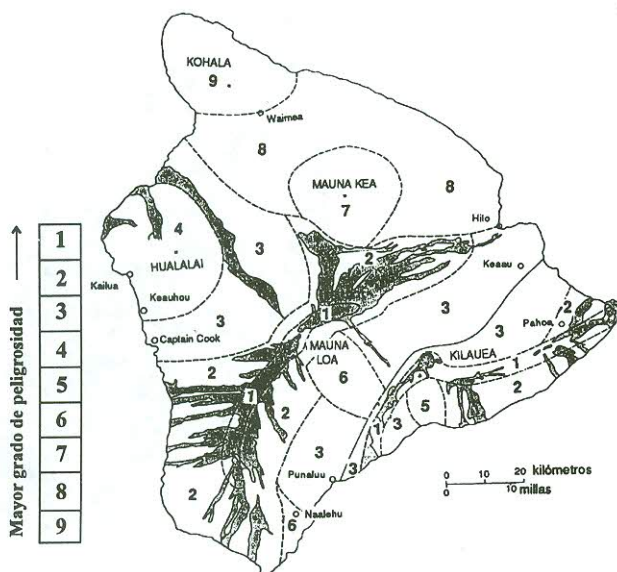


Figura 5. Mapa de zonificación del peligro por flujos de lava en la isla de Hawaii, indicando el grado de peligrosidad con un número en orden decreciente. La línea delgada indica el contacto entre los volcanes Mauna Loa y Kilauea. Las áreas rellenas representan flujos de lava históricos (modificado de Tilling, 1993).

los del volcán Popocatepetl (Macías et al., 1995) y los del volcán de Colima (Martín et al., 1995).

B) PROGRAMA DE MITIGACIÓN A CORTO PLAZO

Cuando un volcán muestra señales de actividad con esporádicos o frecuentes eventos de poca intensidad, reflejados a través de actividad fumarólica constante, como en el caso del Popocatepetl en los últimos años, es necesario tomar medidas inmediatas de mitigación. En muchas ocasiones las emergencias volcánicas ocurren en volcanes en los que apenas se cuenta con un conocimiento muy preliminar del mismo, lo que hace necesaria la implementación de un trabajo urgente de cartografía geológica que sirva de base para la elaboración de un mapa preliminar de peligros. El ejemplo más reciente lo tenemos con la repentina reactivación del volcán Pinatubo, Filipinas en 1991, después de casi 500 años de reposo. En este se tuvo que realizar, en alrededor de tan sólo un mes de trabajo de campo, un mapa preliminar de peligros que sirvió para determinar cuales áreas deberían ser evacuadas con mayor prioridad.

La actividad de un volcán debe ser monitoreada en todo momento con la ayuda de diferentes técnicas que permitan tener elementos de juicio para anticipar de alguna manera la próxima ocurrencia de un evento eruptivo.

a) Monitoreo de la actividad volcánica

La actividad volcánica suele estar precedida por algunos signos premonitorios asociados principalmente con cambios geoquímicos o geofísicos que reflejan el movimiento o la migración de determinado material en el interior del edificio volcánico. Comúnmente los eventos eruptivos de intensidad

importante muestran una actividad precursora que es registrada por diferentes instrumentos. Los métodos más convencionales que se utilizan para vigilar la actividad volcánica están sintetizados en la Tabla 5.

Tabla 5. Sistemas de vigilancia volcánica

- Microsismicidad, utilizando una red local de sismógrafos.
- Deformación del terreno, medido con distanciómetros e inclinómetros.
- Variaciones en la concentración de gases (SO_2 y CO_2), medidas con un espectrómetro de correlación (COSPEC).
- Variaciones en la composición y concentración de especies químicas en manantiales.
- Métodos geofísicos como microgravimetría, geomagnetismo, radar, radiación térmica y geoelectrónica.

Aunque los métodos sísmicos y de deformación del terreno han probado ser los más confiables y de uso generalizado en el monitoreo volcánico, lo más recomendable es combinar varias técnicas, ya que las condiciones de emplazamiento de magma hacia la superficie pueden variar de un volcán a otro, siendo más efectivo para unos volcanes la aplicación de un método particular.

b) Manejo de las emergencias volcánicas.

El manejo de las emergencias volcánicas es de vital importancia para llevar a cabo una efectiva mitigación del riesgo volcánico. Toda la información técnico-científica que se obtiene como resultado de las investigaciones geológicas y geofísicas debe ser traducido apropiadamente para las autoridades de protección civil y para la población en general, utilizando un lenguaje accesible, sencillo y común a todas las entidades involucradas. Esto permitirá que exista un entendimiento que facilite la operación rápida y precisa de las autoridades de protección civil y así ejecutar las acciones conducentes para salvaguardar la vida y los bienes de las comunidades.

Una de las acciones concretas que se deben realizar durante el manejo de una emergencia volcánica es la propuesta de un sistema de alertamiento que permita a los científicos comunicar sus recomendaciones sobre las medidas que deberán tomarse conforme evolucione la actividad volcánica. En respuesta a la reciente reactivación del volcán Popocatepetl, fue propuesto un código de alerta (De la Cruz, 1995) como vínculo de comunicación entre científicos y autoridades de protección civil (Tabla 6) con una estructura de 5 niveles, que difiere del código utilizado para la población en general, para la cual se propuso una estructura más simple de solamente 3 niveles de alerta.

C) MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA PELIGROS VOLCÁNICOS

En países que enfrentan de manera cotidiana los riesgos inherentes a la actividad volcánica, como en Japón, se aplican programas nacionales de mitigación que comprenden la construcción, mantenimiento y mejoramiento de refugios tanto subaéreos como subterráneos para diferentes propósitos, así como espacios para ser usados como helipuertos, etc. También

Tabla 6. Niveles de alerta aplicados para una contingencia en el Volcán Popocatepetl propuestos por De la Cruz (1995).

Niveles de alerta. Nomenclatura para Comunicación entre PC y CT*	Fenómenos asociados	Tiempo que puede transcurrir hasta la ocurrencia del fenómeno	Posibles acciones a considerar según la información disponible	Nivel de alerta para la población y acciones recomendadas
Nivel 0	El volcán se encuentra en estado de reposo	Meses, años, siglos	Desarrollar planes de preparación. Educación a la población. Implementación de dispositivos de monitoreo.	
Nivel 1	Aumento anormal pero moderado de la actividad fumarólica o de la temperatura de fumarolas o manantiales. Cambios en su composición.	Meses o años	Aumento en los niveles de monitoreo. Reuniones. esporádicas o periódicas del comité técnico. Nivel aumentado de comunicación entre b y c. Revisión de planes operativos de emergencia. Mayor información a a para mantener altos niveles de concientización.	<u>Verde</u> mantenerse informado sobre el estado del volcán. Simulacros anuales "Día del volcán"
Nivel 2	Aumento significativo de los parámetros anteriores. Alguna deformación. Presencia clara de pluma o fumarola	Semanas o meses	Reuniones frecuentes del comité técnico. Consultas diarias (o más frecuentes) entre PC y CT*. Verificación de la disponibilidad de personal y equipos de evacuación. Preparación de albergues. Verificación de la disponibilidad de vehículos para la evacuación especialmente en la zona 1 del mapa de riesgos.	
Nivel 3	Aumento grande de los parámetros anteriores. Inicio de alguna actividad eruptiva débil, o no magmática (freática)	Día, días o semanas	Anuncio público de la posible emergencia y de las medidas tomadas. Mobilización de personal y equipo de evacuación. Implementación de medidas específicas en las regiones más vulnerables (zona 1 o 1 y parte o toda la zona 2 del mapa de riesgos)	<u>Amarillo</u> Mantenerse alerta y en contacto frecuente con la autoridad local. Escuchar frecuentemente el radio o la tv. Obedecer las instrucciones de la autoridad local o de protección civil o de las fuerzas armadas. Estar preparado para una posible evacuación.
Nivel 4	Aceleración en los parámetros anteriores o emisión explosiva de material juvenil.	Horas o días	Evacuación de las zonas vulnerables de acuerdo con el mapa de riesgos: zona 1, toda o en parte, o zona 1 y parte de la zona 2; o zonas 1 y 2 y parte de la zona 3, dependiendo de la evolución e intensidad de la actividad.	<u>Rojo</u> Obedecer las instrucciones de las autoridades civiles o militares. En caso de evacuación acarrear solo lo indispensable. Dirigirse al albergue asignado en caso de autoevacuación. Avisar a las autoridades correspondientes.
Nivel 5	Evidencias sólidas de la presencia de cantidades importantes de magma dentro del cono volcánico. Grandes deformaciones o desarrollos de actividad eruptiva explosiva a gran escala		Evacuación de las zonas 1, o de las zonas 1 y 2, o de las zonas 1, 2 y 3. Según el desarrollo e intensidad de la actividad.	

*PC= Protección Civil; CT= Comité Técnico; a= Población vulnerable; b=Autoridades responsables; c=Organismos responsables del monitoreo volcánico

existen sistemas de alertamiento regionales y locales que paran automáticamente el tráfico carretero cuando se detecta una señal que indica la ocurrencia de un flujo de lodo o un flujo piroclástico en las cercanías de un volcán activo.

A continuación se describen algunas de las medidas de mitigación más importantes que comúnmente se consideran contra los peligros volcánicos más frecuentes.

a) Flujos de lava

Los flujos de lava no representan un peligro importante en la mayor parte de los casos; sin embargo, para algunas regiones los daños que puede causar en términos económicos pueden ser muy costosos. En Hawaii se realizan monitoreos frecuentes de las variaciones en la tasa de efusión y de otros parámetros físicos con la finalidad de predecir la posible extensión y trayectorias esperadas de los flujos de lava. Recientemente se han propuesto varios modelos matemáticos basados en datos empíricos relacionados con la morfología y carácter reológico de los flujos de lava para estimar su máxima extensión (Kilburn, 1996; Carrasco-Núñez, 1997). Desde luego, el conocimiento de los centros de emisión existentes y de los que potencialmente se puedan formar es importante para predecir sus posibles trayectorias de acuerdo con la topografía.

Se han hecho serios intentos por aplicar diversas metodologías para controlar el avance de los flujos de lava, entre las que destacan la construcción de barreras para desviar los flujos, la aplicación de explosivos para frenar, bloquear o desviar los flujos, y el empleo de agua para enfriar los flujos y detener o disminuir su avance (UNDRO/UNESCO, 1985). En muchos casos, la combinación de estos métodos ha sido efectiva, como en el Monte Etna, Italia en 1983 (Lockwood y Romano, 1985), o en el Heimaey, Islandia, en 1973 (Williams y Moore, 1973; 1983), evitando costosas pérdidas de viviendas y diversas obras de infraestructura. En otros casos, la efectividad de las obras de ingeniería que se construyeron no han sido aún probadas, o bien, como en el caso del volcán Mauna Loa (Lockwood et al., 1987), los bloqueos a los flujos de lava coincidieron con el cese de la actividad. En erupciones recientes del Monte Etna, la barreras construidas fueron superadas debido a la alta tasa de efusión de las lavas, por lo que fue necesario aplicar otros métodos, como canales de desvío y la incorporación de grandes bloques de concreto para inducir una mayor dificultad al avance de la lava.

b) Flujos piroclásticos, oleadas y explosiones dirigidas

Es muy difícil aplicar alguna metodología efectiva para contrarrestar el peligro de estos fenómenos explosivos dado su carácter destructivo y altamente energético, que llega a causar la destrucción total de los alrededores, provocando la muerte no sólo por calcinación, sepultamiento o impacto, sino también por asfixia. A pesar de ello, se puede recomendar la construcción de refugios subterráneos debidamente edificadas, ubicados y acondicionados, similares a los refugios nucleares. Algunas construcciones sólidas podrían ser reforzadas con ventanas y puertas selladas apropiadamente para evitar el ingreso de polvo y gases volcánicos dañinos.

En las partes bajas del volcán Unzen, Japón, se han construido diversas barreras laterales con el propósito de canalizar los flujos piroclásticos principales en un cauce artificial, y se ha proyectado que la operación ingenieril sea operada con maquinaria a control remoto para no exponer a los

trabajadores de la obra a una catástrofe inesperada (Figura 6). Sin embargo, esta operación al parecer no considera la ocurrencia de nubes piroclásticas diluidas que suelen acompañar a los flujos piroclásticos, y que pueden elevarse varias decenas y hasta cientos de metros de altura.

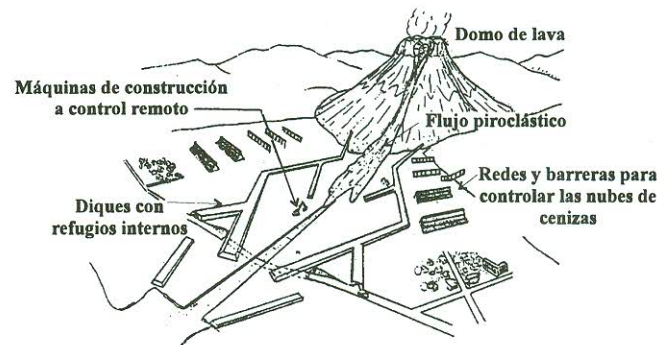


Figura 6. Medidas de emergencia contra flujos piroclásticos en el volcán Unzen, Japón (modificado de Ichikawa, 1995). Estos flujos se asocian al colapso de un domo de lava que crece en la cima del volcán y es disparado por una erupción explosiva.

c) Caída de tefra

Los principales efectos que ocasiona la caída de grandes cantidades de tefra incluyen el completo oscurecimiento y reducción de la visibilidad, la obstrucción del drenaje que propiciaría inundaciones en áreas urbanas, el sepultamiento parcial o total de pequeñas estructuras, de la vegetación y de terrenos de cultivo, y el sobrepeso de techos en edificaciones diversas. Importantes daños pueden ser causados a las vías de comunicación, líneas telefónicas o eléctricas, carreteras, vías férreas o al tráfico aéreo, ya que el carácter abrasivo de las cenizas daña las turbinas de aviones y de cualquier tipo de maquinaria que se encuentre desprotegida. Aunque las partículas piroclásticas generalmente caen por el efecto aerodinámico del aire atmosférico, algunas de mayor tamaño suelen conservar más calor, e incluso pueden ser capaces de iniciar incendios, en cuyos casos se recomendaría emplear aislantes metálicos en las construcciones.

Una de las medidas que debe tomarse durante o inmediatamente después de ocurrir la caída de material piroclástico es la inmediata remoción del material acumulado en los techos, especialmente cuando la erupción está acompañada por lluvias, pues el agua aumenta considerablemente la densidad de los materiales acumulados, y favorece el colapso de las superficies en donde se depositan. Antes de que ocurra una erupción pueden reforzarse los techos de las construcciones, así como las paredes para soportar la carga y el impacto de los proyectiles; en algunos casos, podrían realizarse modificaciones al ángulo de inclinación de los techos, como se hizo cuando entró en actividad el volcán Heimaey, Islandia en 1973, donde las construcciones con techos de más de 20° de inclinación no sufrieron daños sustanciales. También es importante que el material acumulado en ciertas áreas sea removido y redistribuido adecuadamente para evitar su posterior

acarreo formando catastróficos lahares. Se recomienda también el uso de filtros para la maquinaria y el uso de máscaras para evitar cualquier problema respiratorio.

Por otra parte, son bien conocidos los efectos atmosféricos que conyeve la inyección de grandes volúmenes de ceniza en la estratosfera, ocasionando una disminución global de la temperatura; sin embargo, no hay medidas de mitigación que puedan aplicarse para contrarrestar estos efectos.

d) Flujos de lodo

Debido a que los flujos de lodo son preferentemente canalizados a través de los valles fluviales, sus áreas de afectación pueden predecirse con cierta precisión. No obstante, sus áreas de inundación dependen del volumen de material involucrado, de sus características granulométricas y de las características geométricas del canal por donde circula. Los flujos de lodo pueden causar el sepultamiento de áreas pobladas y la muerte de sus habitantes, la destrucción de puentes, el bloqueo de carreteras, el enterramiento de áreas cultivadas y de infraestructura.

Como medida de protección se pueden construir diversas presas u otras obras civiles que pretendan retener, desviar o disminuir la mayor cantidad de sedimentos, así como barreras laterales a los cauces principales. En algunos casos se realizan obras civiles consistentes en sistemas de túneles o en el bombeo y canalización del agua, aplicado a grandes embalses de lagos cercanos o en el interior del volcán para controlar y disminuir su nivel medio, ya que de otra manera se podrían almacenar grandes cantidades de agua y sedimentos que, en un momento dado, estarían disponibles para formar voluminosos flujos de lodo o avenidas (Figura 7).

Existen también algunos sistemas de alertamiento consistentes en equipos automatizados acústicos que pueden captar aceleraciones pequeñas del terreno en forma anticipada a la ocurrencia del flujo. En otros casos, existen también sistemas de cables que, con el paso de flujos grandes, envían una señal a las áreas que se encuentran aguas abajo tiempo antes de su arribo, según la distancia a la que se encuentren. Esto podría alertar a la población, para ponerse a salvo en las partes altas más cercanas al sitio amenazado.

REFERENCIAS

- Blong, R., 1984. Volcanic hazards: a sourcebook on the effects of eruptions, Academic Press. Orlando, Florida, 424 pp.
- Carrasco-Núñez, G., 1997. Lava flow growth inferred from field flow characteristics: a case of study of Citlaltepétl volcano, Mexico, Geological Magazine 133 (7) (en prensa).
- Casadevall, T., 1994. The 1989-1990 eruption of Redoubt volcano, Alaska: impacts on aircraft operations. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 62, 301-316.

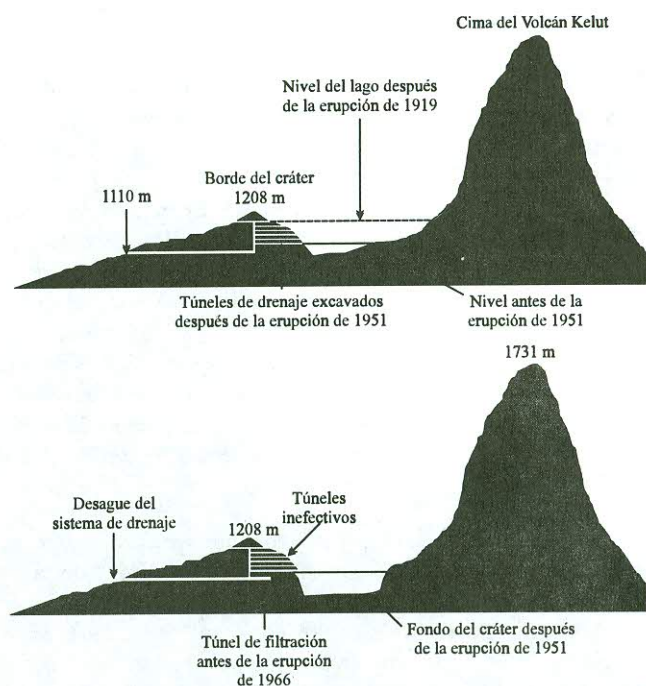


Figura 7. Sección esquemática que muestra el proyecto de túneles en el lago-cráter del volcán Kelud, al este de Java, con el fin de controlar el nivel del lago y evitar avenidas catastróficas. Arriba se muestra la situación prevaleciente antes de la erupción de 1951; abajo, la situación antes de la erupción de 1966 (modificado de Francis, 1994).

- De la Cruz, S. 1995. Un código de alerta para el manejo de emergencias antes y durante potenciales erupciones del volcán Popocatepetl. en "Volcán Popocatepetl. Estudios realizados durante la crisis de 1994-1995", CENAPRED-UNAM, 327-334.
- Delgado, H., Carrasco, G., Cervantes, P., Cortés, R. y Molinero, R., 1995. Patrones de viento en la región del Volcán Popocatepetl, en "Volcán Popocatepetl. Estudios realizados durante la crisis de 1994-1995", CENAPRED-UNAM, 295-324.
- Fournier D'Albe, E.M., 1979. Objectives of volcanic monitoring and prediction. Journal of the Geological Society of London, 136, 321-326.
- Francis, P., 1994. Volcanoes. A planetary perspective. Oxford, 443 pp.
- Hoblitt, R., Miller, C.D. and Vallance, J., 1981. Origin and stratigraphy of the deposit produced by the May 18 directed blast, in the 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington, P. Lipman and D.R. Mullineaux, (editors) U.S. Geological Survey Profesional. Paper, 1250, 401-419.
- Ichikawa, Y., 1995. Developing a system for preventing pyroclastic flow disaster. Proceedings of the Workshop on Debris Avalanche and Debris Flow of Volcano. Tsukuba, Japan, 167-172.
- Kilburn, C., 1996. Patterns and predictability in the emplacement of subaerial lava flows and flow fields, UNESCO/IAVCEI Volume on Hazard and Surveillance, R. Scarpa and R.I. Tilling, (editors) 1996.

- Kling, G.W., Clark, M.A., Compton, H.R., Devine, J.D., Evans, W.C., Humprey, A.M., Koenigsberg, J.P., Lockwood, J.P., Tuttle, M.L. and Wagner, G.N., 1987. The 1987 Lake Nyos gas disaster in Cameroon, west Africa, *Science*, 236, 169-175.
- Lipman, P y Mulineaux, D.R., editors, 1981. The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington, U.S. Geological Survey Profesional Paper, 1250, 844 pp.
- Lockwood, J. and Romano, R., 1985. Diversion of lava during the 1983 eruption of Mount Etna, *Earthquake Information Bulletin*, 17, 124-133.
- Lockwood, J.P., Moore, H.P., Robinso, E. and Wu, S., 1987. Lava diversion structures to protect the Mauna Loa Observatory, Hawaii. Cordilleran Section Meeting, Geological Society of America Abstracts and Programs, 19, 339.
- Macías, J.L., Carrasco, G., Delgado, H., Martín, A.L., Siebe, C., Hoblitt, R.P., Sheridan, M.F. y Tilling, R., 1995. Mapa de peligros del Volcán Popocatepetl, Instituto de Geofísica, U.N.A.M.
- Martín, A.L., Sheridan, M.F., Barrera, D., Lugo, J. y Vázquez, L., 1985. Mapa de peligros del Volcán de Colima, Instituto de Geofísica, U.N.A.M.
- Miller, C.D., Mullineaux, D.R. and Crandell, D.R., 1981. Hazards assessments at Mount St. Helens, en "The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington, U.S. Geological Survey Profesional Paper, 1250, 789-802.
- Pierson, T., Janda, R., Thouret, J.C. and Borrero, C., 1990. Perturbation and melting of snow and ice by the 13 November 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia, and consequent mobilization, flow and deposition of lahars. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 41, 17-66.
- Pierson, T., Janda, R., Unbal, J. and Daag, A., 1992. Immediate and long-term hazards from lahars and excess sedimentation in rivers draining Mt. Pinatubo, Philippines. U.S. Geological Survey, Water-Resources Inves., 92-4039, 35 pp.
- Siebe, C., Abrams, M. y Macías, J.L., 1995. Derrumbes gigantes, depósitos de avalancha de escombros y edad del actual cono del Volcán Popocatepetl, en "Volcán Popocatepetl, Estudios realizados durante la crisis de 1994-1995". CENAPRED-UNAM, 195-220.
- Tazieff, H., 1977. An exceptional eruption: Mt. Nyiragongo, January 10th, 1977. *Bulletin of Volcanology*, 40, 189-200.
- Tilling, R.I., 1993. Los Peligros Volcánicos. (Traducido por B. Beate). American Geophysical Union, Washington D.C., 123 pp.
- UNDRO/UNESCO, 1985. Volcanic Emergency Management, United Nations, New York, 86 pp.
- Williams, R.S. and Moore, J.G., 1973. Iceland chills a lava flow, *Geotimes*, 18, 14-17.
- Williams, R.S. and Moore, J.G., 1983. Man against volcano: The eruption on Heimaey, Vetmannaeyjar, Iceland. U.S. Geological Survey General Interest Publications Series, 28 pp.
- Yokoyama, I., Tilling, R.I. and Scarpa, R., 1984. International mobile early-warning system(s) for volcanic eruptions and related seismic activities. UNESCO (Paris), FP/2106-82-01(2286) 102 pp.

GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAZA Y SU RELACIÓN CON LA PETROGÉNESIS DE ROCAS ÍGNEAS: MODELOS CUANTITATIVOS DE PROCESOS MAGMÁTICOS

PARTE I

María del Sol Hernández Bernal, Gustavo Tolson y Gabriela Solís Pichardo
Instituto de Geología, UNAM., México D.F. 04510
E-mail: msol@servidor.unam.mx

RESUMEN

El origen y la evolución de las rocas ígneas pueden ser descritos desde un punto de vista químico mediante ecuaciones sencillas que modelan los principales procesos magmáticos: fusión parcial, cristalización fraccionada, asimilación y la combinación de ellos. Uno de los factores más importantes en el modelado es el valor de los coeficientes de distribución de cada elemento, el cual depende de la composición del líquido, la temperatura y la presión. La presencia de ciertos minerales en determinado proceso magmático imprime un patrón característico a su espectro de elementos traza, el cual es útil para determinar, junto con otros parámetros petrográficos y geoquímicos, la evolución de un conjunto de rocas. Se muestran tres ejemplos que permiten visualizar la aplicación de estas ecuaciones en diferentes rocas parentales para modelar la posible trayectoria de evolución, la litología resultante y la comparación con la roca en estudio.

INTRODUCCIÓN

La formación de las rocas ígneas se ha explicado en términos de etapas idealizadas de generación y evolución de magmas. La interpretación de los patrones de elementos traza y de las propiedades isotópicas de las rocas ígneas busca explicar de forma simplificada la evolución de dichas etapas.

Para lograr una buena interpretación a partir del análisis químico de las rocas ígneas, los datos obtenidos experimentalmente deben ser comparados con los obtenidos mediante modelos matemáticos. Además es necesario tener suficiente precisión y sensibilidad en el análisis de elementos traza debido, entre otras cosas, a su baja concentración y a la variabilidad de su presencia en diferentes ambientes geológicos. Los coeficientes de distribución (o coeficiente de partición) de los elementos traza son parámetros clave para los modelos matemáticos de procesos petrogenéticos.

El coeficiente de distribución mineral-líquido (K_d) es la fracción en peso de un elemento traza en un mineral dividido por la fracción en peso de ese mismo elemento en un líquido coexistente. Si se asume que el mineral y el fundido se encuentran en equilibrio, entonces el coeficiente de distribución está dado por:

$$K_d = \frac{C_s}{C_l}$$

en donde:

K_d = coeficiente de distribución del elemento

C_s = concentración del elemento en la fase sólida

C_l = concentración del elemento en el líquido

Se considera que el elemento es *compatible* si $K_d > 1$, es decir, el elemento "prefiere" residir en el cristal; si $K_d < 1$, el elemento es *incompatible* y tiende a residir en el líquido. Por ejemplo, si se tiene un fenocristal de feldespato potásico que contiene 600 ppm de Ba, embebido en una matriz vítrea con 100 ppm de Ba, resulta un coeficiente de distribución de 6 para el Ba en el feldespato. Bajo condiciones de equilibrio, el coeficiente de distribución es independiente de las proporciones relativas del mineral / líquido y de la concentración del elemento en la roca. El coeficiente de distribución de un elemento es dependiente de la presión, temperatura y la composición del mineral y del fundido. Por ejemplo, se observa que los coeficientes de distribución de las tierras raras son generalmente más grandes en líquidos graníticos que en líquidos basálticos.

También es conveniente describir al *coeficiente de distribución volumétrico modal* D como el valor del coeficiente de distribución de un elemento en el total del sistema en estudio, dependiendo de las proporciones de cada uno de los componentes en el sistema original:

en donde:

D = coeficiente de distribución volumétrico modal,

X^i = fracción en peso de la fase i en el sólido,

K_d^i = coeficiente de distribución de un elemento para la fase i .

Por otra parte, el *coeficiente de distribución volumétrico*

no modal P es el valor del coeficiente de distribución de un elemento en el total del sistema en estudio pero en proporciones diferentes a la proporción modal de cada uno de los componentes del sistema.

$$P = p^1 K_d^1 + p^2 K_d^2 + p^3 K_d^3 + \dots + p^i K_d^i$$

en donde:

P = coeficiente de distribución volumétrico no modal

p^i = fracción de la contribución de la fase i al fundido

K_d^i = coeficiente de distribución de un elemento para la fase i .

Del estudio de la distribución de elementos traza se ha llegado a las siguientes conclusiones generales, útiles en la interpretación de los sistemas petrológicos ígneos (Hanson, 1978):

1. Rb, K y Ba son retenidos por la biotita y K y Ba por el feldespato-K.
2. Sr y Eu son retenidos por los feldespatos.
3. La relación Rb/Sr del fundido se incrementa por la presencia de plagioclasa y feldespato en el residuo y es reducida por la presencia de biotita en el residuo.
4. Las relaciones K/Ba y K/Rb son afectadas significativamente por la presencia de feldespato-K y biotita.
5. La relación Sr/Ba en el fundido se reduce por la presencia de plagioclasa y se incrementa ligeramente por la presencia de feldespato-K y biotita.

La utilidad de los elementos de tierras raras en la interpretación petrogenética radica en que, aunque el valor del coeficiente de distribución en un mineral puede variar en un rango amplio en función de la temperatura, presión y composición, en general, la forma del patrón de distribución de tierras raras para un mineral es consistente (Hanson, 1978). Así, la presencia de cierto mineral tendrá un efecto característico en el patrón de tierras raras de un líquido, lo cual permite la identificación del mineral que ha quedado en la fase residual durante la fusión parcial o durante la cristalización fraccionada.

Algunas consideraciones acerca del comportamiento de los elementos de tierras raras pueden resumirse como sigue (Figuras 1 y 2):

- a) los elementos de tierras raras pesadas (HREE) son retenidos notablemente por el granate, zircón y hornblenda y en menor cantidad por el clinopiroxeno (Figura 2).
- b) las tierras raras medias (MREE) son retenidas por el clinopiroxeno, hornblenda y apatito.
- c) las tierras raras ligeras (LREE) no son retenidas en gran

cantidad por los minerales comunes, excepto por el apatito.

d) una anomalía negativa de Eu en el fundido resulta de la presencia de plagioclasa o feldespato-K en el residuo (Figura 1).

e) una anomalía positiva de Eu en el fundido resulta de la presencia de granate, apatito, hornblenda, clinopiroxeno e hiperstena en el residuo (Figura 2).

f) proporciones iguales de plagioclasa y clinopiroxeno o bien plagioclasa y hornblenda en el residuo producen líquidos con anomalías muy pequeñas de Eu.

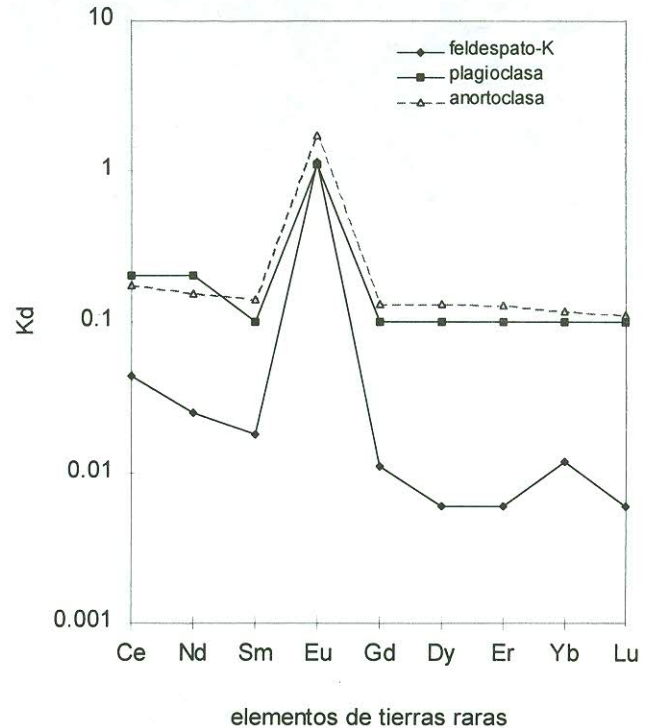


Figura 1. Coeficientes de distribución mineral/fundido, en líquidos de composición riolítica, para elementos de tierras raras en feldespatos (Arth y Hanson, 1975). Nótese que el rasgo más sobresaliente lo constituye la anomalía positiva de Eu en estos minerales.

MODELADO DE PROCESOS MAGMÁTICOS

El éxito de un modelado matemático de la evolución química de un sistema magmático depende de dos consideraciones básicas. Primero, es necesario identificar los posibles procesos que pueden afectar la evolución química del sistema. Segundo, es necesario expresar los distintos procesos en términos de funciones matemáticas. Por ejemplo, la experiencia geológica basada en observaciones de campo, así como la experiencia geoquímica, sugieren que las rocas de composición basáltica pueden ser derivadas de la fusión parcial de una roca fuente peridotítica o basáltica que puede ser modificada por diferenciación y asimilación de la corteza. Las rocas graníticas pueden ser derivadas de la fusión parcial del

manto, de rocas basálticas, de otras rocas graníticas, de rocas de composición intermedia o bien, de rocas sedimentarias, todo ello sobre un rango muy amplio de presión y temperatura. Los fundidos graníticos pueden ser modificados por diferenciación, mezcla con otros fundidos o bien reaccionar con rocas de otra composición. Aunque hay variaciones en el contenido de elementos traza en las rocas parentales de magmas basálticos, la variación no es tan grande como en las fuentes potenciales de las rocas graníticas. A continuación se describen algunos de los principales procesos magmáticos así como las ecuaciones que describen la variación de la concentración de los elementos traza debida a estos procesos.

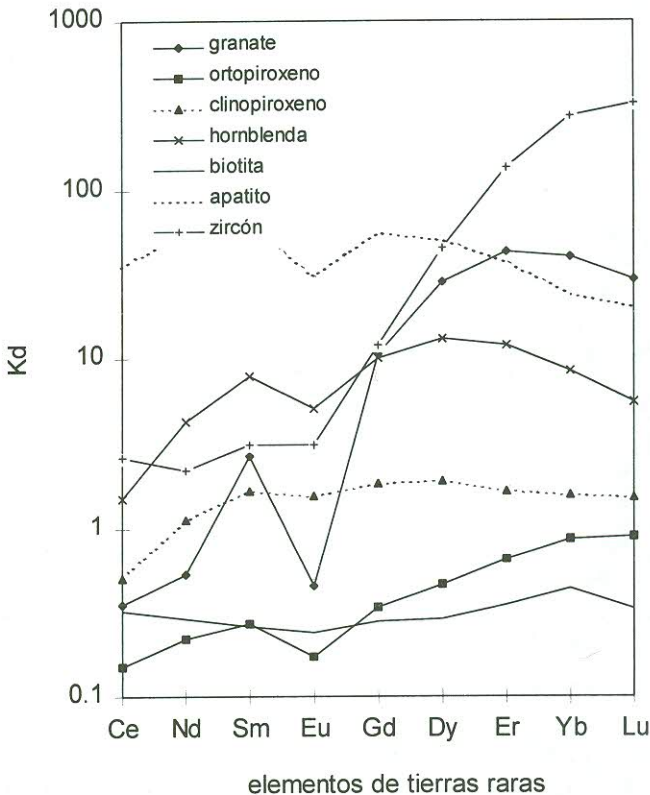


Figura 2. Coeficientes de distribución mineral/fundido, en líquidos de composición riolítica, para elementos de tierras raras en minerales comunes (Arth y Hanson, 1975). Nótese la anomalía negativa de Eu en el granate y el importante enriquecimiento de tierras raras pesadas en el granate y zircón.

FUSIÓN PARCIAL

Se parte de la premisa de que cualquier tipo de magma debe originarse por la fusión parcial de una roca pre-existente, ya sea en el manto o en la corteza. Ya que las rocas son generalmente heterogéneas, la fusión completa de una roca parental es poco común, de tal forma que los líquidos magmáticos migran de su lugar de origen dejando algún residuo refractario. Los productos de la fusión parcial o anatexis no tienen la misma composición que su fuente, sino que representan a la fracción más fácil de fundir.

Para la fusión parcial de una roca podemos imaginarnos dos esquemas contrastantes. En uno de ellos el líquido que se forma y el sólido refractario permanecen en contacto conservando un equilibrio termodinámico durante todo el evento de fusión. En el segundo esquema, el material fundido es constantemente separado del material sólido por ascenso o migración del magma. En este trabajo, denominamos a estos esquemas como *fusión intermitente o por lotes* (batch melting) y *fusión fraccionada* (fractional melting), respectivamente. La formulación matemática de estos procesos ha sido derivada por Shaw (1970). Para cada uno de estos esquemas podemos también imaginarnos que la composición química del líquido será una función de la contribución de cada uno de los minerales fundidos. Los minerales podrían fundirse en función de su abundancia modal en la roca (*fusión modal*), o bien siguiendo alguna secuencia térmica como la secuencia de Bowen (*fusión no modal*). Lo anterior nos lleva a concluir que hay cuatro alternativas básicas distintas para modelar matemáticamente la evolución química de un magma formado por fusión parcial. La formulación matemática de estas cuatro alternativas se muestra en la Tabla I.

De esta manera, el caso en que el líquido es removido del sólido (casos 3 y 4, Tabla I) es análogo al proceso de destilación utilizado para la separación y purificación de líquidos (agua, alcoholes, etc.). El proceso de destilación consiste en separar, por medio de calor en un recipiente, una sustancia volátil de otras más fijas, enfriando luego su vapor, en otro recipiente, para reducirla nuevamente a líquido. En la *fusión fraccionada* el líquido es removido del sólido debido a que el líquido es menos denso. Este líquido migra y es almacenado en un depósito, por lo que este modelo describe la composición de los magmas originados en este depósito en diferentes etapas de su evolución.

Tabla I. Modelos básicos de fusión parcial (Shaw, 1970).

el líquido resultante	fusión parcial modal	fusión parcial no modal
se encuentra en equilibrio con el residuo sólido	caso 1 $\frac{CL}{Co} = \frac{1}{D + F(1 - D)}$	caso 2 $\frac{CL}{Co} = \frac{1}{D + F(1 - P)}$
<u>FUSIÓN</u> <u>INTERMITENTE O POR</u> <u>LOTES</u>		
se separa continuamente del sólido restante	caso 3 $\frac{Cl}{Co} = \frac{1}{D} \left[1 - F \right]^{(1/b)}$ $\frac{Cs}{Co} = \left[1 - F \right]^{(1/b)}$ $\frac{\bar{Cl}}{Co} = \frac{1}{F} \left[1 - (1 - F)^{(1/b)} \right]$	caso 4 $\frac{Cl}{Co} = \frac{1}{D} \left[1 - \frac{PF}{D} \right]^{(1/b)}$ $\frac{Cs}{Co} = \frac{1}{1 - F} \left[1 - \frac{PF}{D} \right]^{(1/b)}$ $\frac{\bar{Cl}}{Co} = \frac{1}{F} \left[1 - \left(1 - \frac{PF}{D} \right)^{(1/b)} \right]$
<u>FUSIÓN</u> <u>FRACCIONADA</u>		

en donde:

C_o = concentración del elemento en el sólido inicial

C_s = concentración del elemento en el sólido residual

Cl = concentración del elemento en el líquido producido por la fusión parcial (fusión fraccionada)

$\overline{C_s}$ = concentración del elemento en el agregado líquido final (fusión fraccionada)

CL = concentración del elemento en el líquido producido por la fusión parcial (fusión intermitente)

D = coeficiente de distribución volumétrico modal

P = coeficiente de distribución volumétrico no modal

F = proporción de material fundido (grado de fusión parcial)

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de un elemento traza en un líquido con respecto a su concentración en la roca parental dependiendo del grado de fusión parcial de la roca de acuerdo al caso 1. Si D es mayor que F , Cl/C_o se aproxima a $1/F$ para valores de F menores al 40%. Cuando D se aproxima a cero, Cl/C_o se aproxima a $1/F$.

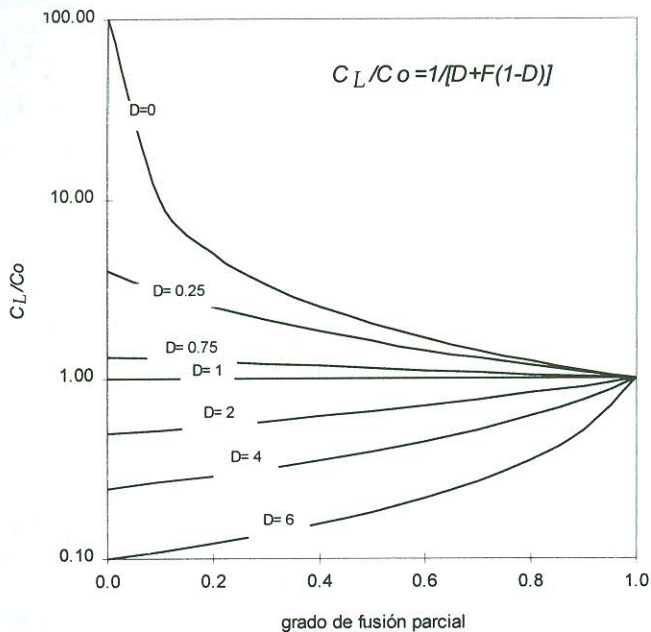


Figura 3. Concentración de un elemento traza en un líquido Cl con respecto a su concentración en la roca parental C_o , contra la fracción de fusión parcial. D es el coeficiente de distribución volumétrico modal de los minerales en el residuo. Se asume que el fundido está en equilibrio con las fases minerales residuales hasta la separación final del fundido y el residuo (fusión intermitente) y que la fusión parcial es modal (caso 1).

CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA

Cuando un magma solidifica lo hace en un rango de temperatura que va desde la temperatura de *liquidus* hasta la temperatura de *solidus*. Cualquier magma que exista a una temperatura entre *liquidus* y *solidus* consistirá de una mezcla de cristales de uno o más minerales suspendidos en el líquido que pueden ser o no removidos de éste inmediatamente sin entrar en equilibrio y cambiando la composición volumétrica del magma. Dado un conjunto de elementos traza y coeficientes de distribución se puede utilizar la ecuación de Rayleigh para calcular las proporciones de dichos elementos traza en las fases cristalinas durante la cristalización o diferenciación (Allégre y Minster, 1978):

Cristalización Fraccionada (ley de fraccionamiento de Rayleigh)

$$Cl = F^{(D-1)} C_o$$

$$C_s = C_o F^{(d-1)}$$

$$\overline{C_s} = C_o \frac{1 - F^{(D)}}{1 - F}$$

en donde:

C_o = concentración del elemento en el magma parental

C_s = concentración del elemento en el sólido

Cl = concentración del elemento en el líquido final

$\overline{C_s}$ = concentración del elemento en el cúmulo final

D = coeficiente de distribución volumétrico

F = proporción de magma residual (grado de cristalización fraccionada)

La diferenciación es la evolución de un fundido debido a la cristalización fraccionada. La cristalización fraccionada, tal como es contemplada en la ley de fraccionamiento de Rayleigh, consiste esencialmente en la precipitación instantánea en equilibrio de una cantidad infinitesimalmente pequeña de cristales que son separados del fundido y que son cubiertos inmediatamente por otra capa de cristales que evitan que los primeros cristales se equilibren con el líquido evolucionado (Hanson, 1978). Durante la diferenciación, cuando D se aproxima a cero, Cl/C_o se aproxima a $1/F$ (Figura 4) de forma similar al caso de fusión parcial (Figura 3). A diferencia de la fusión parcial, si un elemento dado tiene $D > 1$, la cristalización fraccionada empobrece rápidamente al líquido en tal elemento.

Para poder utilizar las ecuaciones de fusión parcial (FP) y de cristalización fraccionada (CF) en el modelado petrogenético, se deben tener claros varios aspectos de estos procesos que pueden parecer triviales, pero al tratar de dar valores a los parámetros de la ecuación no lo son.

Cuando ocurre el proceso de *fusión parcial* se tiene que

una roca parental **sólida** se funde y produce un magma **líquido**.

Si la roca parental se funde al 100%, el líquido final tiene una composición igual a la roca parental.

Si el grado de fusión parcial es bajo, el líquido tiene composición muy diferente a la roca parental.

Cuando ocurre la cristalización fraccionada el proceso es inverso: En un magma **líquido** crecen algunos cristales **sólidos** que son removidos, de tal forma que el **líquido no** tiene una composición igual a la del magma original.

Si ocurre 0% de CF quiere decir que no hay remoción de cristales y el líquido tendrá la misma composición que el magma.

Si ocurre 100% de CF, todo el magma será cristalizado y no habrá líquido restante.

Entonces, si se tiene 0% de CF y $Cl = Co F^{(D-1)}$ el líquido tiene la misma composición que el magma, es decir, no hay cristales y por lo tanto $Cl = Co$. En este caso $F = 1.0$

Si se tiene 30% de CF y $Cl = Co F^{(D-1)}$ el líquido no tiene la misma composición que el magma; es decir, sí hay cristales removidos y por lo tanto $Cl \neq Co$. Para este caso $F = 0.70$.

Si se tiene 100% de CF y $Cl = Co F^{(D-1)}$ no hay líquido restante y todo el magma cristaliza. Para este caso $F = 0.0$

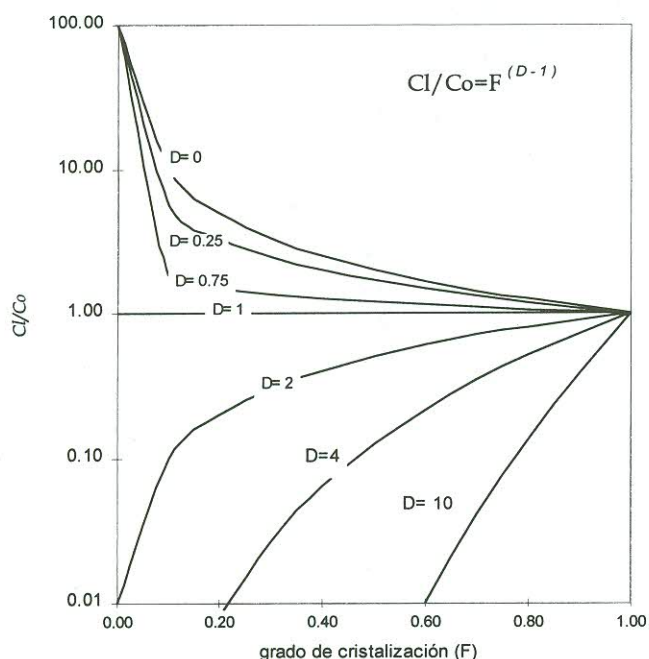


Figura 4. Concentración de un elemento traza en un líquido Cl con respecto a su concentración en la roca parental Co , contra la fracción de líquido residual durante el proceso de cristalización fraccionada F . D es el coeficiente de distribución volumétrico modal. Las curvas están calculadas con la ecuación de fraccionamiento de Rayleigh.

CONTAMINACIÓN (ASIMILACIÓN)

Los magmas pueden contaminarse con las rocas que atraviesan durante su ascenso hacia la superficie, dependiendo del ambiente tectónico en que se encuentren. Los efectos de esta contaminación, así como el grado de contaminación, estarán en función del contraste en la concentración de elementos mayores y traza y de las relaciones isotópicas entre el magma y la roca encajonante. Existen dos mecanismos mediante los cuales el material contaminante puede ser incorporado al magma. El primero es por la fusión del contaminante y la incorporación de la fracción fundida al cuerpo del magma. El segundo es mediante la incorporación mecánica de xenolitos de la roca encajonante sin fusión de la misma. Cuando ocurre el primer caso, el magma sufre cambios en su composición química a nivel global, mientras que en el segundo caso sólo ocurren cambios químicos de manera local en la periferia del plutón. Para el caso en donde existe asimilación química de la roca encajonante las ecuaciones de la Tabla II pueden representar las variaciones en la composición del magma resultante de la mezcla magma parental-roca encajonante.

Tabla II. Modelos básicos de contaminación (Allégre y Minster, 1978)

contaminación anterior a la cristalización	$Cl = [Co\alpha + Cc(1-\alpha)]F^{(D-1)}$
contaminación simultánea a la cristalización	$Cl = \frac{Cc(1-\alpha)}{1-D\alpha} \left[\left(\frac{Co(1-D\alpha)}{Cc(1-\alpha)} - 1 \right) F^{(D-1)} + 1 \right]$
contaminación posterior a la cristalización	$Cl = CoF^{(D-1)}\alpha + (1-\alpha)Cc$

en donde:

Cl = concentración del elemento en el magma contaminado

Co = concentración del elemento en el magma original

Cc = concentración del elemento en el contaminante

F = proporción de magma cristalizado

D = coeficiente de distribución volumétrico

α = proporción de la mezcla (grado de contaminación).

AFC (ASIMILACIÓN Y CRISTALIZACIÓN FRACCIONADA)

El modelo y las ecuaciones presentadas aquí pueden ser aplicables a una variedad de situaciones donde la asimilación de la roca encajonante puede ser importante. Algunos autores (Marsh y Kanta, 1978) han calculado que la velocidad de ascenso en los magmas basálticos y andesíticos puede ser grande, del orden de 5.8×10^{-3} cm/s para un cuerpo semiesférico de magma de 1 km de radio y de 2.7×10^{-5} cm/s para un cuerpo de 6 km de radio. En este caso, la asimilación de la roca encajonante bajo esas condiciones debe ser mínima, especialmente si la roca

encajonante es muy refractaria (por ejemplo peridotita). Sin embargo, también bajo ciertas circunstancias el ascenso del magma a través del manto puede inducir fusión parcial en éste. En este caso el líquido producido por fusión parcial de la roca encajonante puede ser considerado como contaminante. Los magmas basálticos experimentan un ascenso lento a través de la corteza silícica debido al contraste de densidades y de la reducida fuerza de flotación. Aún cuando el magma basáltico ascienda a través de rocas basálticas, el contraste de densidades es menor que el de un magma basáltico y una roca peridotítica. En los casos de ascenso lento, los magmas cristalizarán si su temperatura es menor a la del *liquidus* y al mismo tiempo estarán sufriendo procesos de asimilación de la roca encajonante. El ascenso del magma será posible hasta que su densidad sea igual o mayor que la del material que le rodea.

Las ecuaciones de la Tabla III expresan la variación en la concentración de un elemento traza y de la composición isotópica en una roca formada durante procesos de AFC.

Tabla III. Modelos básicos de Asimilación-Cristalización Fraccionada (De Paolo, 1981)

variación de la concentración del elemento traza en la roca formada durante procesos AFC	variación de las relaciones isotópicas en la roca formada durante procesos de AFC
$Cr = CoF^{-z} + \left(\frac{r}{r-1}\right) \frac{Cc}{z} (1 - F^{-z})$	$Er = (Ec - Eo) \left(1 - \left(\frac{Co}{Cr}\right) F^{-z}\right) + Eo$

en donde:

Cr = concentración del elemento traza en la roca

Co = concentración del elemento traza en el magma parental

Cc = concentración del elemento traza en el contaminante

F = relación Mm/Mo (masa del magma / masa inicial del magma parental)

r = relación Ma/Mc (masa asimilada / masa cristalizada fraccionadamente)

D = coeficiente de distribución volumétrico del elemento entre las fases cristalinas y el líquido

$$z = (r + D - 1) / (r - 1)$$

Er = relación isotópica del elemento traza en la roca (por ejemplo $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)

Eo = relación isotópica del elemento traza en el magma parental

Ec = relación isotópica del elemento traza en el contaminante.

EJEMPLOS:

Como una revisión del modelado de elementos traza aplicado a rocas ígneas, se considera la petrogénesis de una tonalita, una monzonita y una traquita. Se ha escogido a estas rocas como ejemplos debido a que tienen composiciones químicas y mineralógicas y una petrogénesis muy diferentes entre sí. En la Figura 5 se muestra el patrón de elementos de tierras raras de cada una de las 3 rocas descritas (Hanson, 1978).

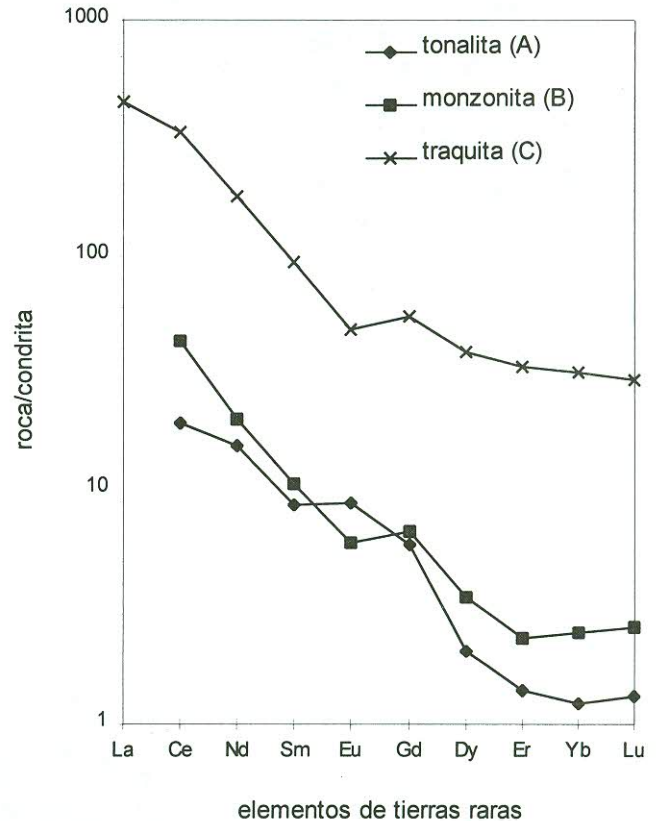


Figura 5. Contenido de tierras raras normalizado con condrita de una tonalita y monzonita arqueanas del noreste de Minnesota y una traquita de Ross Island, Antártida, utilizadas en los ejemplos A, B y C.

A) El primer ejemplo describe a una tonalita de edad Arqueano del noreste de Minnesota (ver detalles en Arth y Hanson, 1975). Esta roca tiene relaciones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i = 0.7009 \pm 0.0002$. Debido al valor tan bajo en la relación inicial de Sr radiogénico se piensa que esta roca no pudo haber sido derivada de una roca granítica preexistente muy antigua; por ello, la roca parental debió tener una vida corta en la corteza o bien ser de composición básica o ultrabásica. El bajo contenido de K (7,500 ppm) excluye a una secuencia más antigua de grauvacas como su fuente, pero la naturaleza cuarzosa de la tonalita elimina también a una roca parental ultramáfica. El patrón de tierras raras de la tonalita muestra un notable empobrecimiento de las tierras raras pesadas respecto a las tierras raras ligeras, sugiriendo la presencia de granate en el residuo (Figura 5). Las relaciones K/Rb, Rb/Sr y Sr/Ba de la tonalita

son similares a aquellas de un metabasalto toleítico del Arqueano localizado en la misma región. Aunque las toleitas están metamorfizadas, hay evidencias de que su contenido de tierras raras no fué afectado por el metamorfismo. Para el modelado se utilizó la ecuación de fusión parcial modal en equilibrio (fusión intermitente), coeficientes de partición para un líquido dacítico, composición mineralógica granate: clinopiroxeno: cuarzo de 30:55:15 y la concentración de tierras raras del metabasalto. En la Figura 6 se muestran los patrones de tierras raras obtenidos al aplicar este modelo con varios grados de fusión parcial. Los resultados muestran que 30 a 50% de fusión parcial produce un buen ajuste al patrón de la tonalita. Este modelo, aunado a varias evidencias de campo, isotópicas y petrográficas sugieren que el origen de esta tonalita es la fusión parcial (30-50%) de un basalto del Arqueano a profundidades del manto (eclogita) dejando un residuo de granate y clinopiroxeno enriquecido en tierras raras pesadas.

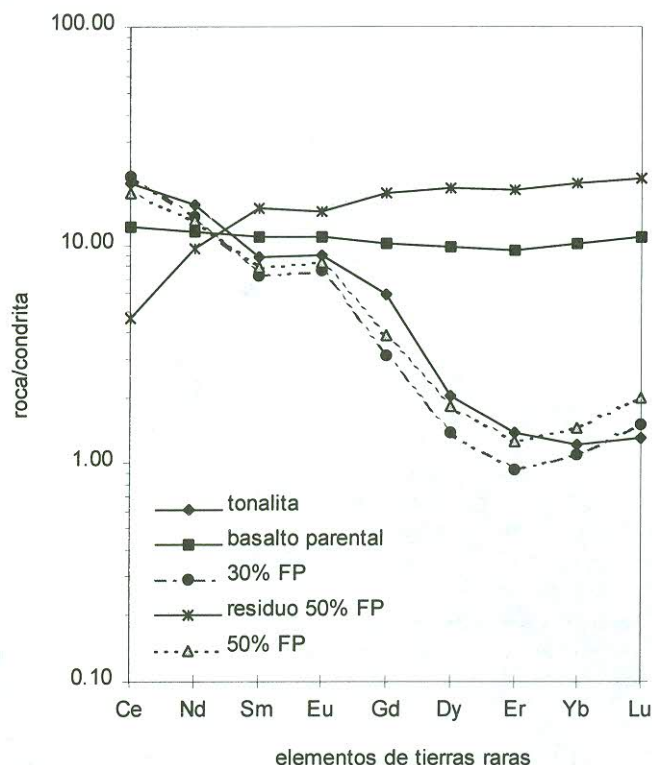


Figura 6. Gráfica normalizada con condrita de la tonalita del ejemplo A, el basalto parental propuesto, los fundidos calculados con 30 y 50% de fusión parcial y el residuo.

B) El segundo ejemplo es una monzonita de dos micas localizada en la misma región cratónica que la muestra del ejemplo A (también ver detalles en Arth y Hanson, 1975). La edad de dicha monzonita es 2,700 Ma y sus relaciones isotópicas ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i = 0.7002 \pm 0.0019$). Como en el caso anterior, debido a las bajas relaciones iniciales de Sr, esta roca no pudo haber sido derivada de una corteza granítica preexistente. A diferencia del ejemplo de la tonalita, el alto contenido de K, Rb y Sr no es consistente con un magma parental basáltico ($K=2100$; $\text{Rb}=5.9$; $\text{Sr}=175$ ppm), ya que el Rb está enriquecido 36 veces (de 5.9 a

210 ppm, basalto y monzonita respectivamente). Para calcular el grado de fusión parcial del basalto necesario para que ocurra este enriquecimiento se considera un caso ideal, en donde $D_{\text{Rb}}=0$, es decir, todo el Rb tiende a migrar hacia el líquido durante la fusión parcial en el caso de una fusión intermitente:

$$D_{\text{Rb}} = 0 \Rightarrow \frac{Cl}{Co} = \frac{1}{F}$$

$$\text{Si } \frac{210}{5.9} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = 3\%$$

En este caso, se requeriría un máximo de 3% de fusión parcial de un basalto parental y un mínimo de 97% de cristalización fraccionada del líquido resultante para obtener una litología con dichas características químicas. Sin embargo, para reducir la relación K/Rb de 360 (basalto) a 202 (monzonita) son indispensables fases residuales con coeficientes de distribución grandes para el Rb y K y ya no serían válidas las consideraciones anteriores.

Como alternativa, se sabe que en la región donde aflora esta monzonita existe también una secuencia de grauvacas argiláceas formada por una mezcla de detritos de dacita + basalto. Esta secuencia de grauvacas es otra roca parental potencial, ya que su composición mineralógica puede explicar las relaciones bajas de Sr, mientras que el enriquecimiento en K y Rb puede ser explicado por procesos sedimentarios en las

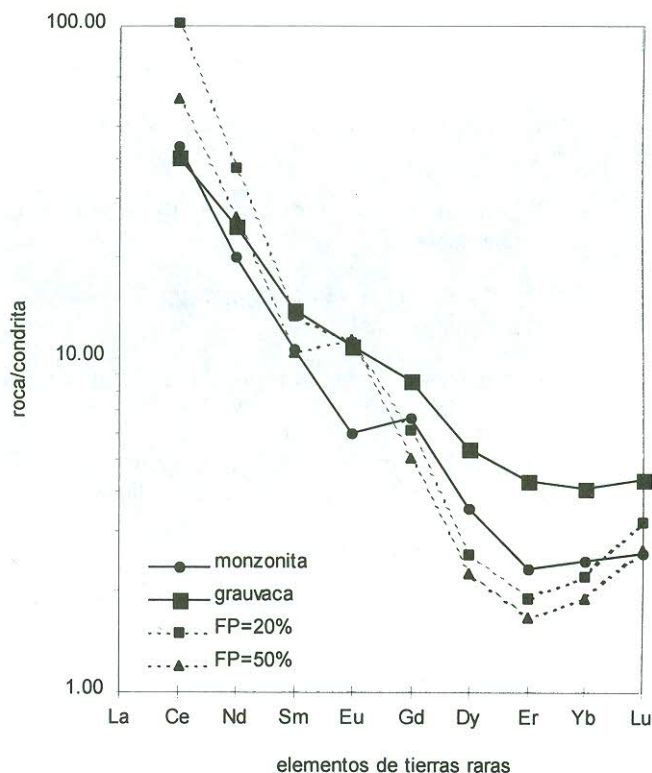


Figura 7. Gráfica normalizada con condrita de la monzonita del ejemplo B, la roca parental propuesta y los fundidos calculados con 20 y 50% de fusión parcial.

fracciones argiláceas. Para modelar el origen de esta roca, se utilizó la ecuación para el caso de fusión parcial no modal en donde el líquido permanece en equilibrio con el sólido residual (fusión intermitente). El porcentaje de las fases que se funden es de un tercio de cuarzo, un tercio de plagioclasa y un tercio de ortoclasa. Bajo estas condiciones, la fusión parcial (20-50%) de la grauvaca produce contenidos de Rb, Sr, Ba y tierras raras similares a aquellos de la monzonita (Figura 7).

C) El tercer ejemplo es una secuencia volcánica en Ross Island, Antártida que varía desde basanitoide hasta traquibasalto, fonolita y en menor cantidad a traquita. Los elementos mayores, menores y traza, así como la mineralogía, son consistentes con la siguiente secuencia (ver detalles en Sun y Hanson, 1976):

El patrón de tierras raras similar al de un traquibasalto con 45.5% de SiO₂ es derivado del 60% de cristalización fraccionada de un magma basanitoide con la mineralogía: cpx:ol+esp:plg = 23:15:2 (Figura 8).

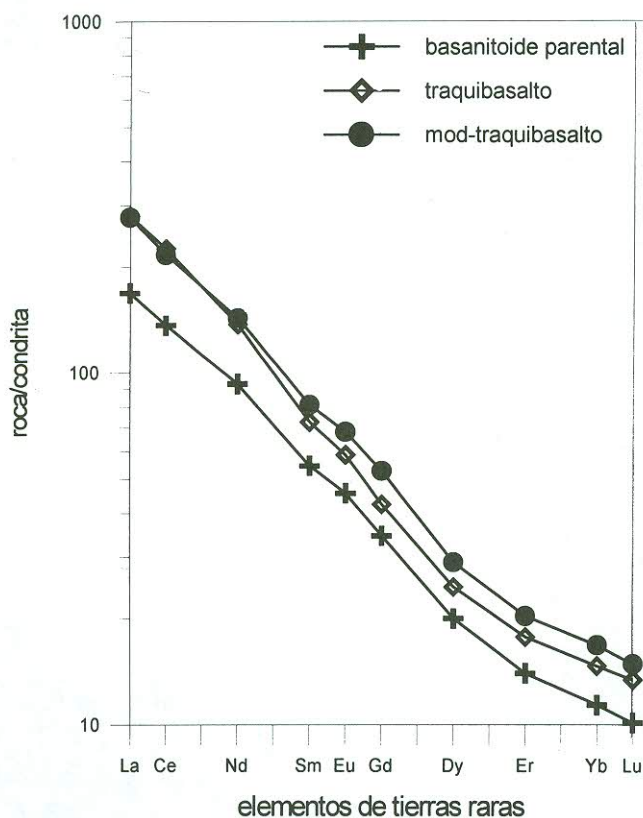


Figura 8. Modelo de cristalización fraccionada de un basanitoide y el traquibasalto resultante.

El patrón de tierras raras para una fonolita de anortoclasa con 56.1% SiO₂, es derivado del 50% de cristalización fraccionada de un traquibasalto con la mineralogía cpx:ol+esp:plg:apat = 25:12:10:2.6. El patrón calculado ajusta bien con los datos de la fonolita excepto por la anomalía de Eu y una menor concentración de tierras raras pesadas (Figura 9). Al variar las proporciones de los minerales precipitados no se resuelven estas

diferencias. Puede ser que el magma parental de la fonolita haya tenido menor enriquecimiento en tierras raras ligeras que el traquibasalto o bien, que los coeficientes de distribución de las tierras raras pesadas sean significativamente menores a los usados. La diferencia en la anomalía de Eu puede ser debida también a los coeficientes de distribución del apatito utilizados.

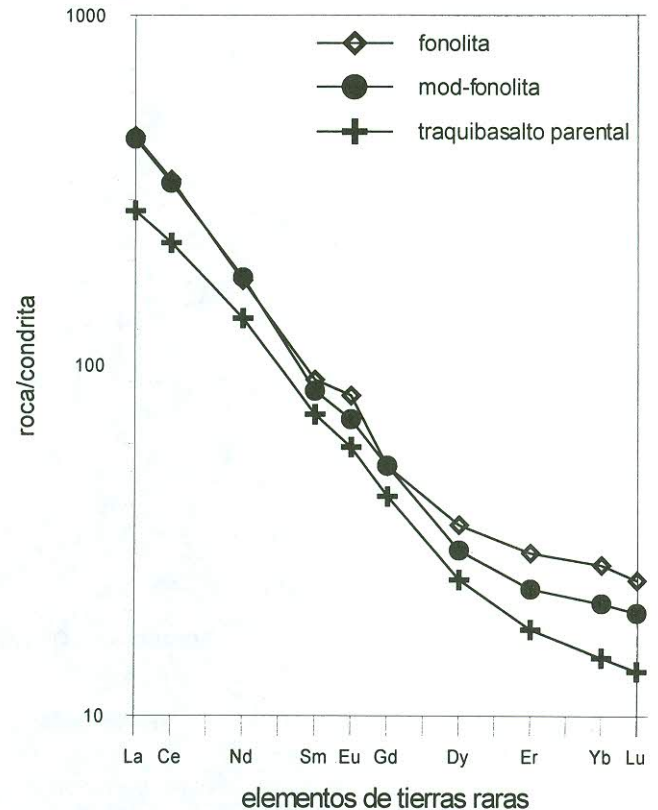


Figura 9. Modelo de cristalización fraccionada de un traquibasalto y la fonolita resultante.

El patrón de tierras raras de una traquita con 58.1% de SiO₂ puede ser derivado de la fonolita de anortoclasa cristalizando al 70% la mineralogía anort:plg:apat=15:15:0.5. El modelo calculado produce una anomalía negativa de Eu un poco menor que los datos, sugiriendo que la plagioclasa y la anortoclasa tienen mayores anomalías de Eu que las utilizadas en el modelo (Figura 10). El contenido del Ba del modelo y la traquita son similares, pero la traquita tiene menor concentración de Sr que el calculado. Esto puede ser explicado por procesos de contaminación del magma con una roca rica en plagioclasa que empobrece el fundido en Sr sin afectar necesariamente el contenido de Ba.

CONCLUSIONES

El propósito del estudio petrogenético de un conjunto de rocas ígneas es determinar el ambiente tectónico y la composición química y mineralógica de la fuente, el grado de fusión parcial, las condiciones de P-T durante la fusión parcial

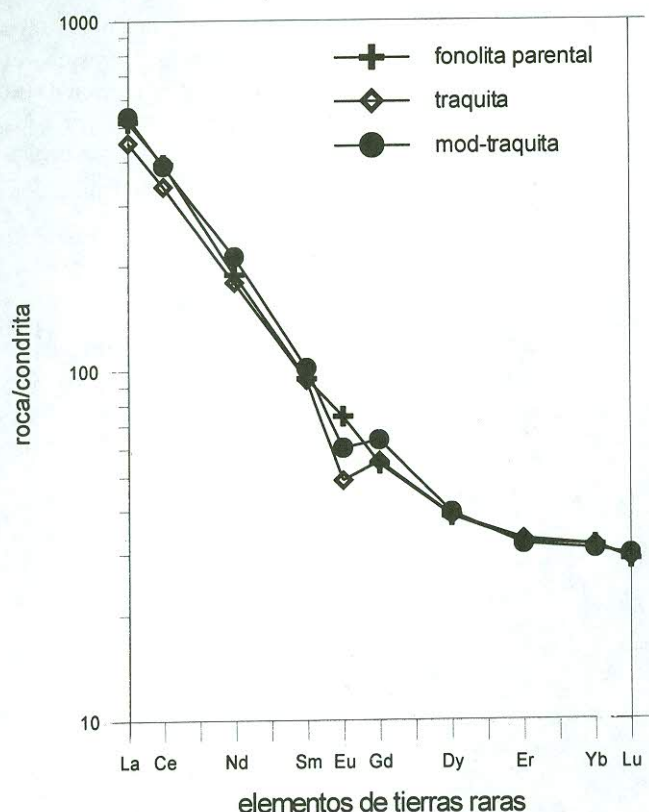


Figura 10. Modelo de cristalización fraccionada de una fonolita y la traquita resultante.

y las modificaciones posteriores del líquido primario debido a procesos de diferenciación, mezcla con otros magmas, asimilación, metasomatismo, etc.. Para ello, es necesario conocer las relaciones geológicas de dichas rocas con las unidades circundantes y, si las rocas estudiadas son intrusiones, es importante estimar la profundidad y mecanismos de emplazamiento. La petrografía es esencial para determinar las fases presentes durante la cristalización y una herramienta para fundamentar los parámetros a utilizar en los modelos matemáticos. El contenido de elementos traza permite estimar la composición de la roca parental, los minerales residuales, la secuencia de minerales involucrados en la diferenciación y, junto con las relaciones isotópicas, la extensión de la contaminación con otras rocas. Los ejemplos aquí tratados son una aplicación directa de las ecuaciones formuladas.

En la parte II de este trabajo se tratará el tema del modelado cuantitativo de procesos magmáticos utilizando las relaciones isotópicas de algunos elementos traza (Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, Lu-Hf y Re-Os). El estudio de estos sistemas isotópicos tiene la capacidad de ampliar y sustentar las hipótesis de evolución de magmas y su relación con ambientes tectónicos adquiridas con los criterios descritos en este trabajo.

REFERENCIAS

- Allègre, C.J. and Minster, J.F., 1978. Quantitative models of trace element behavior in magmatic processes. *Earth and Planetary Science Letters*, 38, 1-25.
- Arth, J.G. and Hanson, G.N., 1975. Geochemistry and origin of the early Precambrian crust of northeastern Minnesota. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39, 325-362.
- De Paolo, D., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters*, 53, 189-202.
- Hanson, G.N., 1978. The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. *Earth and Planetary Science Letters*, 38, 26-43.
- Marsh, B.D., and Kantha L.H., 1978. On heat and mass transfer from an ascending magma. *Earth and Planetary Science Letters*, 39, 435-443.
- Shaw, D.M., 1970. Trace element fractionation during anatexis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34, 237-243.1
- Sun, S.S. and Hanson, G.N., 1976. Rare earth element evidence for differentiation of McMurdo volcanics, Ross Island, Antarctica. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 54, 139-155.

RED SÍSMICA TEMPORAL DE LA PAZ: BOLETÍN DE INFORMACIÓN SÍSMICA (SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 1996)

Luis Munguía-Orozco¹, Tito Valdéz-López¹, Miguel Navarro-Sánchez¹, Arturo Cruz-Falcón¹ y Sergio Mayer-Geraldo²

¹Depto. de Sismología, División Ciencias de la Tierra, CICESE
Km 107, Carretera Tijuana-Ensenada, C.P. 22860, Ensenada, Baja California, México.

²Depto. de Geología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur
A.P. 19-B, La Paz, Baja California Sur, México.

INTRODUCCIÓN

En este boletín se proporciona información sobre la sismicidad registrada por la Red Sísmica Temporal de La Paz, Baja California Sur (RESIPAZ) que ha estado en funcionamiento desde el 4 de Septiembre de 1996 hasta el presente. Esta red se instaló como un proyecto financiado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). La idea de instalar esta red sismológica surgió posteriormente a la ocurrencia de los temblores del 30 de Junio de 1995 (Magnitudes Mw 6.2 y 5.8), los cuales causaron algunos daños materiales menores en la ciudad de La Paz y alarma generalizada entre sus alrededor de 200 000 habitantes. Originalmente se contempló la instalación de cuatro estaciones analógicas que funcionaran de Septiembre a Diciembre de 1996, como un experimento exploratorio que proporcionara información respecto al nivel de la actividad tectónica de la región. Actualmente ya se mantienen cinco estaciones en operación.

En los primeros tres meses de monitoreo sísmico se ha registrado una cantidad significativa de eventos, algunos de los cuales alcanzaron magnitudes de alrededor de 3.0. Un conteo de eventos en los sismogramas obtenidos indica que, en promedio, se registran diariamente de 10 a 15 microtemblores con magnitudes mayores o iguales a 1.0. Esta actividad sísmica es evidencia de la reactivación de la falla La Paz, la cual se manifestó claramente en los temblores del 30 de Junio de 1995. Con base en esto, y dada la importancia de obtener información sobre los procesos tectónicos de la región, se hará lo posible por continuar nuestro monitoreo sísmico con esta red de cinco estaciones durante 1997.

El contenido del presente trabajo incluye información detallada respecto a la ubicación de las estaciones, al tipo de instrumentos que las constituyen y a los parámetros hipocentrales de los temblores que fueron localizados.

OBJETIVOS

El objetivo específico de la Red Sísmica Temporal de La Paz es proporcionar información precisa que permita localizar los epicentros de todos los temblores que ocurran en el entorno

de La Paz. La correlación de estos epicentros con las fallas que existen en la región será de utilidad para entender como el régimen de esfuerzos que controla al sistema principal de fallas del Golfo de California influye sobre la región. Ésto es de importancia para la obtención de evaluaciones confiables del posible riesgo sísmico que la actividad tectónica de la región plantea a la ciudad de La Paz y a otras poblaciones en desarrollo.

Los objetivos específicos de la red son:

Monitorear continuamente la actividad sísmica de la zona de falla La Paz con cinco estaciones analógicas.

Analizar la información registrada en términos de la distribución geográfica de los epicentros, las profundidades de las fuentes sísmicas, las magnitudes y la correlación de los temblores con las fallas regionales.

Difundir los resultados entre la comunidad científica y las autoridades del gobierno de Baja California Sur, a través de boletines sísmicos, informes técnicos y publicaciones en revistas científicas.

ANTECEDENTES SÍSMICOS DE LA REGIÓN

El sistema de fallas del Golfo de California define una sección de la frontera entre las grandes placas tectónicas del Pacífico y Norteamérica (Figura 1). La actividad sísmica generada por este sistema de fallas es moderada, con temblores fuertes que pueden alcanzar magnitudes hasta de alrededor de los 7.0 grados. El régimen tectónico de esfuerzos que controla este sistema de fallas influye en las regiones aledañas, dando lugar a la generación de fallas de segundo orden que ocasionalmente producen temblores que causan daños y alarma en los centros de población.

Una de las fallas asociadas al sistema del Golfo de California es la falla La Paz. Esta falla es una estructura que cruza la península, desde la porción oriental de la Isla Espíritu Santo hasta el Océano Pacífico, prolongándose a través del cañón submarino La Tinaja. En este último la falla forma una amplia zona de fallas subparalelas, con bloques aparentemente caídos hacia el Este. Las evidencias sísmicas y cartográficas sugieren tanto sentidos de movimiento lateral izquierdo como derecho,

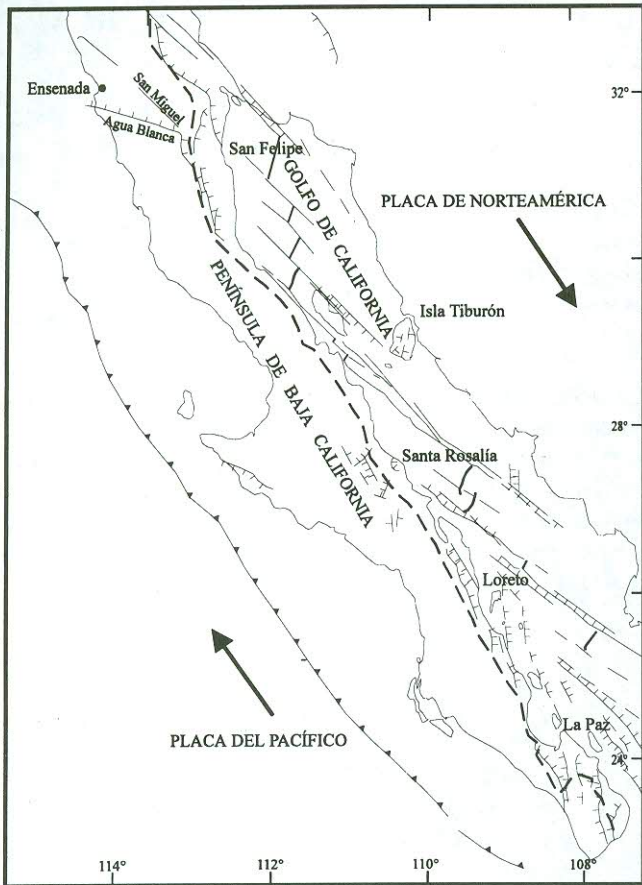


Figura 1. Sistema de fallas del Golfo de California. Este sistema constituye la frontera entre las placas Pacífico y Norteamérica.

no pudiéndose determinar con precisión la dirección de desplazamiento horizontal (Normark y Curray, 1968; Molnar, 1973).

El registro histórico de la sismicidad de la región de La Paz es virtualmente nulo. Al menos para los últimos 50 años no se tiene conocimiento de que hayan ocurrido temblores fuertes en la vecindad de la ciudad de La Paz. Los únicos tres temblores de importancia que han ocurrido en la región de interés en las últimas décadas fueron reportados por Molnar (1973). El primero ocurrió el 4 de Abril de 1969, tuvo una magnitud igual a 5.6 y un epicentro al Este de la Isla Cerralvo. Los otros dos, ambos de magnitud 5.3, ocurrieron el 21 y el 22 de Agosto de 1969, y fueron asociados con el segmento suroeste de la falla La Paz, ya en el interior del Océano Pacífico. Las soluciones de plano de falla determinadas por Molnar (1973) para estos eventos indican una combinación de movimientos lateral izquierdo y normal.

A excepción de los sismos reportados por Molnar (1973), durante los últimos años los temblores de magnitud más relevante habían ocurrido siempre en el interior del Golfo de California. Sorpresivamente, en la mañana del 30 de Junio de 1995 la población de La Paz sintió los fuertes efectos de dos temblores de magnitudes 6.2 y 5.8. Estos temblores, originados

por la falla La Paz, tuvieron sus epicentros al norte de este importante centro de población, a distancias de unos 50 y 20 km del centro de la ciudad, respectivamente (Figura 2). Se reportaron algunos daños materiales en la ciudad de La Paz y se observó alarma generalizada entre sus habitantes. Es importante hacer notar que no se obtuvo ningún registro sísmico en la vecindad de estos temblores por no existir estaciones sismológicas en la región. Las estaciones más cercanas a los epicentros de estos eventos están ubicadas a varios cientos de kilómetros. Consecuentemente, la ubicación geográfica de estos temblores se obtuvo con datos de estaciones sismológicas lejanas, de manera que los parámetros hipocentrales determinados solo son una primera aproximación a los parámetros reales de esos temblores. Los epicentros de estos temblores se indican con las estrellas en la Figura 2.

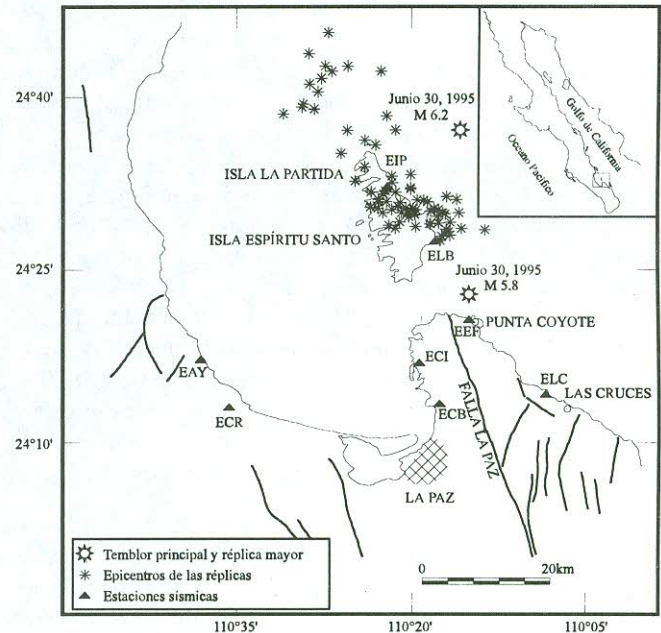


Figura 2. Epicentros del temblor de La Paz y de algunas réplicas registradas durante los 15 días posteriores a la ocurrencia del evento principal.

INSTRUMENTACIÓN DE LA ZONA DE FALLA LA PAZ

RED SÍSMICA TEMPORAL INSTALADA EN 1995

Posterior a la ocurrencia de los temblores de Junio de 1995 se instaló, por parte del CICESE, una red temporal de estaciones sismológicas (analógicas y digitales) en la vecindad de La Paz, para registrar la actividad subsecuente. Estas estaciones se indican en la Figura 2 con los triángulos. En un periodo de solamente 12 días la red registró varios cientos de temblores, algunos de los cuales tuvieron magnitudes (Richter) hasta de 3.5. Esta actividad subsecuente, sin embargo, continuó por mucho más tiempo, existiendo la posibilidad de que aún continúe, como se hará notar posteriormente. Desafortunadamente, y por cuestiones económicas, no fue

posible mantener en operación esa red temporal por un período más largo. Los epicentros de las réplicas registradas definieron una zona elongada que se extiende al Este de la Isla Espíritu Santo (asteriscos en la Figura 2) y orientada noroeste-sureste. Esta distribución de epicentros es consistente con los notorios deslizamientos de material observados en el flanco Este de la Isla Espíritu Santo. Los resultados preliminares del estudio de la información registrada se describen en un informe técnico preparado por Munguía (1995).

RED SÍSMICA TEMPORAL INSTALADA EN 1996

A un año de la ocurrencia de los temblores fuertes de Junio de 1995, una red sísmica temporal, consistente en cuatro estaciones analógicas, inició sus operaciones a partir del 4 de Septiembre de 1996 con financiamiento del CICESE. Posteriormente se añadió una quinta estación analógica a la red. En la Figura 3 se muestra la ubicación de las estaciones que configuran la red (triángulos). Estas estaciones registran las señales detectadas en papel ahumado, lo cual constituye una limitante en la información que se extrae de los sismogramas generados. No obstante, los tiempos de arribo de las diferentes ondas elásticas, medidos directamente en los sismogramas, son de gran utilidad para la determinación de los epicentros de los temblores que las originaron.

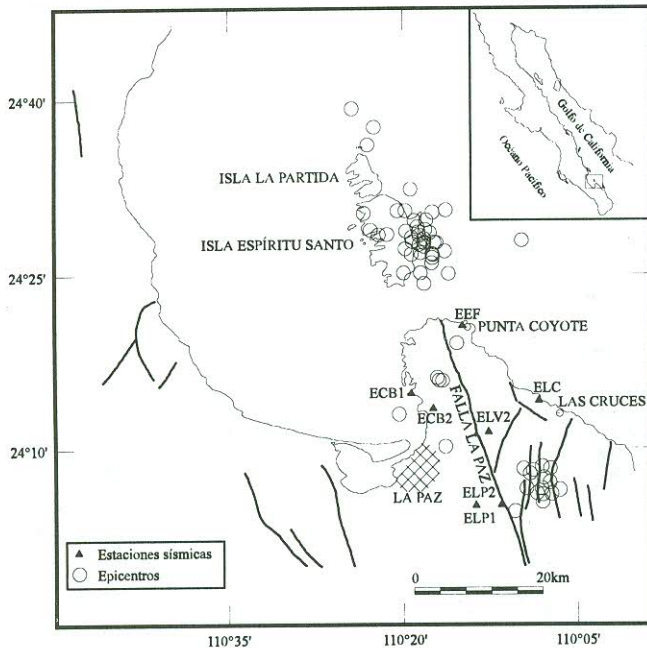


Figura 3. Actividad sísmica registrada en el periodo Septiembre-Octubre de 1996.

La función principal de una red sismológica es la determinación precisa de los hipocentros con base en los tiempos de arribo de las diferentes fases sísmicas presentes en los sismogramas. La elección de los sitios de registro de la Figura 3, se hizo de tal manera que el ruido sísmico de fondo fuera mínimo en cada uno de ellos. Las ganancias de operación permitidas por los niveles de ruido de cada sitio van de 66 a 84 decibeles.

La instrumentación instalada consiste en sismógrafos Sprengnether, modelo MEQ-800, con sensores Kinematics, modelo Ranger SS-1 de periodo corto (1 seg). Estos sismógrafos registran, en papel ahumado, la componente vertical del movimiento del suelo. El control de tiempo en los registros se proporciona a través de receptores de tiempo WWVB integrados a los equipos, con los cuales se logra que el código de esta señal de tiempo sea inscrita en los sismogramas a periodos regulares de 6 horas. La Tabla 1 presenta la relación de estaciones y la información correspondiente a sus coordenadas geográficas. En la tabla se indican más de cinco sitios de registro debido a que algunas estaciones tuvieron que ser reubicadas en sitios menos ruidosos. La localización final de las estaciones reubicadas corresponde a aquellas cuyos códigos terminan en 2.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones

Estación	Código	Latitud	Longitud
Las Cruces	ELC	24°14.105'	110°08.361'
Costa Baja 1	ECB1	24°13.292'	110°17.509'
Costa Baja 2	ECB2	24°13.306'	110°17.538'
El Faro	EEF	24°20.567'	110°14.990'
La Presa 1	ELP1	24°05.221'	110°13.828'
La Presa 2	ELP2	24°04.952'	110°11.605'
Las Vinoramas 1	ELV1	24°11.277'	110°12.702'
Las Vinoramas 2	ELV2	24°11.261'	110°12.720'

La instalación de esta red sísmica temporal en la zona de falla La Paz es una más de las contribuciones del CICESE a los estudios de áreas sísmicas del estado de Baja California Sur. En los últimos 10 años se han realizado estudios de microsismicidad en el área de San Carlos (Wong y Munguía, 1989), en el complejo volcánico Las Tres Virgenes (Munguía y Wong, 1995) y en la sección norte de la falla La Paz (Munguía *et al.*, 1992; Munguía, 1995). La información que está produciendo la red aportará conocimientos adicionales a los obtenidos en los estudios realizados en 1989 y 1995 en la zona de falla La Paz. De este modo se espera que las localizaciones detalladas de los epicentros, los mecanismos focales determinados y los parámetros de fuente calculados permitan, en un futuro no muy lejano, examinar los patrones de ocurrencia sísmica y analizar la manera en que la corteza evoluciona en su preparación para la generación de temblores fuertes. La información producida por esta red y los resultados derivados de su estudio serán de utilidad en el desarrollo de programas enfocados hacia la reducción del peligro sísmico de La Paz y en el diseño de obras civiles con capacidad para resistir fuertes oscilaciones sísmicas. Ésto, en regiones de actividad sísmica, ha sido de gran valía para minimizar las pérdidas materiales y humanas comúnmente observadas durante la ocurrencia de temblores fuertes.

La difusión de la información obtenida con la red de La Paz se hará a través de boletines como éste, informes técnicos y publicaciones en revistas científicas.

LOCALIZACIÓN DE EPICENTROS

Para la localización de los epicentros, se midieron los tiempos de arribo de las fases P y S radiadas por las fuentes de los eventos registrados. En virtud de que los sismogramas tienen marcas de minuto a cada 120 mm, la resolución obtenida en este proceso de lecturas de tiempo es de alrededor de ± 0.05 segundos para ondas P. En el caso de ondas S la precisión es generalmente menor. Cuando los tiempos de arribo de las ondas S no son suficientemente claros se eliminan del proceso de localización.

Del proceso de localización se obtuvieron 63 epicentros preliminares, los cuales fueron determinados usando el programa HYPO71 de Lee y Lahr (1975). Estos epicentros se graficaron con círculos en la Figura 3. En el proceso de localización de epicentros, factores como la validez del modelo de velocidades utilizado y las anomalías de velocidad que puedan existir en la región juegan un papel importante en la determinación de los parámetros hipocentrales. Debido a que no se cuenta con información que permita especificar un modelo de velocidades para la corteza de la Tierra en la región de La Paz, se utilizó preliminarmente el modelo de velocidades indicado en la Tabla 2, el cual es una extrapolación de información litológica del área de San Carlos, Baja California Sur (López-Ramos, 1982).

Tabla 2. Modelo de velocidades utilizado en la localización de los parámetros hipocentrales

Velocidad (km/seg)	Espesor (km)
3.8	4.0
5.3	9.0
6.6	11.4
7.8	∞

La relación completa de los eventos localizados se presenta en la Tabla 3. Conjuntamente con los parámetros hipocentrales se incluyen también los errores estándar producidos en su determinación. Todos los temblores de esta tabla cumplen con el criterio de que el valor del error cuadrático medio de los residuales, RMS, sea menor a 0.3 segundos, y que los errores estándar del epicentro, ERH, y de la profundidad focal, ERZ, a excepción de unos cuantos eventos, sean menores o iguales a 3.0 km. Por esta razón, y por el hecho de que un buen número de los microtemblores grabados no se pudieron localizar, por no haber sido registrados en un número suficiente de estaciones, es claro que la cantidad de eventos que aparece en la Tabla 3 no representa la sismicidad total detectada por la red. Como se indicó anteriormente, un conteo de eventos en los sismogramas obtenidos indica que, en promedio, se registran diariamente de 10 a 15 microtemblores con magnitudes mayores o iguales a 1.0.

Tabla 3. Epicentros localizados para temblores ocurridos en la zona de falla La Paz durante Septiembre y Octubre de 1996

Fecha	Tiempo Origen	Latitud	Longitud	Prof.	Mag.	RMS	ERH	ERZ
960906	720 49.79	24°25.13	110°18.51	12.54	1.99	0.12	2.7	0.6
960906	1320 13.72	24°26.43	110°17.49	9.36	1.90	0.13	1.7	0.9
960907	2039 45.28	24°29.66	110°18.02	11.70	2.03	0.09	2.3	0.6
960908	602 30.82	24°28.58	110°17.71	8.03	1.71	0.00	0.0	0.0
960908	927 14.91	24°27.41	110°18.22	12.06	1.84	0.02	0.8	0.3
960908	1544 21.06	24°28.06	110°18.21	12.21	1.58	0.00	0.0	0.0
960909	1411 59.11	24°26.99	110°16.43	12.63	1.97	0.03	0.3	0.1
960909	2102 31.96	24°26.77	110°17.52	12.94	2.13	0.09	1.1	0.3
960912	1414 21.51	24°26.68	110°17.45	17.94	2.52	0.24	3.5	2.5
960912	1710 51.24	24°25.06	110°16.11	19.33	2.11	0.11	2.2	1.5
960913	227 05.71	24°28.72	110°19.75	10.77	2.41	0.10	2.1	3.1
960913	421 57.81	24°28.65	110°18.69	11.13	2.16	0.09	1.6	0.7
960918	1449 16.51	24°06.62	110°09.44	12.04	2.32	0.12	1.6	0.8
960920	2013 07.77	24°07.83	110°09.15	2.55	2.59	0.20	1.6	0.5
960921	502 44.45	24°08.13	110°08.89	1.42	1.96	0.08	0.0	0.0
960921	2126 26.32	24°08.25	110°09.70	1.98	2.24	0.09	0.0	0.0
960921	2127 43.45	24°06.15	110°07.27	4.00	1.88	0.13	0.0	0.0
960922	1540 05.63	24°08.45	110°08.10	1.39	2.31	0.01	0.0	0.0
960923	1333 32.73	24°27.90	110°09.81	19.75	2.12	0.01	0.7	0.3
960926	1017 02.07	24°26.73	110°19.29	12.96	1.51	0.11	2.4	0.6
960926	110°3 20.95	24°12.91	110°20.37	12.71	2.10	0.03	0.4	0.3
960928	1752 40.24	24°30.51	110°16.33	11.13	2.96	0.05	0.9	0.4
960929	305 01.50	24°28.44	110°21.37	11.76	2.26	0.03	0.8	0.5
961001	2157 00.08	24°27.73	110°17.15	11.91	2.04	0.07	1.4	0.5
961002	142 24.27	24°27.73	110°18.18	16.00	2.16	0.06	1.2	1.0
961002	1600 26.82	24°08.27	110°07.40	11.11	2.33	0.02	0.4	0.4
961004	1233 22.03	24°27.75	110°17.33	9.77	2.22	0.06	0.9	1.2
961006	150 18.24	24°32.30	110°19.36	10.49	2.03	0.12	2.9	1.3
961006	1814 27.80	24°10.15	110°16.40	11.80	2.19	0.10	1.5	1.5
961007	1157 29.47	24°06.20	110°08.53	9.89	2.19	0.27	2.3	1.5
961010	2239 59.59	24°27.80	110°19.17	11.97	1.90	0.07	0.9	0.3
961011	815 17.81	24°28.84	110°18.11	12.03	1.71	0.05	1.0	0.2
961011	919 16.61	24°25.99	110°17.55	12.44	2.26	0.06	0.9	0.3
961011	1131 25.21	24°26.85	110°18.52	12.91	1.92	0.11	1.8	0.5
961011	1926 07.54	24°39.22	110°24.37	20.49	2.10	0.04	1.3	0.5
961011	1926 11.82	24°24.21	110°18.21	17.02	2.00	0.30	1.3	0.8
961012	851 57.18	24°25.13	110°19.97	11.85	1.88	0.04	0.9	0.2
961012	944 25.34	24°05.49	110°08.06	8.06	1.63	0.00	0.0	0.0
961013	145 53.84	24°15.81	110°16.94	13.49	1.45	0.09	0.9	1.4
961013	415 56.92	24°15.79	110°16.65	14.31	1.56	0.08	0.4	0.6
961013	905 48.11	24°16.05	110°17.09	15.11	1.71	0.08	0.5	0.7
961015	158 48.96	24°07.50	110°07.95	2.33	1.58	0.17	1.8	4.1
961015	703 54.95	24°06.09	110°08.02	7.46	1.00	0.07	0.8	0.8
961015	704 12.25	24°04.70	110°10.42	11.24	1.78	0.07	1.7	0.6
961015	705 30.21	24°06.48	110°06.56	1.25	1.87	0.22	1.3	1.3
961015	1131 02.72	24°51.72	110°15.00	17.57	2.14	0.10	3.7	1.1
961015	1956 06.21	24°19.04	110°15.41	11.43	2.22	0.17	1.0	1.4
961017	1417 17.81	24°27.57	110°18.61	12.45	2.80	0.07	1.0	0.3
961017	1928 21.53	24°28.34	110°18.62	12.03	2.25	0.10	1.3	0.5
961017	2105 35.48	24°28.15	110°19.27	11.11	1.90	0.08	0.7	0.2
961019	237 55.84	24°29.62	110°19.03	11.38	1.72	0.08	1.2	0.4
961019	1524 25.18	24°28.81	110°22.80	10.97	2.48	0.15	2.0	0.6
961019	1540 39.59	24°30.26	110°23.39	11.08	2.70	0.17	2.2	0.8
961020	1419 05.82	24°36.09	110°23.05	13.34	2.09	0.01	0.1	1.3
961020	1419 08.39	24°27.20	110°19.81	12.89	2.03	0.08	2.1	0.1
961021	1410 23.23	24°30.45	110°20.49	11.27	2.53	0.11	1.5	0.5
961023	1302 22.12	24°30.46	110°19.80	10.49	2.06	0.07	0.8	0.3
961025	254 33.26	24°30.33	110°17.48	10.05	2.37	0.14	0.7	0.5
961028	840 49.98	24°37.62	110°22.49	21.87	2.41	0.04	1.1	0.4
961028	1018 22.72	24°28.39	110°22.10	11.91	3.03	0.16	1.7	0.5
961028	1332 56.78	24°29.07	110°18.78	12.34	3.03	0.03	0.5	0.1
961028	1749 10.63	24°07.10	110°07.43	2.65	2.50	0.15	0.7	0.5
961031	621 24.19	24°06.59	110°08.12	7.43	2.80	0.12	1.1	1.2

CÁLCULO DE MAGNITUDES

Las magnitudes asignadas a los eventos de la Tabla 3 fueron calculadas con la expresión

$$M_T = -0.45 + 1.81 \log(\tau) + 0.0033 \Delta$$

donde τ es la duración de la señal, medida (en segundos) a partir del inicio de la señal de la onda P hasta que la amplitud de la señal se confunde con el ruido observado en el sismograma, y Δ es la distancia epicentral (en kilómetros). Esta expresión, obtenida empíricamente por González-Ruiz y Munguía (1992) con datos de temblores de la región norte de Baja California, se

utilizó con los eventos de este boletín por no existir una expresión propia para la región.

OBSERVACIONES GENERALES

En la Figura 3 se muestra un mapa con la distribución geográfica de los epicentros determinados (círculos) e incluidos en la Tabla 3. Las magnitudes calculadas a partir de la duración de la señal están entre 1.0 y 3.0, mientras que las profundidades focales calculadas varían entre 2 y 20 km, aunque la gran mayoría de los temblores ocurrieron a profundidades entre 10 y 13 km.

La distribución de epicentros delimita claramente dos zonas de actividad importantes, una localizada en el costado Este de la Isla Espíritu Santo y la otra hacia el Este de la ciudad de La Paz. Fuera de estas dos concentraciones de epicentros solamente se observan algunos epicentros dispersos en la región. Al parecer los temblores generados al Este de la Isla Espíritu Santo pueden ser considerados como réplicas de los temblores fuertes de Junio 30 de 1995, según lo sugiere la Figura 4, en la cual se graficaron los epicentros de réplicas registradas dentro de los 15 días posteriores a los temblores fuertes de 1995 conjuntamente con los epicentros de temblores registrados en el periodo Septiembre-Octubre de 1996. En esta figura, los epicentros marcados con los asteriscos corresponden a la actividad de 1995, mientras que los círculos indican la actividad registrada en 1996. Resulta interesante observar que durante el periodo en que se registraron las réplicas de los temblores de 1995 no se detectó actividad sísmica en la zona ubicada al Este de La Paz, donde ahora se localizó alrededor del 25 % de los eventos de la Tabla 3. Un estudio detallado, y con más información, deberá efectuarse para tratar de entender mejor los patrones de ocurrencia de la actividad sísmica de la región.

Finalmente, cabe hacer mención que las estaciones de RESIPAZ registraron los dos temblores de magnitudes 4.8 y 4.1 que ocurrieron el 1 de Octubre de 1996 en el interior del Golfo de California. Los epicentros de estos temblores fueron ubicados por el Servicio Geológico de Estados Unidos frente al poblado de Loreto, Baja California Sur. El temblor de magnitud 4.8 ocurrió a las 12 horas con 9 minutos (tiempo local) y sus efectos fueron fuertemente sentidos por los habitantes de este poblado. La distancia del centro de RESIPAZ a los epicentros de estos temblores es del orden de 250 km, razón por la cual no se hizo ningún intento por tratar de relocalizar los epicentros con los datos producidos por la red.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se lleva a cabo con los recursos y facilidades proporcionados por el CICESE. Se reconoce ampliamente a las autoridades de esta institución por el apoyo otorgado al proyecto. Se agradece también la colaboración de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, por hacer posible la

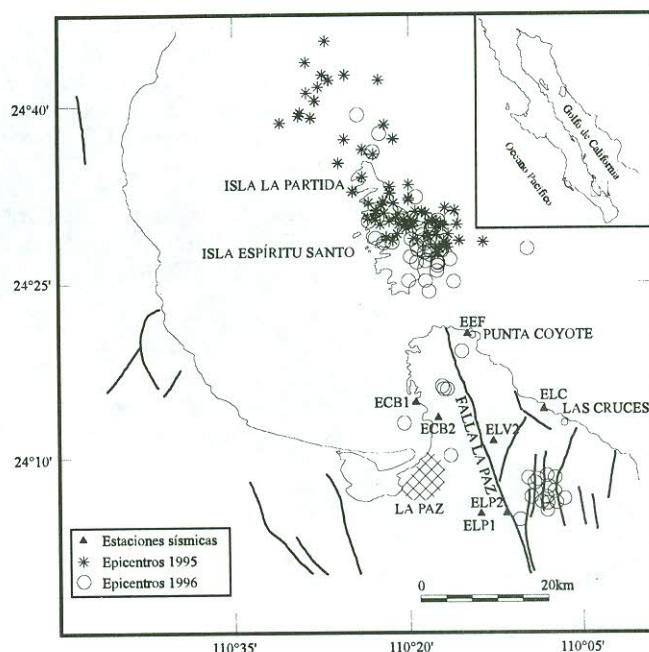


Figura 4. Gráfica conjunta de las réplicas del temblor de Junio 30 de 1995 (asteriscos) y de la sismicidad registrada durante Septiembre y Octubre de 1996 (círculos).

participación de Sergio Mayer Geraldo en el proyecto. Deseamos expresar nuestro reconocimiento a Armando Trasviña Castro y a Modesto Ortiz Figueroa, de la sede del CICESE en La Paz, por el apoyo que nos han proporcionado, y a Javier Gaitán Morán, de la U.A.B.C.S, por poner a nuestra disposición una unidad de transporte cuando fue necesario. Sus comentarios y sugerencias son también ampliamente apreciadas. Finalmente, deseamos extender nuestro agradecimiento a Manuel Luna Munguía y Victor Manuel Frías Camacho por su valiosa colaboración en la preparación de las figuras.

REFERENCIAS

- Brune, J. N., C. Lomnitz, C. Allen, F. Mooser, F. Lehner and A. Reyes, 1976, A permanent seismograph array around the Gulf of California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, V. 66, No. 3, pp. 969-978.
- González-Ruiz, L. y L. Munguía, 1992 (Trabajo no publicado), Una relación empírica entre magnitud local y duración de la señal sísmica para la región norte de Baja California.
- Lee, W. H. K. and J. C. Lahr, 1975, HYPO71 (Revised): A computer program for determining hypocenter magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. U. S. Geological Survey. Open File Report 75-311.
- López-Ramos, E., 1982, *Geología de México*, Tomo II.
- Molnar, P., 1973, Fault plane solutions of earthquakes and direction of motion in the Gulf of California and on the Rivera fracture zone. *Geological Society of America Bulletin*, V. 84, pp. 1651-1658.

- Munguía, L. y Wong V., 1995, Estudio de sismicidad en la zona geotérmica Las Tres Virgenes, Baja California Sur. La Sismología en México: 10 años después del temblor de Michoacán del 19 de Septiembre de 1985 ($M=8.1$). Monografía No. 2, Unión Geofísica Mexicana (F. Medina-Martínez, G. Suárez-Reynoso y L. Delgado-Argote, Editores), pp. 212-228.
- Munguía, L., Gaitán, J., Wong, V. y Mayer, S., 1992, Microsismicidad en la zona de la falla La Paz, Baja California Sur, México. Geofísica Internacional, V. 31, No. 3, pp. 279-287.
- Munguía, L., 1995, El temblor de La Paz, Baja California Sur, del 30 de Junio de 1995. Informe Técnico, CICESE.
- Normark, W. R. y Curaray, J.R., 1968, Geology and structure of the tip of Baja California, México. Geological Society of America Bulletin, 79, 1589-1600.
- Wong, V. y Munguía, L., 1989, Reporte preliminar sobre la actividad sísmica registrada del 14 de Abril al 11 de Mayo en la región de San Carlos, Baja California Sur. (Reporte Interno).

LA ASTRONÁUTICA Y LA FÍSICA ESPACIAL

Oscar García Zarco

Facultad de Ciencias, UNAM, Circuito Exterior, C.U., Coyoacán 04510, México D.F.
E-mail mmhe@minervaux.fcencias.unam.mx

Con el surgimiento de la Astronáutica se han abierto nuevas puertas al conocimiento, ya que la salida del hombre al espacio amplió la visión del Universo y de la Tierra, beneficiando a la Física Espacial y a las Ciencias del Espacio, entendiendo de una mejor manera los procesos que se dan en el medio interplanetario y los planetas.

Con el lanzamiento del Sputnik I en 1957 se inició la era espacial y nuevas implicaciones económicas, científicas, culturales y jurídicas se hicieron sentir en todos y cada uno de los países del mundo (Gall, 1991).

Los instrumentos abordo de satélites añadieron técnicas de exploración de los recursos del suelo y del subsuelo, ampliaron la transmisión de señales para telecomunicaciones y permitieron hacer pronósticos de las condiciones climatológicas más precisos.

Además, el hombre ha aprovechado la ingravidez para llevar a cabo experimentos tanto en estaciones permanentes, como la MIR soviética o como temporalmente sucede con el transbordador espacial. Estos experimentos han abierto un nuevo panorama en los procesos de optimización industrial y de investigación científica y médica principalmente.

Desde el Renacimiento surgió la inquietud de explorar otros mundos y saber si existía vida en esos lugares, principalmente en la Luna, de donde se nutrió la literatura de ficción bajo la pluma de varios escritores, entre los que destacan el francés Savinien Cyrano de Bergerac, quien en sus obras aludió por primera vez al cohete.

Posteriormente, Julio Verne con sus relatos de ciencia ficción dio una visión anticipada de lo que serían los futuros viajes al espacio diseñando una bala cónica como medio de transporte. Poco tiempo después Herbert George Wells escribió las desconcertantes narraciones tituladas "La Guerra de los Mundos" y "Los Primeros hombres en la Luna".

Paralelamente comenzó la Astronáutica entendida como la ciencia que estudia la navegación por el espacio interplanetario, que comprende el proyecto y diseño de vehículos espaciales, estudio de sus trayectorias así como técnicas de dirección, despegue y aterrizaje. Como disciplina formal nació hacia finales del siglo XIX cuando algunos científicos comenzaron a estudiar teóricamente los principios y las posibilidades técnicas de los viajes al espacio.

Se considera que el fundador de la Astronáutica es el ruso Konstantin Eduardovich Tsiolkovski. Él fue pionero en el estudio de las leyes físicas y matemáticas fundamentales en las

que actualmente se basa el diseño de los motores de los cohetes. Después, Hermann Oberth realizó un proyecto para un misil de combustible líquido, el cual no fué tomado en cuenta, pero en su libro "El camino al viaje espacial" dejó plasmados los principios de la propulsión iónica (Rycroft, 1990).

El primer cohete impulsado con combustible líquido fue construido por Robert Hutchings Goddard el cual superó el kilómetro de altura y alcanzó velocidades supersónicas. Sin embargo, el pionero más exitoso fue el ingeniero alemán Werner Von Braun que trabajó en el polígono militar de Peenemünde en la costa del Báltico, diseñando y construyendo los misiles V2 durante la Segunda Guerra Mundial. Acabada la guerra continuó sus estudios y experimentos en los Estados Unidos, dando vida a los misiles Redstone, Júpiter y más tarde al gigantesco Saturno, en el cual se pudo llevar a cabo el programa de alunizaje.

La era de la Astronáutica comenzó el 4 de octubre de 1957 con el lanzamiento del primer satélite artificial soviético Sputnik I que permaneció en órbita hasta el 4 de enero de 1958. Un segundo Sputnik, de mayor tamaño y con la perra Laika a bordo, se puso en órbita el 3 de noviembre de 1957. Los norteamericanos pusieron en órbita el satélite Explorer I el 31 de enero de 1958. En esta misión se utilizaron por primera vez los circuitos miniaturizados y se descubrieron los Anillos de Van Allen, los cuales son cinturones de radiación formados por partículas energéticas, electrones y protones atrapados por la fuerza del campo magnético terrestre.

Tras estas primeras misiones, la Astronáutica evolucionó rápidamente y durante los dos años siguientes surcaron el espacio diez satélites lanzados por soviéticos y norteamericanos. Destacando los Lunik de fabricación rusa que alcanzaron y fotografiaron la superficie lunar incluyendo la cara oculta de la misma, mientras que los norteamericanos establecieron un récord de comunicación con el satélite Pioneer V a una distancia de 30 millones de kilómetros. Soviéticos y norteamericanos consiguieron en 1960 hacer volver al Sputnik V con dos perros a bordo y al Discovery XIII respectivamente. Sin embargo, la fecha clave fue el 12 de abril de 1961, día en que por primera vez un hombre, el soviético Yuri Gagarin realizó un vuelo alrededor de la Tierra. La NASA logró poner en órbita a John H. Glenn a bordo de una cápsula Mercury el 20 de febrero de 1962. Los Estados Unidos siguieron haciendo pruebas en el marco de los programas denominados Mercury, Gemini y Apolo. El objetivo de este último fue llevar al hombre a la Luna. Apolo fué el nombre del programa espacial norteamericano y de las naves que formaron parte de él. El cohete Saturno V fue pieza fundamental ya que sus 700 tf¹ (tf: toneladas fuerza) de

empuje lograron que el 20 de julio de 1969 se concretara esta misión a la Luna y en el plazo de un trienio, (1969-1972) se posaron sobre suelo lunar un total de seis expediciones llevando en cada una de ellas dos astronautas. El programa norteamericano Skylab comenzó en 1973 y tenía como objetivo la puesta en órbita de estaciones destinadas a efectuar investigaciones sobre problemas meteorológicos, recursos terrestres y de resistencia del hombre en el espacio. El primer laboratorio espacial de este tipo debía permanecer en la misma órbita hasta 1983, pero al encontrarse en la órbita de decaimiento y a causa de perturbaciones magnéticas de la superficie solar, cayó en el suroeste de Australia el 11 de julio de 1979.

Por su parte, los rusos pusieron en órbita siete estaciones Salyut en once años. Las dos últimas Salyut VI y VII fueron objeto de largas ocupaciones con un record de 237 días en 1984. La última estación (MIR\I) que se mantiene en funcionamiento, está a 350 kilómetros de altitud y en 5 años (1986 - 1991) ha recibido a unos 30 cosmonautas, con permanencias de un año (Penot, 1994).

Las naves no tripuladas han tenido un papel importante para el desarrollo de la Astronáutica y de la investigación espacial y terrestre.

Destacan por la parte soviética los Lunik, Venera, Vega y Fobos que han estudiado la Luna, Venus y Marte respectivamente. Los norteamericanos han hecho casi lo mismo con sus sondas Surveyor a la Luna, Mariner y Magellan a Venus y Viking a Marte, pero la más audaz y arriesgada misión ha sido la de los Voyager I y II (Figura 1), ya que se encontraron con los planetas gigantes y obtuvieron un gran número de datos e imágenes que permitieron conocer con mayor precisión la composición química de las atmósferas, el descubrimiento de la actividad volcánica en Io y el sistema de tormentas en la alta atmósfera de Júpiter, de la compleja estructura que forman los anillos que rodean a Saturno, así como de los finos anillos que rodean a Urano y Neptuno y los sistemas de satélites alrededor de estos. Por otro lado, algunos países han fabricado cohetes y satélites con recursos propios, como el Sakigake japonés que pasó a 4.33 millones de millas del cometa Halley y la sonda Giotto de la Comunidad Económica Europea que pasó a 375 millas del Halley y a 125 millas del cometa Gregg-Skjellerup. Cabe destacar que los datos obtenidos por todos estos ingenios han servido para tener una visión diferente del Sistema Solar, de nuestro propio planeta y del universo. Se observó que el núcleo de un cometa semeja una 'bola de nieve contaminada', que los planetas gaseosos están rodeados de uno o más anillos y varios satélites de diferentes formas y tamaños.

México, através de la UNAM y de su programa de investigación y desarrollo espacial, ha colocado su primer microsatélite llamado UNAMSAT II, el cual fué diseñado y fabricado por el personal del programa y lanzado en Plesetsk, Rusia. Este satélite es de forma cúbica y se encuentra a una altura de 1000 Km en una órbita circumpolar y su función será medir por efecto Doppler la entrada de meteoritos a la órbita terrestre.

Los norteamericanos han puesto en órbita desde el 12 de abril de 1981 el transbordador espacial, el cual mejoró el confort de los astronautas durante el lanzamiento y el regreso y también reutiliza la nave que transporta a la tripulación a fin de reducir el costo de las misiones.

Esta nave se parece a un avión de ala delta, el cual lleva un compartimiento en la parte delantera con dos niveles para llevar hasta ocho pasajeros, cuenta con una bodega de 300 m³ que sirve para transportar satélites, equipo de soporte técnico y funciona como laboratorio (Penot, 1994).

Para 1994 se quería contar con una flota de 5 naves, pero en enero de 1986 uno de ellos, el Challenger, estalló siendo reemplazado por el Endeavour. Aunque el programa se suspendió durante 30 meses, éste continúa. En julio de 1996 la NASA aprobó el presupuesto de la nave que sustituirá al transbordador y será fabricado por la Lockheed, siendo un modelo conocido hasta ahora como X-33, el cual contará con un sistema de propulsión de plasma² (Plasma: gas ionizado electricamente neutro, compuesto de electrones o iones positivos energéticos).

Algunas de las misiones que han realizado los transbordadores en más de una década son:

Atlantis: Lanzamiento de la sonda Galileo a Júpiter.

Discovery: Transporte del telescopio espacial Hubble (Figura 2).

Columbia: Investigación del crecimiento de cristales de proteínas asociadas al virus del SIDA y el estudio de la adaptación del cuerpo al espacio.

Endeavour: Reparación del telescopio espacial Hubble (Figura 2).

Y algunas de las próximas a realizarse son:

Atlantis: Cuarto encuentro con la estación espacial MIR y quinto vuelo del Space Hab.

Columbia: Colocación de un satélite astronómico alemán.

Atlantis: Quinto encuentro con la estación MIR.

Discovery: Segunda misión de servicio al Hubble (Figura 2).

Columbia: Laboratorio científico de microgravedad.

En conclusión el desarrollo de la Astronáutica ha sido fundamental en el avance de la Ciencia y la Tecnología en las últimas tres décadas.

En el espacio se han llevado a cabo muchos experimentos, cuyos resultados han contribuido a mejorar las condiciones de vida en la Tierra, tal es el caso de la fabricación de los microcircuitos que ahora son utilizados en la elaboración de un sin número de aparatos de comunicación como los teléfonos

Hacia la Tierra

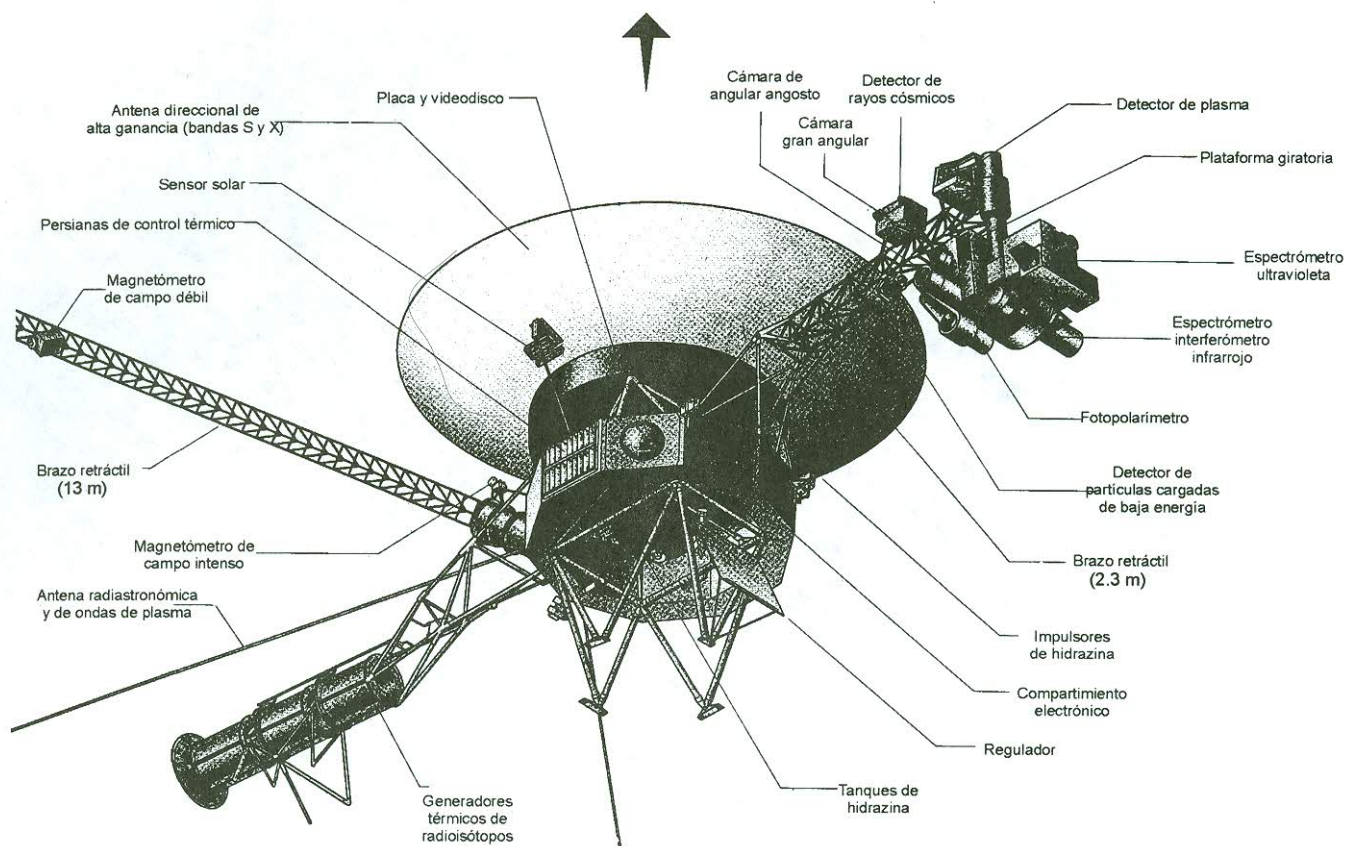


Figura 1 La sonda espacial Voyager y sus instrumentos (Modificado de The Cambridge Encyclopedia of Space).

celulares, la elaboración de ciertos medicamentos que han permitido avanzar en la lucha contra enfermedades como el cáncer y el SIDA y materiales más resistentes al calor como los utilizados en los trajes nuevos de bombero. Actualmente varios países del mundo, en particular los más industrializados participarán en la construcción de una estación espacial en donde de manera conjunta se podrán llevar a cabo un sin fin de experimentos en donde las Ciencias podrán interactuar de manera interdisciplinaria. En nuestro país se seguirá desarrollando el programa espacial con la construcción de microsátélites y es posible que en un futuro no muy lejano, México pueda participar junto con otros países en algún proyecto de índole internacional, por lo cual será necesario la formación de recursos humanos que incluyan desde estudiantes de Licenciatura de todas las áreas científicas hasta profesionales de la investigación.

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento a la Dra. Dolores Maravilla Meza por su apoyo y estímulo para realizar este trabajo, así como al M.C. Luis Alberto Delgado Argote por sus consejos y sugerencias.

REFERENCIAS

- Gall, R., et al., 1991, Las Actividades Espaciales en México: Una revisión crítica. Fondo de Cultura Económica, México D.F., 13-26 p.
- Ghitelman, D., 1989, Space Telescope, Gallery Books, New York, 61 p.
- Hagene, B., 1994, Los Planetas: El Sistema Solar, Colección Conocer la Ciencia, RBA Editores, Barcelona, 43-47 p.
- Penot, J-P., 1994, El Hombre en el Espacio, Conocer la Ciencia, RBA Editores, Barcelona, 38-41 p.
- Rycroft, M., 1990, The Cambridge Encyclopedia of Space, Cambridge University Press, Francia, 24-37, 86, 190 p.
- Villain, J., 1994, Los Cohetes, Colección Conocer la Ciencia, RBA Editores, Barcelona, 48-57 p.

Cámara Planetaria y Gran Angular

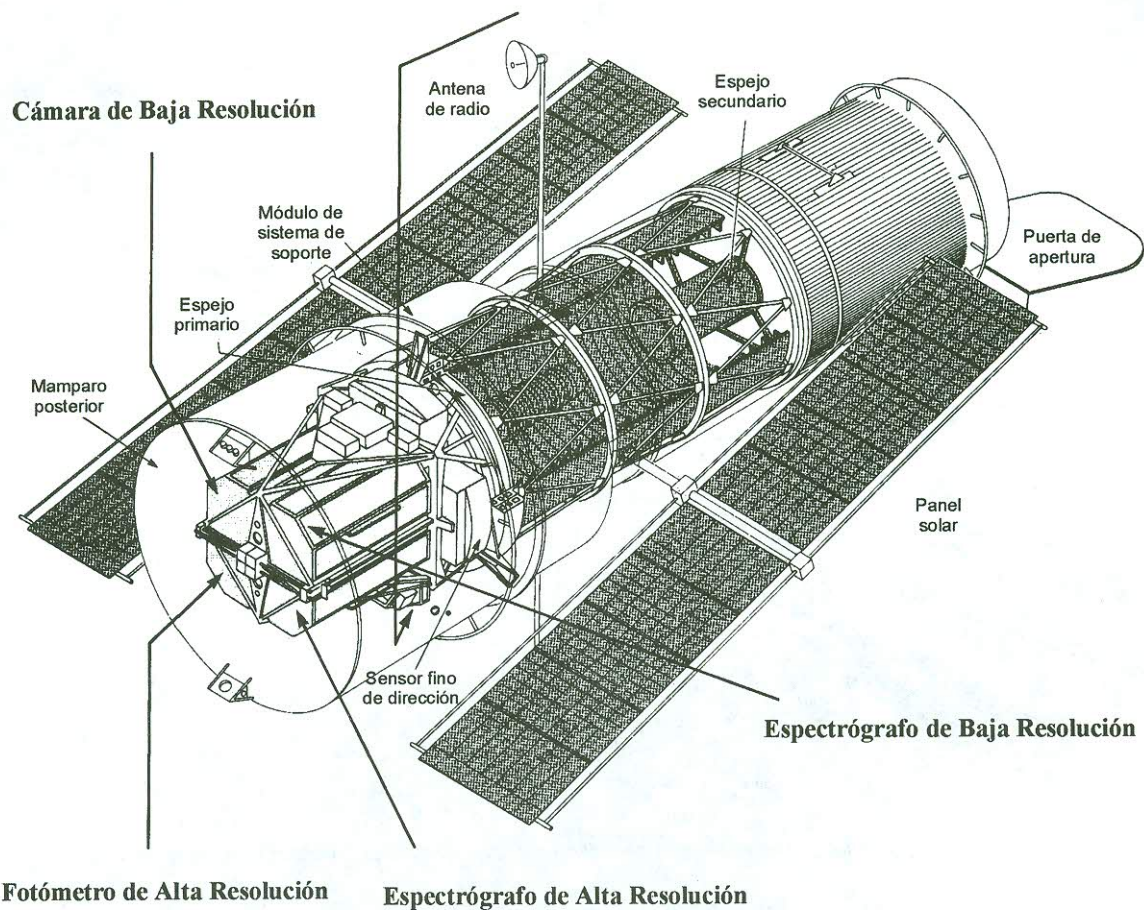


Figura 2. Telescopio espacial Hubble con los cinco instrumentos científicos, incluyendo dos cámaras, dos espectrógrafos y un fotómetro (Modificado de The Space Telescope).

LOS SISTEMAS DE ESTIMULOS, LA CREATIVIDAD Y LA ORTODOXIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN MÉXICO

J. Urrutia Fucugauchi

Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM, Del. Coyoacán 04510, D.F., México.

James Gleick en el prólogo de su libro sobre 'Chaos' nos hace una breve descripción de Mitchell Feigenbaum, uno de los contribuidores al origen y desarrollo de las investigaciones sobre sistemas dinámicos o caóticos, que conforma uno de los estereotipos de científico.

"En 1974, la policía del pequeño pueblo de Los Alamos, Nuevo México se interesó en un hombre que noche tras noche se le veía pasear por las callejuelas, envuelto en la oscuridad y distinguido solo por el rojizo resplandor de su cigarro... La policía se hubiera quizá sorprendido de conocer que no estaba sola en su preocupación sobre que es lo que hacía este personaje; los investigadores en el Laboratorio Nacional de Los Alamos también estaban interesados en el quehacer de su nuevo colega, adscrito a la División Teórica del laboratorio. Esta división fue establecida en los tiempos de Robert Oppenheimer; en los cuales más de una centena de físicos y matemáticos bien pagados y libres de las presiones académicas de enseñar y publicar habían construido una bien ganada reputación, mezcla de excelencia y excentricidad... Aún en ese ambiente, Feigenbaum era un caso que atraía la atención. Con tan solo un artículo publicado, parecía no estar trabajando en nada promisorio o particularmente interesante. Aún sus amigos se preguntaban si alguna vez sería capaz de hacer algo original o útil.

Feigenbaum solía clasificar los problemas en términos de 'tal cosa es obvia', que representaba algo que un físico educado debería poder entender después de una sesuda reflexión y los correspondientes cálculos. 'Algo no obvio' era una investigación propia para premios nobeles o similares. Después de estas dos clases de problemas..., estaban para él las 'cosas profundas'. Feigenbaum trabajaba en uno de esos problemas profundos: encontrar una ruta a través del desorden. Feigenbaum se interesaba en los sistemas no lineales o dinámicos, que eventualmente se agruparían simplemente como 'caos'. Una línea de investigación que estaba caracterizada en ese tiempo por improductiva, o al menos alejada de los problemas legítimos de la física, como podrían ser: la fusión laser, el spin y color de las partículas subatómicas o el origen del universo" (traducción libre y adaptación a partir de Gleick, 1987).

Lo que ocurrió unos cuantos años después forma ya parte de la historia de la ciencia, los estudios sobre caos han cambiado el panorama de la física y matemáticas modernas, al grado que algunos investigadores han remarcado que la ciencia del siglo XX se recordará principalmente por el desarrollo de tres ramas del conocimiento: "la relatividad", "la mecánica cuántica" y

"el caos". En tan solo unos cuantos años han surgido múltiples programas de investigación, grupos y aún institutos dedicados a la investigación de sistemas dinámicos y los congresos y las revistas sobre caos se han establecido y proliferado, como resultado del número creciente de investigadores en esta área. En Los Alamos, por ejemplo, se estableció en poco tiempo un Centro de Investigación sobre Sistemas No Lineales.

Algunos otros estudiosos de los sistemas no lineales en esas etapas tempranas tienen historias para contar similares a la de Feigenbaum. Otros siguieron caminos 'más tradicionales' en sus investigaciones. En el ambiente en que vivimos actualmente en nuestro país, que se ha aparentemente agudizado por las crisis económicas que recurrentemente nos asolan y en la que el futuro ('sobrevivencia', económicamente) de un investigador se mide en términos de la productividad científica (entendida ésta principalmente en términos del número de artículos publicados en revistas arbitradas y de circulación internacional) se nos antoja difícil que Feigenbaum y otros como él hubieran podido sobrevivir el suficiente tiempo como para poder realizar sus investigaciones. El desarrollo de ramas de la ciencia que revolucionan el conocimiento, como la ciencia del caos, no habrían podido surgir y mucho menos evolucionar bajo los esquemas tradicionales impuestos a los científicos por los grupos que controlan y que supuestamente dirigen el desarrollo científico en los ambientes académicos tradicionales. Sin embargo, una vez que estas ramas del conocimiento surgen y maduran, alcanzando notoriedad dentro y fuera de la comunidad científica, su desarrollo es aprovechado por los gobernantes, políticos y administradores de la ciencia, quienes entonces las enarbolan como ejemplo de los logros de la política científica.

En los últimos años se ha tenido un incremento en el número de artículos publicados en Ciencias de la Tierra en nuestro país. Este incremento aparentemente corresponde tanto al número global de artículos como al número de artículos por investigador. Ésto ha sido asociado a la imposición de esquemas de estímulos a la productividad y empleado como uno de los argumentos en favor de estos esquemas de apoyo al desarrollo de la ciencia. La imposición indiscriminada de estos esquemas, sin embargo, llevan el riesgo de inhibir un aspecto importante de la ciencia como es el de la creatividad. Dado que se premia la productividad científica y que ésta se cuantifica principalmente en términos del número de artículos publicados en revistas, los investigadores van más tarde o más temprano a preferir seguir aquellas líneas de investigación que más rápidamente den frutos (artículos). Cabe mencionar que este método de cuantificar la productividad científica ha sido cuestionado en repetidas ocasiones dentro y fuera de nuestro país. Como respuesta se ha

incluido dentro del esquema de evaluación el requisito de 'calidad'. La investigación debe de ser de 'calidad' para ser mejor considerada en el otorgamiento de los correspondientes estímulos. Sin embargo, ha sido difícil establecer que debe de ser entendido como 'calidad'. Para ello, y a falta de una mejor alternativa, se ha empleado una clasificación de las revistas. Las investigaciones de calidad son entonces aquellas publicadas en revistas de calidad. Lo que a su vez mueve el problema un paso sin haberse resuelto, al tenerse que establecer entonces los esquemas de clasificación de las revistas; un aspecto que no comentaremos más aquí, salvo el mencionar que estas son aquellas incluidas dentro del sistema del 'Science Citation Index'. Luego, dentro de esas publicaciones de calidad, aquellas que reciben un mayor número de citas reciben un mayor puntaje y son consideradas mucho mejores que aquellas no citadas. Este sistema de citas está también enmarcado dentro del sistema de clasificación de las revistas ya que solo las citas incluidas dentro del sistema del 'Science Citation Index' son consideradas dentro de las evaluaciones. Sin embargo ha sido claro que el número de citas refleja en buena medida el número de investigadores trabajando sobre el mismo tema o temas similares y no necesariamente la calidad (y mucho menos la creatividad y capacidad de innovación). De hecho, se podría establecer en algunos casos una correlación negativa entre el número de citas y las áreas de estudio originales en proceso de emergencia con un número reducido de personas interesadas en ellas. Resulta que aquellas investigaciones en campos que aún no emergen (como lo que ocurre en las etapas iniciales sobre los estudios de los sistemas dinámicos o caos) no reciben citas (simplemente porque aún no hay investigadores que trabajen sobre el tema). Aún en temas más maduros no se tiene una relación directa entre la supuesta calidad de un artículo y el número de citas que éste acumule. Las investigaciones en Ciencias de la Tierra pueden presentar estos efectos de una falta de correlación entre calidad y citas. Por ejemplo, aquellas investigaciones realizadas sobre un lugar geográfico dado serán de interés particular solo a otros investigadores que trabajen en esa zona y no necesariamente serán consecuentemente citadas o incluso leídas por la comunidad en general. Los trabajos de M. Milankovitch sobre los efectos del movimiento del planeta en los parámetros climáticos desarrollados en la primera parte del siglo, que no fueron publicados en inglés en alguna revista de prestigio internacional no hubieran merecido ningún puntaje en los esquemas de evaluación. Sin citas y en una publicación de reducida circulación, no parecían reflejar un trabajo promisorio. Actualmente la teoría astronómica del clima con los ciclos de Milankovitch constituyen los fundamentos más sólidos para estudiar y entender los cambios climáticos y las glaciaciones.

Cabe mencionar, que también podrían citarse ejemplos en los que investigaciones reportadas en revistas de baja circulación, y aún en revistas de prestigio, los estudios posteriores han mostrado serias objeciones. Es difícil, en general, establecer un indicador de la calidad de un estudio científico en base a parámetros tales como el idioma en que se reporta el estudio, la revista, casa editorial y país, etc.

Los esquemas de apoyo económico a investigadores que dependen de cuantificar la productividad y excelencia presentan el problema adicional de inhibir a las investigaciones que requieran de 'tiempo'. Por ejemplo, aquellas investigaciones que necesiten del desarrollo de infraestructura o de grupos de trabajo son de alto riesgo. El diseño, construcción, e implementación de laboratorios, que requieren de tiempo y esfuerzo, presentan el peligro para los investigadores involucrados de quedar en un momento dado fuera de los sistemas de estímulos. Este problema se agudiza en el caso de investigadores jóvenes, quienes necesitan un cierto número mínimo de artículos para poder ingresar a los niveles inferiores de los sistemas de estímulos. Es claro que el reportar que se ha invertido el tiempo y esfuerzo en conseguir apoyo económico en forma de proyectos para la implementación de un laboratorio o incluso el haber armado un laboratorio no es suficiente para el ingreso a los sistemas de estímulos.

La recomendación o mensaje que se envía a los investigadores es claro. Eviten todas aquellas investigaciones que requieran de tiempo y esfuerzo y no den frutos rápidamente. No se invierta tiempo en tareas de infraestructura o de formación de personal (exceptuando aquellas que reciban puntaje). Trate de trabajar preferentemente en aquellos temas de moda, en donde el número de investigadores activos le garantice un número mínimo de citas. No arriesgue el intentar trabajar sobre un tema fuera de las corrientes de moda por atractivo o innovador que éste le parezca. Trate de publicar exclusivamente en las revistas que reciben mayor puntaje (revistas internacionales y arbitradas). Evite en lo posible el apoyar las revistas locales, ya que esto es considerado una falta de calidad en su trabajo. Publicar en las revistas nacionales es equivalente a decir que usted 'no la hace afuera' y como sólo lo de 'afuera' es de calidad, usted evidencia claramente su 'falta'.

¿Es ésta la forma en que es deseable hacer investigación en el país? ¿Son los métodos de evaluación necesarios o adecuados? ¿Debemos conformarnos con jugar un papel pasivo en estas cuestiones de evaluación y decisión? ¿Como nos gustaría que fueran las condiciones? ¿Si las condiciones fueran ideales, estamos en capacidad de realizar una ciencia creativa? ¿Qué alternativas podríamos plantear para apoyar el desarrollo de la ciencia en nuestro país? ¿Sería deseable otorgar a los investigadores jóvenes un tipo de contrato similar a las becas de posgrado que les permita iniciar y realizar las investigaciones libres de las presiones de contratación anuales? ¿Qué tipo de contrato, cuántos años, qué condiciones?

SISMICIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO

GRUPO RESNOM

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

Apdo. Postal 2732, Ensenada, Baja California, 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 periodo comprendido de Octubre a Diciembre de 1996.

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 Rocoso 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 Gonzalez y García (1986).

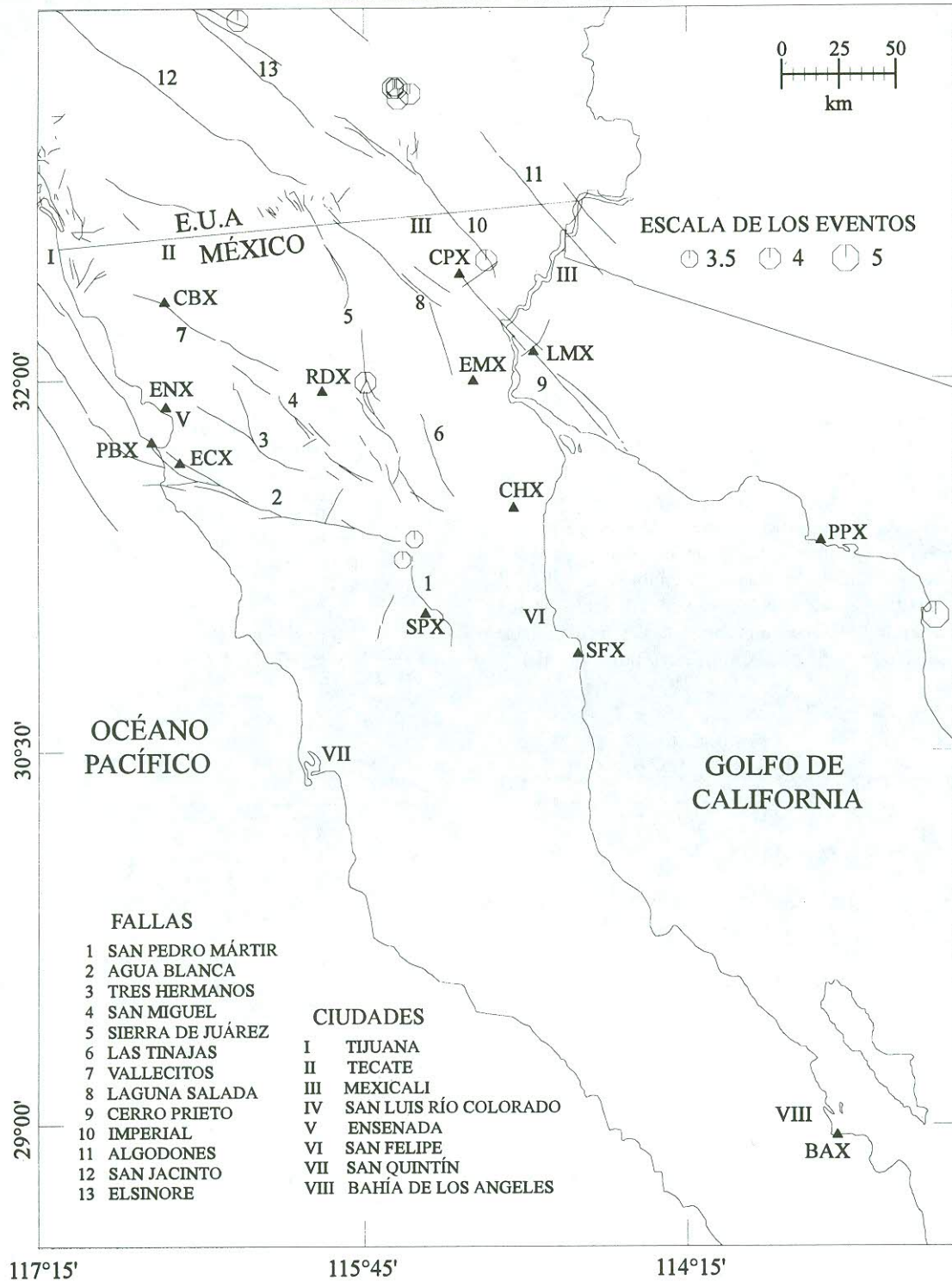
REFERENCIAS

- 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, 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.

DIA	TIEMPO			COORDENADAS		PROF.	M _D	RMS	NO	REGIÓN
	HR	MN	SEG	LAT. N	LON. O					
OCTUBRE 1996										
06	22	00	36.76	33 10.69	115 37.35	5.56	3.7	0.04	8	Localizado a 89 km al norte de CPX. (sur de la Falla San Andrés, EUA.).
06	22	08	19.88	33 10.68	115 35.89	8.00*	3.7	0.05	8	Localizado a 88 km al norte de CPX. (sur de la Falla San Andrés, EUA.).
07	01	22	00.44	33 09.46	115 36.68	8.00*	3.9	0.16	10	Localizado a 82 km al norte de CPX. (sur de la Falla San Andrés, EUA.).
08	04	13	19.26	31 01.06	113 05.79	4.00*	4.6	0.06	10	Localizado a 62 km al norte de PPX.
08	05	11	55.96	30 50.00	112 50.63	4.00*	4.4	0.05	10	Localizado a 90 km al norte de PPX.
12	22	25	04.14	32 51.06	118 16.90	12.10	3.6	0.12	10	Localizado a 163 km al noroeste de CBX. (frente a la costa de la Isla San Clemente, EUA.).
17	08	00	37.81	32 00.02	115 43.99	8.00*	4.2	0.09	8	Localizado a 21 km al este de RDX. (Falla Sierra de Juárez).
18	21	45	04.84	33 07.74	115 30.70	8.00*	3.7	0.06	7	Localizado a 80 km al norte de CPX. (norte de la Falla Imperial, EUA.).
NOVIEMBRE 1996										
02	19	17	46.83	33 05.74	115 35.51	8.00*	3.5	0.15	10	Localizado a 80 km al norte de CPX. (norte de la Falla Imperial, EUA.).
13	12	37	02.05	33 26.11	116 19.00	7.02	3.6	0.14	11	Localizado a 127 km al norte de CBX. (sur de la Falla San Jacinto, EUA.).
14	20	27	52.65	32 27.79	115 11.22	2.57	4.0	0.22	17	Localizado a 12 km al este de CPX. (entre las Fallas sur Imperial y norte Cerro Prieto).
DICIEMBRE 1996										
28	22	41	22.04	33 40.67	116 42.82	8.00	3.7	0.12	8	Localizado a 151 km al norte de CBX. (entre las Fallas Elsinore y San Jacinto, EUA.).
30	21	54	02.16	31 21.26	115 30.08	10.00*	3.6	0.30	21	Localizado a 34 km al norte de SPX. (sur de la Falla Agua Blanca).
31	02	09	35.50	31 15.88	115 33.68	15.97	3.6	0.12	18	Localizado a 26 km al norte de SPX. (norte de la Falla San Pedro Martir).

GRUPO RESNOM: Cecilio J. Rebollar Bustamante, Luis Orozco León, Julia del Carmen Sánchez Rodríguez, Oscar Gálvez Valdez, Francisco J. Farfán Sánchez, Ignacio Méndez Figueroa, Luis Inzunza Romero, Ruth Eaton Montaña

SISMICIDAD OCT-DIC/96



INFORME FINANCIERO UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA 1996

Saldo del ejercicio anterior en bancos Ensenada	\$ 76,367.31
Saldo del ejercicio anterior en México	\$ 15,000.00
SUMA AL 31 DE DICIEMBRE 1995	\$ 91,367.31
INGRESOS:	\$195,032.62
Aportaciones	\$ 55,653.50
Inscripciones Reunión anual	\$ 69,750.00
Membresías	\$ 19,950.00
Venta de libros	\$ 2,845.00
Venta de camisetas y vinos	\$ 6,100.00
Resúmenes	\$ 17,400.00
Cenas	\$ 6,950.00
Renta por piso p/exhibición	\$ 3,500.00
Intereses bancarios	\$ 12,884.12
EGRESOS:	\$200,546.59
Gastos de oficina (papelería)	\$ 3,376.87
Gastos de viaje	\$ 17,217.87
Gastos de impresión (publicidad, libros)	\$ 86,139.75
Gastos de envío (mensajería y postales)	\$ 6,267.32
Gastos varios (camisetas y vinos)	\$ 11,111.40
Gastos organización reunión anual	\$ 56,122.90
Impuestos y derechos	\$ 2,130.00
Gastos organización II Olimpiada	\$ 5,430.48
Gastos de Admón. (apoyo secr. contad., etc.)	\$ 12,750.00
SALDO AL 31 DE DICIEMBRE DE 1996	\$ 85,853.34
Integrado de la siguiente manera:	
Saldo en efectivo en Ensenada	\$ 4,144.14
Saldo en bancos en Ensenada	\$ 74,296.95
Saldo en efectivo en México	\$ 7,412.25

La Mesa Directiva desea agradecer la ayuda recibida por parte de innumerables colegas que colaboraron en las diferentes actividades de promoción y difusión que se llevaron a cabo durante 1996. Felicitamos también a los autores y árbitros que contribuyeron en las ediciones de GEOS durante ese año.

Finalmente, agradecemos a los institutos de Geofísica, Geología y de Ciencias de la Atmósfera, y Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM, así como a las divisiones de Ciencias de la Tierra, Oceanología y Dirección General del CICESE por su respaldo para realizar nuestras actividades con éxito.

DIRECTORIO DE MIEMBROS DE LA UGM 1997

Una vez más hemos construido una base de datos de la Unión Geofísica Mexicana. Esta vez, además de contener los nombres, direcciones y años en los cuales una persona ha pagado su cuota, le hemos asignado al miembro un número de afiliación que permitirá efectuar búsquedas más eficientes acerca de su estatus. La base contiene información sobre los ingresos de la UGM, lo que permite llevar la contabilidad relacionada con cada uno de los miembros, de instituciones aportadoras de recursos y de otras personas que efectúan otros tipos de pagos (inscripciones a congresos, revistas, libros, etc.).

Con base en este directorio se efectuarán los envíos de los números de **GEOS** y parte de los de **GEOFÍSICA INTERNACIONAL** de manera que, en vista de que este directorio es nuevo, es probable que la captura de las direcciones contenga algunos errores. 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.

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 o a la dirección que aparece en esta revista.

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

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA MIEMBROS 1997

Miembro	Nombre	Institución	División ó Instituto	Departamento ó Facultad	E-mail
20	Aguirre Díaz Gerardo J.	UNAM	Geología	Estación Regional del Centro	gjad@servidor.unam.mx
16	Alaniz Álvarez Susana A.	UNAM	Geología	Estación Regional del Centro	alaniz@servidor.unam.mx
19	Alatríste Vilchis David Rey	UNAM	Ciencias de la Tierra	Ingeniería	adavid@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
668	Alba V. Luis Manuel	UNAM	Geofísica		
3	Álvarez Borrego Saul	CICESE	Oceanología	Ecología	
4	Álvarez Borrego Josué	CICESE	Física Aplicada	Óptica	josue@cicese.mx
267	Álvarez Sánchez Luis G.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	lAlvarez@cicese.mx
8	Aragón Arreola Manuel de Jesús		Canteras El Taco	Geología	
18	Arellano Gómez Victor Manuel	IIE	Geotermia		vag@axp2.iie.org.mx
296	Bandy William L.	UNAM	Geofísica		
28	Barajas Díaz Pablo	ITESO			
30	Barragan Reyes Rosa Maria	CFE	Geotermia		
26	Bermúdez Angulo Maria Luisa	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	maria@gea.iingen.unam.mx
27	Bravo Cabrera José Luis	UNAM	Geofísica	O. de Radiación Solar	jibravo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
32	Buendía Carrera Enrique	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
632	Bulgakov Sergey N.	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	sbulgano@udg.serv.cencar.udg.mx
581	Cañón Tapia Edgardo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ecanon@cicese.mx
52	Carbajal Noel	U UTRECHT			oceaan@pi.net
557	Carbonell Ramón	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	rcarbonell@ija.csic.es
321	Cárdenas Soto Martín	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	martin@hermes.iingen.unam.mx
331	Carrasco Núñez Gerardo	UNAM	Geología		gerardoc@servidor.unam.mx
663	Castrejón Israel				
645	Castrejón Pineda Hector Ricardo	UNAM	Ciencias de la Tierra	Ingeniería	root@sacbe.fi-a-unam.mx
664	Charre Meza Adolfo Salomé	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	acharre@cicese.mx
624	Ciñuentes Gerardo	UNAM	Geofísica	Geomagnetismo y Exploración	gercifeu@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
558	Córdoba Barba Diego	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	dcordoba@eucmos.sim.ucm.es
58	Corona Ruiz Martín	CFE	Campo Geotérmico Cerro Prieto		
566	Correa Mora Francisco	UNAM	Geofísica	Geoquímica y Exploración	pancho@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
59	Cruz Castillo Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	
559	Dañobeitia Juan José	CSIC	Ciencias de la Tierra	Geofísica	jjdanobeitia@ija.csic.es
342	Davydova Belifskaya Valentina	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	vdavidov@udg.serv.cencar.udg.mx
75	Delgado Contreras Juan Antonio	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jdelgado@cicese.mx
82	Delgado Argote Luis Alberto	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	ldelgado@cicese.mx
454	Diego Orozco Arturo	IMP	Exploración y Producción	Geofísica	arturo@orion.expl.imp.mx
573	Elias Herrera Mariano	UNAM	Geología	Geología Regional	elias@servidor.unam.mx
86	Esparza Hernández Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	fesparz@cicese.mx
87	Espindola Castro Juan Manuel	UNAM	Geofísica		jme@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
92	Fabrial Beauville Hubert	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	hfabrial@cicese.mx
91	Ferrari Pedraglio Luca	UNAM	Geología	Estación Regional del Centro	luca@servidor.unam.mx
137	Filonov Anatoly E.	UDG		Físico Matemáticas	afilonov@udg.serv.cencar.udg.mx
348	Flores Luna Carlos Francisco	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	cflores@cicese.mx
96	Frez Cárdenas José	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	jofrez@cicese.mx
108	Galicia Pérez Marco Antonio	UCOL			galicia@volcan.ucol.mx
578	Gallegos Cruz Apolonio	IPN	Ciencias Básicas	Física	
101	García Abdeslem Juan	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jgarcia@cicese.mx
104	García Arthur Rosalía	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	arthur@cicese.mx
368	García García Fernando	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		dire@mviica.atmosfev.unam.mx
100	Garduño Monroy Victor Hugo	UMICH			
119	Gaviño Juan H.	UCOL			gavinho@volcan.ucol.mx
122	Glowacka Ewa	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	glowacka@cicese.mx
112	Gómez Valdés José	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jgomez@cicese.mx
121	Gómez Treviño Enrique	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica	egomez@cicese.mx
370	Graef Ziehl Federico	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	fgraef@cicese.mx
388	Grajales Nishimura Manuel	UNAM	Geología	Geología Regional	



Rolando Labacha

Miembro # 999

Reunión Anual 1997
Puerto Vallarta, México
3-7 de Noviembre

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

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA MIEMBROS 1997 (continuación)

Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
20	Balcones de Guanajuato #4	Arquitectos	Guanajuato	Guanajuato	México	36000	376
16	Balcones de Guanajuato #4	Arquitectos	Guanajuato	Guanajuato	México	36000	376
19	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
668	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
3	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
4	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
267	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
8	2170 SE 17th Street Suite 202		Ft. Lauderdale	Florida	USA	33316	
18	Reforma #113	Palmira	Cuernavaca	Morelos	México	62490	
296	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
28	Manuel M. Diecavez #539		México	Distrito Federal	México		
30	Reforma #113	Palmira	Cuernavaca	Morelos	México	62490	1475
26	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	70472
27	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
32	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
632	Av. Vallarta #2602	Juárez	Guadalajara	Jalisco	México	44130	
581	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
52	Tijberg #2, 2716 LH		Zoetermeer		Holanda		
557	Luis Solé i Sabaris s/n		Barcelona	Barcelona	España	8028	
321	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	70472
331	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
663	Callejón de la Garfía #14	Centro	Taxco	Guerrero	México	40200	
645	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
664	Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
624	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
558	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
58	C. Pascualitos-Pescaderos Km. 26.5	Cerro Prieto	México	Baja California	México	21100	
566	Circuito Exterior, CU.	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
59	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	434843
559	Luis Solé i Sabaris s/n		Barcelona	Barcelona	España	8028	
342	Av. Vallarta #2602	Sector Juárez	Guadalajara	Jalisco	México	44421	
75	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	434843
82	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	434843
454	Eje Central Lázaro Cardenas #152	San Bartolo Atepehuacan	México	Distrito Federal	México	7730	
573	Circuito Exterior, CU.	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
86	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
87	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
92	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
91	Balcones de Guanajuato #4	Arquitectos	Guanajuato	Guanajuato	México	36090	376
137	García Barragan y Corregidora		Guadalajara	Jalisco	México	44421	407
348	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
96	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	434843
108	Apartado Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Colima	México	28200	275
578	Té #950	Iztacalco	México	Distrito Federal	México	8400	
101	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	434843
104	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	434843
368	Circuito Exterior Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
100	Av. Rey Tariacuri #374-D	Villabella	Morelia	Michoacán	México	58090	
119	Apartado Postal 275	Zona Centro	Manzanillo	Colima	México	28200	275
122	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
112	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
121	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
370	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
388	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA MIEMBROS 1997

Miembro	Nombre	Institución	División ó Instituto	Departamento ó Facultad	E-mail
570	Green Ruiz María de Jesús	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología	Geología Marina	mgreen@mar.icmyl.unam.mx
111	Guerrero García José C.	UNAM	Geología		josec@servidor.unam.mx
564	Hernández Treviño Teodoro	UNAM	Geofísica	Exploración y Geomagnetismo	tht@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
572	Hernández Bernal María del Sol	UNAM	Geología	Geología Regional	msol@quetzalcoatl.igeofcu.unam.mx
669	Hughes Simon	UNAM	Geofísica		
127	Huidobro González Adolfo	UNAM	Ingeniería	Ingeniería Sismológica	lermo@inti.iingen.unam.mx
132	Jiménez Jiménez Zenon	UNAM	Geofísica	Sismología	zenon@igeofcu.unam.mx
135	Kostoglodov Vladimir	UNAM	Geofísica	Sismología	vladimir@ollin.igeofcu.unam.mx
640	Kotsarenko N. Y.	UNAM	Geofísica		
136	Kouzoub Nikolai	UANL		Ciencias de la Tierra	nkouzoub@ccr.dsi.uanl.mx
655	Kuraica Ogie	KINEMATICS	Sales Manager		sales@kmi.com
598	Lares Reyes María Lucila	CICESE	Oceanología	Ecología	llores@cicese.mx
141	Lavin Peregrina Miguel F.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	mlavin@cicese.mx
399	Lázaro Octavio	UNAM		Ingeniería	
404	Lermo Javier	UNAM	Ingeniería		lermo@inti.iingen.unam.mx
602	Lira Herrera Héctor	CFE	Residencia Gral. Cerro Prieto	Estudios	
145	López Martínez Margarita	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	marlopez@cicese.mx
146	López Mariscal Juan Manuel	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	malope@cicese.mx
398	Lozada Zumaeta Manuel	IMP	Exploración Geofísica		manuel@orion.expl.imp.mx
615	Machain Castillo María Luisa	UNAM	Ciencias del Mar y Limnología		machain@mar.icml.unam.mx
653	Magaña Rueda Victor	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		victor@belenos.atmosfcu.unam.mx
175	Marinone Moschetto Silvio Guido L.	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	marinone@cicese.mx
2	Martín Barajas Arturo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geología	amartin@cicese.mx
156	Martínez Serrano Raymundo G.	UNAM	Geofísica		rms@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
630	Martínez Zatarain Alejandro	UDG	Astronomía y Meteorología	Física	amartine@udgserv.cencar.udg.mx
667	Matthes Miguel				
436	Mejía Trejo Adán	UABC	Investigaciones Oceanológicas	Oceanografía Física	amejia@bahia.ens.uabc.mx
164	Méndez Delgado Sostenes	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	smendez@cicese.mx
95	Michaud Francois	U PARIS VI	Pierre el Marie Curie		micho@ccrv.obs-vlfr.fr
167	Montesinos Silva Genaro	UGTO	Ciencias Agrícolas	Agronomía	genaros@dulcinea.ugto.mx
421	Morán Zenteno Dante Jaime	UNAM	Geología		dirigl@servidor.unam.mx
173	Morandi Soana María Teresa	U. DE LOS ANDES	Laboratorio de Geofísica	Ciencias	maria@ciens.ula.ve
619	Mortera Gutierrez Carlos A.	UNAM	Geofísica	Sismología y Vulcanología	carlosm@dlin.igeofcu.unam.mx
608	Moya Juan Carlos				
434	Murrieta José Luis				
177	Nava Pichardo Alejandro	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	fnava@cicese.mx
181	Nieto Samaniego Angel Francisco	UNAM	Geología	Estación Regional del Centro	afns@servidor.unam.mx
182	Núñez Cornú Francisco Javier	UDG	CUC, Vallarta	Geografía y Organización Terr.	fcornu@vallarta.cuc.udg.mx
183	Ocampo Torres Francisco Javier	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	ocampo@cicese.mx
452	Ochoa De la Torre José Luis	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	jchoa@cicese.mx
455	Oda Noda Bertha	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	
568	Orozco Esquivel María Teresa	UANL	Ciencias de la Tierra		morozco@ccr.dsi.uanl.mx
665	Orta Francisco				
191	Pacheco Alvarado Francisco Javier	UNAM	Geofísica	Sismología	javier@ollin.igeofcu.unam.mx
201	Pavía López Edgar	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	epavia@cicese.mx
200	Pereyra Díaz Domitilo	U. VERACRUZANA	Meteorología Aplicada	Instrumentación Electrónica	dpereyra@speedy.coacad.uv.mx
207	Quintero Legorreta Odranuel	UNAM	Geología	Geología Regional	odranuel@servidor.unam.mx
211	Ramírez Trajo Ana Rosa				
212	Ramírez Vázquez Carlos Ariel	UCOL	CICBAS	RESCO	carlosr@cgc.ucol.mx
496	Ramírez Ruiz Juan José	UCOL	Observatorio Volcanológico		
208	Randall Roberts John	UGTO			
213	Rebollar Bustamante Cecilio J.	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	rebollar@cicese.mx
215	Reyes Dávila Gabriel Angel	UCOL	CICBAS	RESCO	gabrielr@cgc.ucol.mx
560	Romero Pascual Mercedes	UCM	Ciencias de la Tierra	Geofísica	romero@eucmos.sim.ucm.es
218	Romo Jones José Manuel	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	jromo@cicese.mx
475	Ronquillo Jarillo Gerardo	IMP	Estudios Geológicos	Investigación Sismológica	gerardo@orion.expl.imp.mx
611	Rosales Álvarez Julio	CFE	C. Geotermico Cerro Prieto	Exploración	
575	Rosas Elguera José	UDG	Ciencias de la Tierra		jrosas@quantum.ucting.udg.mx
639	Rubio Culebras Eduardo	ICT-CSIC	Jaime Almera		erubio@ija.csic.es
242	Sabina Ciscar Federico	UNAM	IIMAS	FENOMECH	fjs@uxmym1.iimas.unam.mx
228	Saldaña Flores Ricardo	IMP	Fuentes Alternas de Energía	Fuentes No Convencionales	rsf@p.iie.org.mx
226	Sánchez Monclú Alfredo	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	asanchez@cicese.mx
241	Santamaría Saldaña Dora Elva	CFE			
527	Sarmiento López Citlali	IMP	Proceso Registros Geofísicos		
230	Schaaf Peter	UNAM	Geofísica	Paleomagnetismo	pschaaf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
1	Singh Shri Krishna	UNAM	Geofísica		krishna@ollin.igeofcu.unam.mx
235	Steinich Birgit	UNAM	Geología	Geoquímica	birgit@trex.igeofcu.unam.mx
519	Stock Joanne M.	CALTECH	Geological and Planetary Sciences	Seismological	jstock@seismo.gps.caltech.edu
515	Suárez Reynoso Gerardo	UNAM	Geofísica		gerardo@ollin-igeofcu.unam.mx
502	Suter Max	UNAM	Geología		sutermx@aol.com.us
249	Taran Yuri	UNAM	Geofísica	Vulcanología	taran@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
245	Tereshchenko Irina	UDG	CUCEI	Física	itershe@udgserv.cencar.udg.mx
528	Trasviña Castro Armando	CICESE	Oceanología	Oceanografía Física	trasvi@cicese.mx
254	Vázquez González Rogelio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Geofísica Aplicada	rvazquez@cicese.mx
545	Velasco Climaco Nector	IMP			nvelasco@cicese.mx
171	Victoria Morales Alfredo	UNAM		Ingeniería	
540	Vidal Villegas Antonio	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vidalv@cicese.mx
547	Villanueva Urrutia Elba Elsa	UNAM	Ciencias de la Atmósfera	Teoría del Clima y Predicción	eevu@mvicia.atmosfcu.unam.mx
648	Villegas García Cesar José	UANL	Geofísica		
255	Villicaña Cruz Francisco Javier	UNAM	Ciencias de la Atmósfera		
259	Wong Ortega Victor	CICESE	Ciencias de la Tierra	Sismología	vwong@cicese.mx
376	Yussim Guarneros Sergio				
262	Zarate Del Valle Pedro F.	UDG	Ciencias de la Tierra	Civil y Topografía	pzarate@quantum.ucting.udg.mx
261	Zobin Vyacheslav M.	UCOL	Observatorio Volcanológico		vzobin@cgc.ucol.mx

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA MIEMBROS 1997 (continuación)

Miembro	Calle	Colonia	Ciudad	Estado	País	C.P.	A.P.
570	Explanada de la Azada y Crestón		Mazatlán	Sinaloa	México	82040	
111	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
564	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
572	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
669	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
127	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
132	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
135	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
640	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
136	Pedro Noriega #569 Sur		Linares	Nuevo León	México	67700	
655	222 Vista Avenue		Pasadena	California	USA	91107	
598	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
141	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
399	Circuito Exterior Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
404	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
602	C. Pascualitos-Pescadores Km. 26.5	Cerro Prieto	Mexicali	Baja California	México	21100	
145	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
146	Km. 170 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
398	Eje Central Lazaro Cardenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	Distrito Federal	México	7730	
615	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	70305
653	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
175	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
2	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
156	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
630	Av. Vallarta #2602	Juárez	Guadalajara	Jalisco	México	44100	
667	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	Distrito Federal	México	11550	
436	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	453
164	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
95	La Darse B-P #48		Paris	France			
167			Irapuato	Guanajuato	México	36500	311
421	Circuito Exterior Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
173		La Hechicera	Mérida	Mérida	Venezuela	5101	
619	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
608	1300 30th A1-24		Boulder	Colorado	USA	80303	
434	Nogueira #1		Jalapa	Veracruz	México	91000	
177	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
181	Balcones de Guanajuato #4	Arquitectos	Guanajuato	Guanajuato	México	36000	376
182	Mariano Barcena y Av. Maestros		Guadalajara	Jalisco	México	44260	
183	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
452	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
455	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
568	Carret. Cerro Prieto Km. 8	Hacienda de Guadalupe	Linares	Nuevo León	México	67700	104
665	Campos Eliseos #345, Piso 16	Polanco	México	Distrito Federal	México	11550	
191	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
201	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
200	Zona Universitaria s/n	Zona Universitaria	Jalapa	Veracruz	México	91090	136
207	Circuito Exterior Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
211	Manglar #151	Villa Nova	Ajijic	Jalisco	México		343
212	Av. 25 de Julio #965	Villa San Sebastián	Colima	Colima	México	28045	21694
496	Av. 25 de Julio #965	Villa San Sebastian	Colima	Colima	México	28045	
208	Mineral de Valenciana #2	Marfil	Guanajuato	Guanajuato	México	36250	42
213	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
215	25 de Julio #965	Villa San Sebastián	Colima	Colima	México	28045	21694
560	Av. Complutense s/n		Madrid	Madrid	España	28040	
218	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
475	Eje Central Lazaro Cardenas #152	San Bartolo Atepehuacán	México	Distrito Federal	México	7730	
611	C. Pascualitos-Pescadores Km. 26.5		Mexicali	Baja California	México	21100	
575	Av. Revolución #1500		Guadalajara	Jalisco	México	44840	
639	Lluís Solé i Sabaris s/n		Barcelona	Barcelona	España	8028	
242	Circuito Exterior Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	20726
228	Reforma #113	Palmira	Temixco	Morelos	México	62490	1475
226	Km. 107 Carrete. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
241	Zaragoza #17	Tulyehaulco	México	Distrito Federal	México		16700
527	56x31 s/n atrás del hospital Pemex		Ciudad del Carmen	Campeche	México		
230	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	70472
1	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
235	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
519			Pasadena	California	USA	91125	252-21
515	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
502	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
249	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
245	Av. Revolución #1500	S. R.	Guadalajara	Jalisco	México		4079
528	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
254	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
545	56x31 s/n atrás del hospital Pemex		Ciudad del Carmen	Campeche	México		2732
171	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
540	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
547	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
648	Sierra Nevada #207	Villas del Valle	Garza Garcia	Nuevo León	México	66288	
255	Circuito Exterior, Cd. Universitaria	Coyoacán	México	Distrito Federal	México	4510	
259	Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada		Ensenada	Baja California	México	22860	2732
376	Atotonilco #88	Felipe de Jesús	México	Distrito Federal	México	07510	
262	Av. Revolución #1500		Guadalajara	Jalisco	México	44410	4021
261	Av. 25 de Julio #965	Villa San Sebastian	Colima	Colima	México	28045	

PREMIOS DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA

La Unión Geofísica Mexicana a través de su programa de reconocimientos, provee la oportunidad para que sus miembros identifiquen y premien las contribuciones científicas importantes que realicen sus colegas. Con este fin la Unión otorga la medalla Manuel Maldonado-Koerdell por logros significativos en investigación científica, la medalla Mariano Bárcena por méritos académicos y labores de fortalecimiento para la misma Unión y los premios Francisco Medina representa un estímulo para jóvenes investigadores. A la par de lo anterior, se cumple con el objetivo de resaltar la importancia que han tenido destacados naturalistas como Manuel Maldonado-Koerdell y Mariano Barcena en el desarrollo de las Ciencias de la Tierra en México.

Medalla Manuel Maldonado-Koerdell

Esta medalla se otorga mediante concurso cada dos años en años impares. La convocatoria contempla que los candidatos deben ser nominados por un miembro de la Unión o por una institución de investigación y/o educación superior del país. La carta de presentación debe incluir una exposición razonada de los méritos del candidato. El jurado lo nombra la mesa directiva y en el dictamen se toma en cuenta primordialmente la investigación hecha en México por el candidato, el impacto científico de su línea de investigación y la labor docente desarrollada.

Historial de premiaciones:

Jaime Urrutia Fucugauchi	1991
Enrique Gómez Treviño	1991
Pedro M. Ripa Alsina	1993
Shri Krishna Singh	1993
Cinna Lomnitz Aronsfrau	1995

Manuel Maldonado-Koerdell. Nació en Mazatlán, Sin., y m. en el D.F., (1908-1973). Estudió Biología Marina, Geografía y Lenguas en la U.N.A.M., además de Zoología, Anatomía comparada de vertebrados, Historia de la Biología y Bioquímica en las Universidades de California y Washington. Doctor en Zoología, Paleontología de vertebrados y Geología Histórica en la Escuela de Graduados de la Universidad de Kansas. Fue profesor en las escuelas nacionales de Ciencias Biológicas y de Antropología, Superior de Ingeniería y Arquitectura, así como en el México City College; Jefe de la sección de Historia Natural del Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad de Nuevo León (1944), Paleontólogo en la Dirección de Prehistoria del INAH (1952-55), investigador en el Instituto Nacional de la Investigación Científica (1955) y secretario general de la Unión Geofísica Mexicana (1960-72). Fue jefe del Departamento de Paleontología de la Gerencia de Exploración de PEMEX (1951-52) y Geólogo de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (1954). Autor de Manual de Laboratorio para Anatomía Comparada (1940), Bibliología Geológica y Paleontológica de la América Central, e Informe sobre la situación de los trabajos Geofísicos de los Países Centroamericanos.

Medalla Mariano Bárcena

Esta medalla la otorga la mesa directiva de la Unión a miembros que se han distinguido por una larga trayectoria académica y de investigación, y por sus acciones en favor del fortalecimiento de la Unión Geofísica Mexicana. Con esta distinción pretendemos reconocer la labor de nuestros maestros eméritos. En este caso no hay periodicidad para el otorgamiento de la medalla.

Historial de premiaciones:

Julián Adem Chahin	1993
Cinna Lomnitz Aronsfrau	1994

Mariano Bárcena. Nació en Ameca y m. en Guadalajara, Jal. (1842-1899). Estudió en la Academia de San Carlos (1864-65). En 1866 ingresó en la Escuela Nacional Preparatoria, donde fue discípulo de Gabino Barrera y Leopoldo Río de la Loza. Pasó a la Escuela de Minas. Era estudiante de Ingeniería cuando Maximiliano le otorgó la Orden de Guadalupe (1866) y en el cuarto año de la carrera fue admitido como miembro de la Sociedad Filomatemática Mexicana. En 1871 lo fue de la Sociedad Mexicana de Historia Natural y al año siguiente, ya titulado de Ingeniero, se le extendió diploma como socio honorario de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Descubrió y clasificó especies vegetales y dio nombre a dos especies fósiles. Se le debe el conocimiento de una variedad de Mercurio. Realizó exploraciones en el volcán El Ceboruco, de las cuales dejó varios testimonios. Fundó en 1877 y dirigió hasta su muerte, el Observatorio Meteorológico. En 1888 fue nombrado secretario de Gobierno de Jalisco y al año siguiente, a la muerte de Ramón Corona, gobernador del Estado (noviembre de 1889 a octubre de 1890). Al término de su mandato

fue senador. Recibió distinciones en México y en el extranjero. Realizó investigaciones en los campos de la Antropología, la Botánica y la Mineralogía y en cada uno hizo descubrimientos y aportaciones. Escribió tratados de Geología, Paleontología y Litología, una Noticia Geológica del estado de Aguascalientes, las obsidias de México, Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles y, sobre el llamado Hombre del Peñón, una Noticia acerca del hallazgo de restos humanos prehistóricos en el Valle de México.

Premios Francisco Medina

Francisco Medina Martínez (1947-1995). Durante casi dos décadas, Pancho fue piedra angular de la UGM. Todos los que ocupamos distintas funciones de la Mesa Directiva de la Unión fuimos sus colaboradores. Presidió la UGM con discreción desde la siempre magra tesorería, lo que no evitó que editara **GEOS**, organizara religiosamente las reuniones anuales, manejara una correspondencia continua con otras sociedades y personas, y apoyara, tanto a estudiantes como a científicos para que participaran en las actividades de la Unión. Su paciencia y confianza lo mantuvieron como editor de este boletín, el cual sostenía con traducciones, comentarios, reseñas y escasas colaboraciones por parte de los miembros de la UGM. Su trabajo como editor era casi solitario y artesanal, pero persistente. Preocupado por los científicos en formación y por la divulgación del quehacer de los geocientíficos de la comunidad entre los estudiantes, nos convocó a escribir en las monografías de la Unión Geofísica Mexicana, de las cuales fue responsable de las dos primeras (Contribuciones a la Tectónica del Occidente de México y La Sismología en México: Diez Años Después del Temblor de Michoacán del 19 de Septiembre de 1985) y organizó las dos siguientes sobre Oceanografía y la estructura del Chicxulub. Esa inquietud por estimular a los jóvenes lo llevó a organizar la Primer Olimpiada en Ciencias de la Tierra, en junio de 1995, donde se convocó, como experimento, a los estudiantes de bachillerato en Baja California. Este experimento fue un éxito y ahora vemos que algunos de los participantes en este concurso han iniciado licenciaturas relacionadas con las Ciencias de la Tierra. La experiencia de Pancho y sus publicaciones en temas sobre geofísica, geoquímica, volcanología y geología planetaria, lo hicieron un eslabón interdisciplinario entre los científicos de la Tierra. Los logros de su actitud abierta y confiada nos dio la confianza para seguir con la tarea de formar una comunidad activa, propositiva y comprometida en el planteamiento de nuevas formas de interacción entre los estudiosos de la Tierra, no importa el nivel en que se encuentren, ni su especialidad. Un valioso y continuo homenaje a Pancho será el otorgamiento de los premios **Francisco Medina** a las mejores tesis de licenciatura y posgrado que se realicen en nuestro país.

CONVOCATORIAS

La Unión Geofísica Mexicana abre a concurso los premios:

Medalla Manuel Maldonado-Koerdell, 1997. Para científicos que hayan realizado labores de investigación y docencia en México, en cualquiera de las áreas de las Ciencias de la Tierra. Se invita a la comunidad científica del país a proponer candidatos de acuerdo con las siguientes bases:

1. Los candidatos deberán ser nominados por un miembro de la UGM o por una institución de investigación y/o educación superior del país.
2. La carta de presentación deberá incluir una exposición razonada de los méritos del candidato. También se deberá presentar una copia de su curriculum vitae.
3. La fecha límite para presentar candidaturas es el 30 de agosto de 1997.

El jurado tomará en cuenta primordialmente la investigación hecha en México por los candidatos, el impacto científico mundial de sus trabajos y la labor docente desarrollada. El dictamen del jurado es inapelable.

Premios Francisco Medina, 1997. A las mejores tesis de licenciatura, maestría y doctorado en Ciencias de la Tierra. Estos premios se concursarán bianualmente, se invita a los interesados a presentar sus candidaturas de acuerdo con las siguientes bases:

1. Para el nivel de licenciatura, podrá concursar cualquier persona que no haya cumplido 25 años a la fecha de cierre de esta convocatoria; para los casos de maestría y doctorado, los candidatos deberán tener 30 y 35 años o menos, respectivamente.
2. Los trabajos de tesis que concursen deben haberse realizado en México. El examen de defensa debe haberse presentado entre el 1ro. de septiembre de 1995 y el 30 agosto de 1997, en una institución mexicana acreditada.
3. Los candidatos deberán presentar una copia de su tesis, su curriculum vitae y los documentos legales que acrediten el cumplimiento de las bases 1 y 2 de esta convocatoria.
4. Para posteriores concursos, un candidato sólo podrá concursar en un nivel superior.
5. En la selección de las tesis premiadas se tomarán como principales criterios la originalidad, su rigor y su importancia científica, serán los principales criterios. El dictamen del jurado será inapelable.

6. Los premios se otorgarán durante la reunión anual de la UGM.

Las candidaturas con la documentación completa se pueden entregar personalmente o enviarse por correo a:

Juan Manuel Espíndola
Instituto de Geofísica, UNAM
Circuito Exterior, Cd. Universitaria
C.P. 04510, México, D.F.
Tel: 91(5)622-4113
Fax: 91(5)550-2486

Victor Manuel Frías C.
Depto. de Geología, CICESE
Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada
C.P. 22860, Ensenada, B.C., México
Tel: 91(61)744-501/08, Ext: 26035
Fax: 91(61)744-933

UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA

REUNIÓN ANUAL 1997

Puerto Vallarta, Jal. México
3-7 de Noviembre de 1997

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

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

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

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

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

Victor M. Frías Camacho
Geología/CICESE
Km. 107, Carret. Tijuana-Ensenada,
Ensenada, B.C., C.P. 22860, México
Tel: 91(61) 744-501 al 08, Ext: 26035
Fax: 91(61) 744-933
E-mail ugm@cicese.mx

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

Fecha límite para recibir resúmenes - Agosto 31, 1997

Sede: Hotel Sheraton Buganvilias
Puerto Vallarta, Jal. México

Reservaciones:

Tel: 91 (322) 30-404
Fax: 91 (322) 20-500

Costo por habitación doble o sencilla:
\$ 520.00 + impuestos

Para reservaciones comunicarse al hotel y hacer mención de la Reunión Anual de la UGM.

Las cuotas, incluyendo el libro de resúmenes son:

Inscripción	{	Miembros AGU o UGM	\$ 600.00
a la		No miembros	\$ 850.00
Reunión	{	Estudiantes	\$ 300.00
		Costo de resumen	\$ 100.00
		Membresía Investigador	\$ 200.00
		Membresía Estudiante	\$ 150.00

Registro en el hotel sede desde el 2 de Noviembre.

Todos los pagos se efectuarán durante el registro en el hotel

II CONVENCION SOBRE LA EVOLUCION GEOLÓGICA DE MÉXICO Y RECURSOS ASOCIADOS

**PACHUCA, HGO., MÉXICO
24 - 28 DE MAYO DE 1997**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

El Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, invitan a la comunidad científica del área de Ciencias de la Tierra, a participar en la II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados, que se llevará a cabo en la ciudad de Pachuca, Hgo., del 25 al 28 de Mayo de 1997.

SESIONES TEMÁTICAS Y DE CARTEL:

- | | | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| • Geología Regional | • Estratigrafía | • Tectónica | • Volcanismo |
| • Yacimientos Minerales | • Petrología y Mineralogía | • Hidrogeología | • Paleontología |
| • Edafología | • Geología Ambiental | • Geología del Cuaternario | • Geoquímica Isotópica |
| • Geofísica | • Geomorfología | | |

EXCURSIONES GEOLÓGICAS:

1 Geología del Anticlinorio de Huayacocotla, Región de Molango, Hidalgo

2 Excursión Geológica a través de la Sierra Madre Oriental (Zimapan-Jacala-Tamazunchale-Xilitla-Jalpan-Tequisquiapan)

3 Las Mineralizaciones en los Distritos Pachuca-Zimapan. Su papel en la Evolución Metalogenica del Estado de Hidalgo.

INFORMACIÓN:

M.C. Diego A. Córdoba Méndez
Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Teléfonos: 91(771) 602-54
Faxes: 91(771) 607-40 y 607-63

Dr. Victor M. Malpica Cruz
Ing. Rodolfo del Arenal Capetillo
Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Teléfonos: 91(5) 622-4290 y 622-4299
Faxes: 91(5) 550-8432 y 550-6644

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. 91(61)745-050 Ext. 23001

Fax: 91(61)744-880

<http://www.cicese.mx>



CICESE



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
Metodos 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) 1940-49 o 1940-00, Ext. 532 con el Dr. Alvaro Muñoz en Paseo Cuaunáhuac #8532, Progreso, Morelos, México. C.P. 62550.

POSGRADO
EN

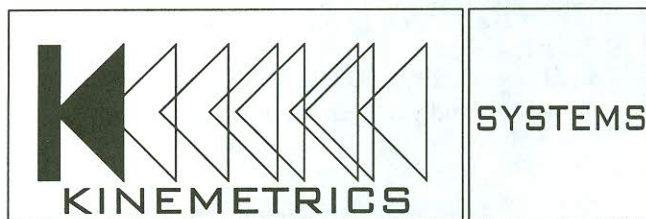


El Instituto de Geofísica y la Unidad Académica de los ciclos Profesional y de Posgrado del CCH de la UNAM ofrecen a todos los profesionales en Física, Geofísica, Geología, Ingeniería, Química, o alguna área académica afín, los Posgrados de Maestría y Doctorado de Geofísica dentro de las siguientes áreas:

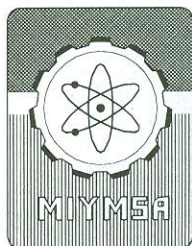
AGUAS SUBTERRANEAS
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA
SISMOLOGÍA Y FÍSICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA
ESTUDIOS ESPACIALES
MODELACIÓN MATEMÁTICA Y COMPUTACIONAL DE SISTEMAS GEOFÍSICOS

Informes: Instituto de Geofísica, UNAM
Cd. Universitaria
México, 04510, D.F.
Tel. 662-4130 y 622-4137 Fax. 550-2486

SISTEMAS DE INGENIERIA SISMICA Y DINAMICA ESTRUCTURAL



**REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA LA REPUBLICA
MEXICANA:**



**MEDIDORES INDUSTRIALES Y
MEDICOS, S.A. DE C.V.**

ODESA #1110
COL. PORTALES
03300, MEXICO, D.F.

FAX: (5) 605-9181 PHONE: (5) 604-0058 605-6312

Física del Mar

Un programa de posgrado

CICESE



Departamento de Oceanografía Física
Apartado postal #2732. Ensenada, B.C., México
Tel. 52 (667) 450-50 Ext. 4010. Fax 52 (667) 451-54

ATLAS NACIONAL DE MÉXICO

Obra en tres tomos que presenta la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, donde la labor de más de 300 especialistas quedará reunida en una colección de 160 cartas (alrededor de 600 mapas) editados a todo color por el Instituto de Geografía.

Volumen I

I. Mapas Generales

- 1.- Mapas Generales
- 2.- Desarrollo histórico de la expresión cartográfica
- 3.- Desarrollo histórico del levantamiento cartográfico

II. Historia

- 1.- Epoca prehispánica
- 2.- Epoca colonial
- 3.- Siglo XIX
- 4.- Movimientos armados
- 5.- Historia de las divisiones político-administrativa

III. Sociedad

- 1.- Distribución de las poblaciones y características demográficas
- 2.- Migraciones
- 3.- Sistema urbano
- 4.- Vivienda
- 5.- Educación
- 6.- Cultura
- 7.- Salud
- 8.- Tipología sociodemográfica

Volumen II

IV. Naturaleza

- 1.- Geología
- 2.- Tectónica
- 3.- Relieve
- 4.- Clima
- 5.- Agroclimatología
- 6.- Hidrogeografía
- 7.- Edafología
- 8.- Biogeografía
- 9.- Oceanografía
- 10.- Regionalización física

V. Medio ambiente

- 1.- Influencia del hombre en el medio ambiente
- 2.- Estado de los componentes naturales del medio ambiente
- 3.- La población y el medio ambiente
- 4.- Evaluación del patrimonio natural y cultural
- 5.- Síntesis del medio ambiente

Volumen III

VI. Economía

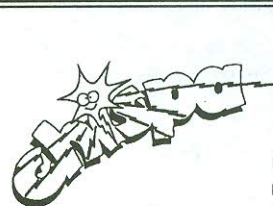
- 1.- Energía, agua y suelo, bases de la actividad económica
- 2.- Agricultura
- 3.- Ganadería
- 4.- Actividad forestal
- 5.- Pesca
- 6.- Energía Eléctrica
- 7.- Economía petrolera
- 8.- Minería
- 9.- Industria
- 10.- Transporte y comunicación
- 11.- Turismo
- 12.- Comercio y servicios
- 13.- Asimilación económica del territorio
- 14.- Regionalización económica

VII. México en el mundo

- 1.- Relaciones internacionales
- 2.- Comercio internacional
- 3.- México en el mundo

Informes y ventas:

Instituto de Geografía, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
A.P. 20-850, México, 01000, D.F.
Tel.: 91(5)548-9779, Fax: 91(5)548-4086



CHISPA es una revista diseñada y hecha en México, a la altura de las mejores del mundo. Enseña al niño a través de entretenimiento y diversión y lo estimula para interesarse por todo lo que le rodea.

Es mucho más que una enciclopedia en fascículos, es novedosa, periodística, destaca lo insólito, interesa y entusiasma con aventuras, juegos, experimentos, humor y un gran cariño por los niños.

Sirve para hacer las tareas de la escuela. Los maestros la ven como una ayuda. Para usted puede ser un medio más de convivencia familiar.

CHISPA sirve al niño por su precisión científica y por su alta calidad psico-pedagógica, porque en su elaboración intervienen científicos y expertos en todas las áreas del saber.

INNOVACION Y COMUNICACION S.A DE C.V.

Tlacopac No. 6, Col. Campestre C.P. 01040, México, D.F. o Apdo. Postal 19-466 C.P. 03910, México, D.F. Tel. 662-60-48 Fax: 662-77-91	Revista \$ 12.00 Precio Pácto Ejemplar atrasado \$ 10.00 Suscripción anual México \$ 110.00 (10 números) Estados Unidos, Canadá, Centroamérica y el Caribe 45.00 USD Resto del mundo 48.00 USD Cheque N° _____ Giro Postal N° _____ Cheque foráneo certificado N° _____ Nombre _____ Calle _____ Colonia _____ N° _____ C.P. _____ Ciudad _____ Estado _____ Tel. _____



ICSA

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

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 paginas 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 noticia 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.

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.

BIBLIOGRAFÍA

Todas las referencias deberán ser agrupadas en orden alfabético de autores, bajo el encabezado REFERENCIAS. 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 solo 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*, 35, 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*, 32, 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*, 85, 269-284.

Unidades

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

densidad en g/cm^3

presión en bar

intensidad del campo magnético en gammas

Expresiones matemáticas

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

Figuras

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

Una vez concluido el proceso de arbitraje, el manuscrito será devuelto al primer o único autor con los comentarios de los árbitros y del editor de área. 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: _____

	1	2	3
1.- ¿Contiene el trabajo datos o ideas originales que ameriten su publicación en una revista especializada? ¿Como la clasificaría? 1) Investigación, 2) Divulgación, 3) Noticia	☐	☐	☐
	SI	NO	
2.- ¿Son válidas las observaciones y conclusiones?	☐	☐	
3.- ¿Son pertinentes y comprensibles el título y el resumen?	☐	☐	
4.- ¿Son necesarias y adecuadas las tablas y figuras presentadas?	☐	☐	
5.- ¿Son buenas la organización y presentación del trabajo?	☐	☐	
6.- ¿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 que la cuota para 1997 es de \$ 150.00 (CIENTO CINCUENTA PESOS 00/100 M.N.).

Favor de hacer llegar su cuota a:

ó

Favor de hacer llegar su cuota a:

Juan García Abdeslem
División de Ciencias de la Tierra
Km. 107 Carret. Tijuana-Ensenada
Ensenada, 22860, Baja California

Ana Pereda
Instituto de Geofísica, UNAM
Ciudad Universitaria
México, D.F., Del. Coyoacán,
C.P. 04510

Con un cordial saludo.

M.C. Luis A. Delgado Argote
Secretario de Difusión

GEOS, revista a la venta en:

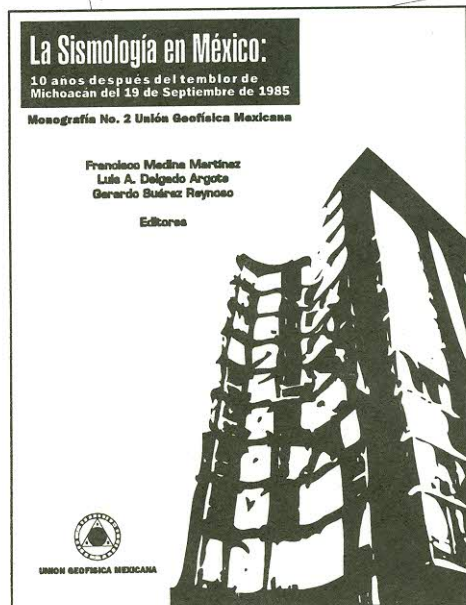
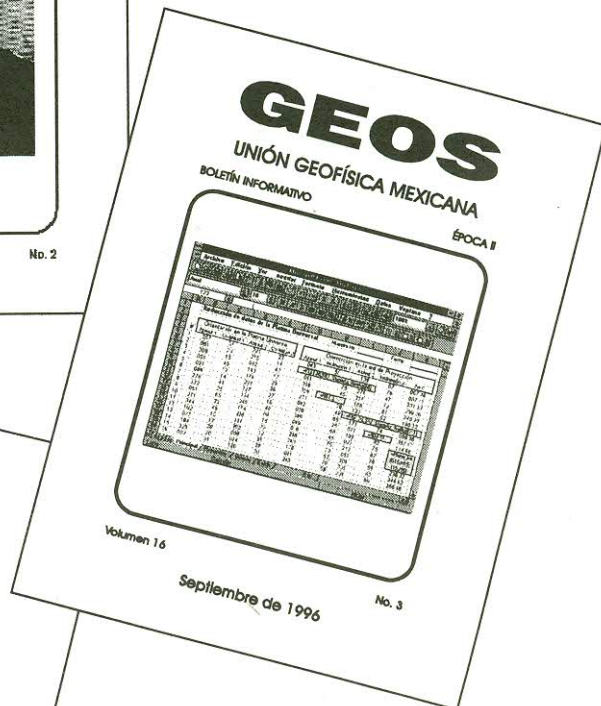
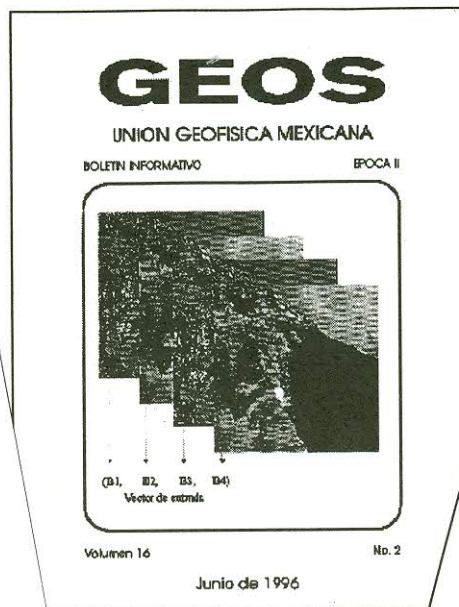
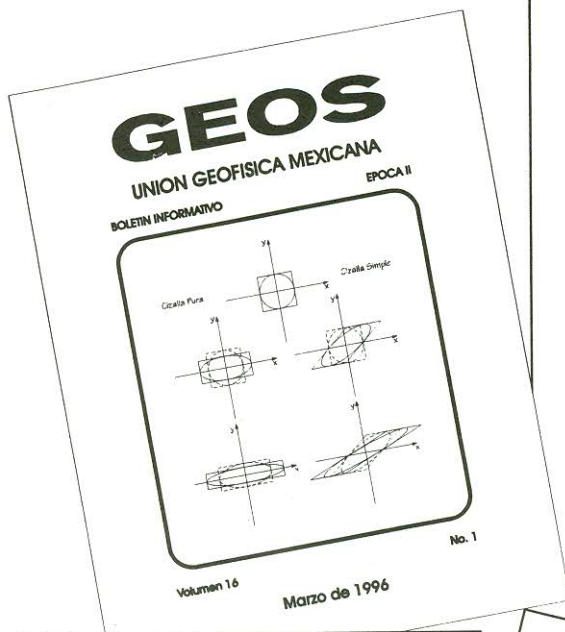
ó

CICESE:

Instituto de Geofísica-UNAM
Sección Editorial,
At'n: Ana Pereda

División de Ciencias de la Tierra
Depto. de Geología
At'n: Victor M. Frías Camacho

Costo del ejemplar \$ 50.00



Tus trabajos de investigación y divulgación
tienen cabida en estos foros de la
Unión Geofísica Mexicana

