

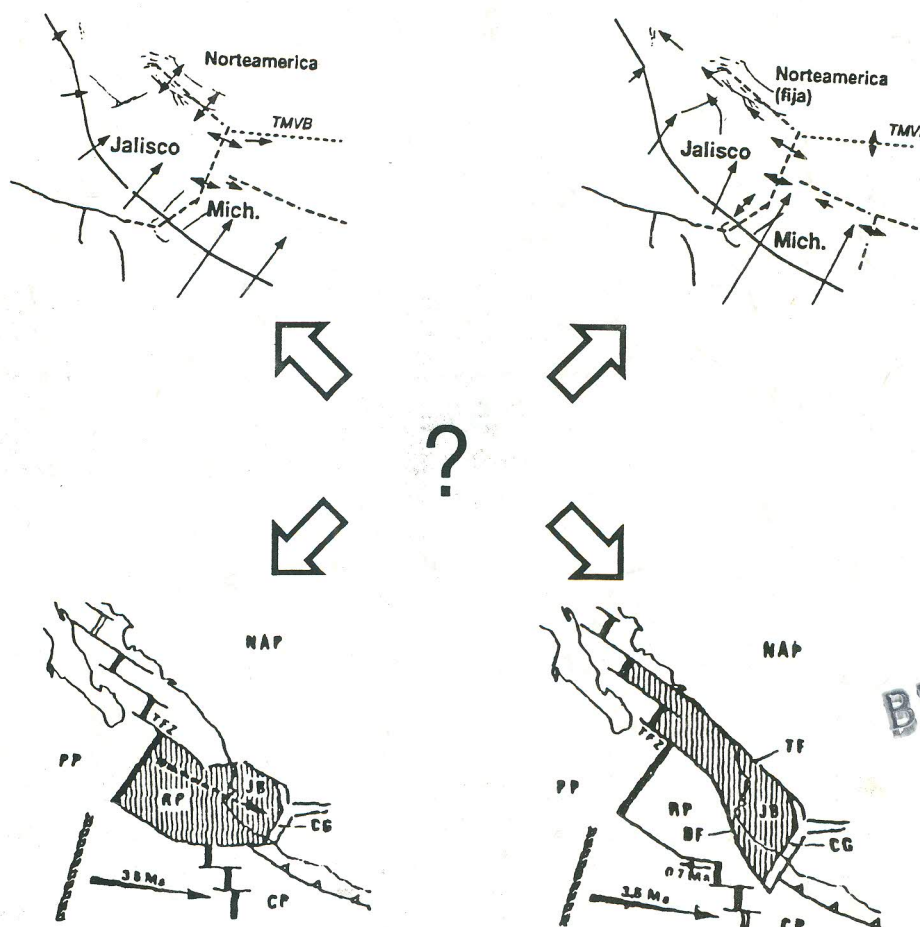
# GEOS

UNION GEOFISICA MEXICANA

BOLETIN INFORMATIVO

EPOCA II

## BLOQUE JALISCO





**GEOS**  
**Organo Informativo de la Unión Geofísica Mexicana.**  
**(ISSN 0186-1891)**

Publicación apoyada por: Instituto de Ingeniería-UNAM; Instituto de Geografía-UNAM; Instituto de Geofísica-UNAM; CICESE; Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM, Coordinación de la Investigación Científica-UNAM. Fac. de Ingeniería UNAM, Inst. C. del Mar y Limnología. UNAM, Inst. Invest. Electricas CFE. Agradecemos al Lab. IFUNAM-Ensenada las facilidades que nos brindan.

**EDITORES: Francisco Medina y Cinna Lomnitz**

**Comite Editorial: Juan M. Espíndola Castro, (IGF-UNAM), Luis Delgado, (CICESE), Silvia Bravo (IGF-UNAM), Miguel Lavín, (CICESE), Jaime Yamamoto, (EGF-UNAM), Alberto López, (IA-UNAM), Fernando García (CCA-UNAM)**

**APOYO EDITORIAL: Carmen Márquez, Marcos Paulo González Otero, Armando Reyes Serrato, Norma Vásquez y Mara Arroyo**

Toda correspondencia dirigirla a:

Inst. Geofísica UNAM  
At'n: Francisco Medina  
Apdo. Postal 2681, Ensenada, B.C. C.P. 22830  
Fax: 91 667-4-46-03      Tel: 91 667-4-46-02

**UNION GEOFISICA MEXICANA\***

|                      |                       |            |
|----------------------|-----------------------|------------|
| Presidente:          | Dr. Carlos Gay        | (CCA-UNAM) |
| Vicepresidente:      | Dr. Enrique Gómez T.  | (CICESE)   |
| Tesorero:            | M.C. Francisco Medina | (IGF-UNAM) |
| Srio. Gral:          | M. C. René Garduño    | (CCA-UNAM) |
| Srio. Difusión:      | Dra. Cinna Lomnitz    | (IGF-UNAM) |
| Srio. Educación:     | Dr. Miguel Lavín      | (CICESE)   |
| Srio. Investigación: | M.C. Luis Delgado     | (CICESE)   |

\* La Unión Geofísica Mexicana (UGM) es la Sociedad Civil no lucrativa de los profesionales de la Geofísica y Ciencias relacionadas.

## INDICE

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Noticias.....                                                                                                                        | 2  |
| Tectónica de Placas y la Evolución del Bloque Jalisco<br>J. M. Stock.....                                                            | 3  |
| Conductividad Térmica de la Roca y Condiciones Termodinámicas Iniciales en Sistemas Hidrotermales.<br>M.C. Suárez y F. Ascencio..... | 11 |
| La Generación de Columnas de Magma Basáltica en la Frontera Núcleo-Manto<br>M. E. Wyssession.....                                    | 19 |
| Actividades de la Unión.....                                                                                                         | 20 |
| Comportamiento de la Actividad $\beta$ Total en Partículas Suspendidas en el aire (1982-1990) en Laguna Verde<br>C. A. Dorantes..... | 25 |



# Editorial

---

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología dió a conocer la cantidad asignada en el gasto federal, para el presente año, a la investigación científica. Dicha cantidad es de 4 300 millones de nuevos pesos; es decir, casi 1 300 millones de dólares, que corresponden a un 0.39 % del PIB.

Este presupuesto representa la más alta cantidad asignada a la ciencia en México en cifras totales. Una parte importante de esa cantidad sera destinada a equipar al Centro Nacional de Metrología, cuya actividad repercutira favorablemente en nuestro sector de industria y comercio.

Si comparamos dicha cantidad con la que destinaran los Estados Unidos de Norte América, 76 000 millones de dólares (más del 2 % del PIB), veremos que nuestro presupuesto para desarrollo científico y tecnológico aún resulta pequeño. Un solo proyecto de investigación, la estación espacial de los EUA gastara cerca de 2 100 millones de dólares durante 1983. El desarrollo de la estación espacial europea gastara 2 800 millones de dólares.

No obstante, la labor del CONACyT para conseguir mayores recursos a la investigación es muy loable al igual que su labor para repatriar colegas que trabajan en el extranjero. Resulta interesante también la actividad que esa dependencia lleva a cabo para incorporar científicos extranjeros en nuestras universidades e institutos de investigación. Esperamos que todo ello redunde en un mejor aparato científico para nuestro país.







## NOTICIAS

### Radio telescopio en México

Durante 1993 se iniciaran los trabajos para desarrollar un proyecto científico-tecnológico de gran importancia para México. Se trata del desarrollo de un radiotelescopio para detectar ondas de alta frecuencia y cuyo espejo medirá 50 metros de diámetro. Dicho radiotelescopio estará montado en una base móvil. Para el proyecto se destinarán 36 millones de dólares y corresponderá a uno de los retos científicos y técnicos más importantes para nuestra planta científica.

### Agua de Niebla

En junio de 1992 se llevó a cabo en Chile un taller científico acerca del desarrollo de sistemas de captación de agua de niebla. Esta área ha tenido un importante avance y ya se aplica en zonas semiáridas de Chile. México podría hacer uso de esta tecnología.

### Red Sísmica en Guerrero

La Universidad Autónoma de Guerrero, por medio de su Facultad de Ingeniería, en cooperación con personal del IGF-UNAM, IPN y UAM, están llevando a cabo un amplio programa de cooperación con objeto de mejorar la red sísmográfica en ese estado y de esta forma obtener mayor información de la sismicidad del área. Uno de los objetivos del trabajo es mejorar los reglamentos de construcción del estado así como su posible incorporación al sistema de "alerta sísmica", sistema que puede alertar al D.F. de la ocurrencia de un sismo fuerte, hasta 50 segundos antes de que las ondas sísmicas arriben a la capital del país.

### Geotermia en México

En el informe de 1992 del Consejo Mundial de Energía se señala que México cuenta con amplios recursos geotérmicos, en especial en la zona central del país. El Consejo Mundial de Energía atribuye a México una capacidad instalada de 700 megavatios de energía geotérmica y reservas potenciales hasta por 13 000 megavatios. El mismo informe señala que México espera tener una capacidad instalada superior a los 1 100 megavatios para 1997.

### 50 años del Parícutín

El pasado mes de febrero el Instituto de Geografía de la UNAM, que dirige el Dr. Román Álvarez, organizó un simposio de volcanología en Michoacán y el cual sirvió para conmemorar los 50 años del nacimiento del volcán Parícutín. El Parícutín nació el 20 de febrero de 1943 en una área agrícola del estado de Michoacán y su lava sepultó dos poblados.

### Zona de Dispersión en Guaymas

En marzo de este año, investigadores del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, en cooperación con investigadores del Woods Hole Oceanographic Institution, llevaron a cabo una exploración submarina en la cuenca de Guaymas (Golfo de Baja California). La inmersión fue transmitida en vivo por televisión a más de 900 000 estudiantes de México, Estados Unidos, y Canadá. De esta forma, los estudiantes pudieron ver en forma directa las ventilas hidrotermales existentes en la zona de dispersión entre las placas Pacífico y Norte



## TECTONICA DE PLACAS Y LA EVOLUCION DEL BLOQUE JALISCO, MEXICO.

Joann M. Stock

California Institute of Technology 252-12  
Pasadena CA, 91125 USA

### INTRODUCCION

El Bloque Jalisco representa lo que se reconoce como un bloque tectónico, o microplaca, mas o menos rígido (Fig. 1a). Sabemos que se mueve de manera independiente con respecto a las placas circundantes (Rivera y Norte América) a través de dos zonas de deformación continental (el rift o graben de Tepic-Zacoalco y el rift o graben de Colima) y a lo largo de una zona de subducción en su límite costero con la placa oceánica de Rivera. Los rifts de Tepic-Zacoalco y de Colima se unen con el rift de Chapala, en el límite NE del bloque Jalisco, dando lugar a lo que es esencialmente un punto triple continental, cerca de Guadalajara, formado por la unión de: el bloque de Jalisco, el bloque de Michoacán y la placa de Norte América.

El desarrollo del bloque Jalisco, como bloque independiente, parece estar relacionado geoméricamente con la forma y dinámica de la placa de Rivera, así como también con la evolución del punto triple continental cerca de Guadalajara ya mencionado.

El estudio del bloque Jalisco representa un buen laboratorio para el desarrollo de modelos tectónicos que nos permitan estudiar el inicio de movimientos de microplacas, así como el fenómeno de una posible captura de un bloque continental por otra placa esencialmente oceánica (Luhr et al, 1985; Allan, 1990). Por ello resulta interesante saber con detalle como fue su evolución y como es su movimiento actual, con respecto a las placas circundantes.

### LIMITES ACTUALES DE LAS PLACAS Y BLOQUES DE LA ZONA

La sismicidad en la zona alrededor del bloque Jalisco nos permite ubicar la mayoría de los límites de las placas oceánicas colindantes. En la figura 2 se ven claramente los sismos de la zona de subducción entre la placa de Cocos y el bloque de Michoacán, este último se supone que forma parte de la placa rígida de Norte América. También se pueden ver los límites entre las placas: Rivera y Cocos, Rivera y Pacífico y Pacífico con Norte América. Algunos autores consideran que la parte septentrional de la placa de Cocos, al norte del

fracturamiento Orozco, comienza a comportarse como un fragmento independiente, debido al cambio de sismicidad en la trinchera a través de la misma zona de fracturamiento (Medina et al, 1987) y a las discrepancias cinemáticas observadas localmente en esa parte de la placa de Cocos, respecto a las placas Pacífico y Norte América (DeMets et al, 1990; DeMets y Stein, 1991; Bandy, 1992).

Resulta mas difícil ubicar los límites continentales del bloque Jalisco basándose en la sismicidad, pero estos se identifican a partir de las fallas activas y cuencas jóvenes existentes entre el bloque Jalisco y las placas Norte América y el bloque de Michoacán. Estos límites son zonas anchas: el rift de Colima tiene mas de 40 km de anchura y contiene varios volcanes (incluido el volcán de Fuego o de Colima), mientras que el rift Tepic-Zacoalco contiene al volcán Ceboruco y otros volcanes jóvenes. La propuesta extensión del movimiento de este rift hacia el oeste, donde se junta con el centro de dispersión en la desembocadura del Golfo de Baja California, no está aun muy clara. Puede unirse con la zona de fracturamiento Tamayo (Luhr et al., 1985) o estar localizado mas al norte (Bourgeois y Michaud, 1991). El límite entre el bloque Jalisco y la placa Rivera tiene poca sismicidad, lo cual nos indica que el movimiento es muy lento o que existe un proceso de subducción asísmica.

### MOVIMIENTO DEL BLOQUE JALISCO RESPECTO A LOS BLOQUES CIRCUNDANTES

Las observaciones geológicas de los rifts que rodean al bloque Jalisco nos pueden dar información sobre la velocidad y orientación del movimiento relativo en los límites del bloque. A este respecto debemos mencionar que los estudios son numerosos y se llevaría mucho espacio revisarlos aquí, pero una buena referencia para el lector la constituye el trabajo de Johnson y Harrison (1990), que permite ubicar el marco tectónico regional de las fallas de la zona mediante interpretaciones con datos de imágenes de satélite. La distensión total a través de la parte septentrional del graben de Colima es aproximadamente 1.5 - 3.3 km perpendicular a la zona (Allan, 1986), y no se ha identificado ninguna evidencia de movimientos laterales allí. Un estudio reciente (Serpa et al., 1992) no encontro



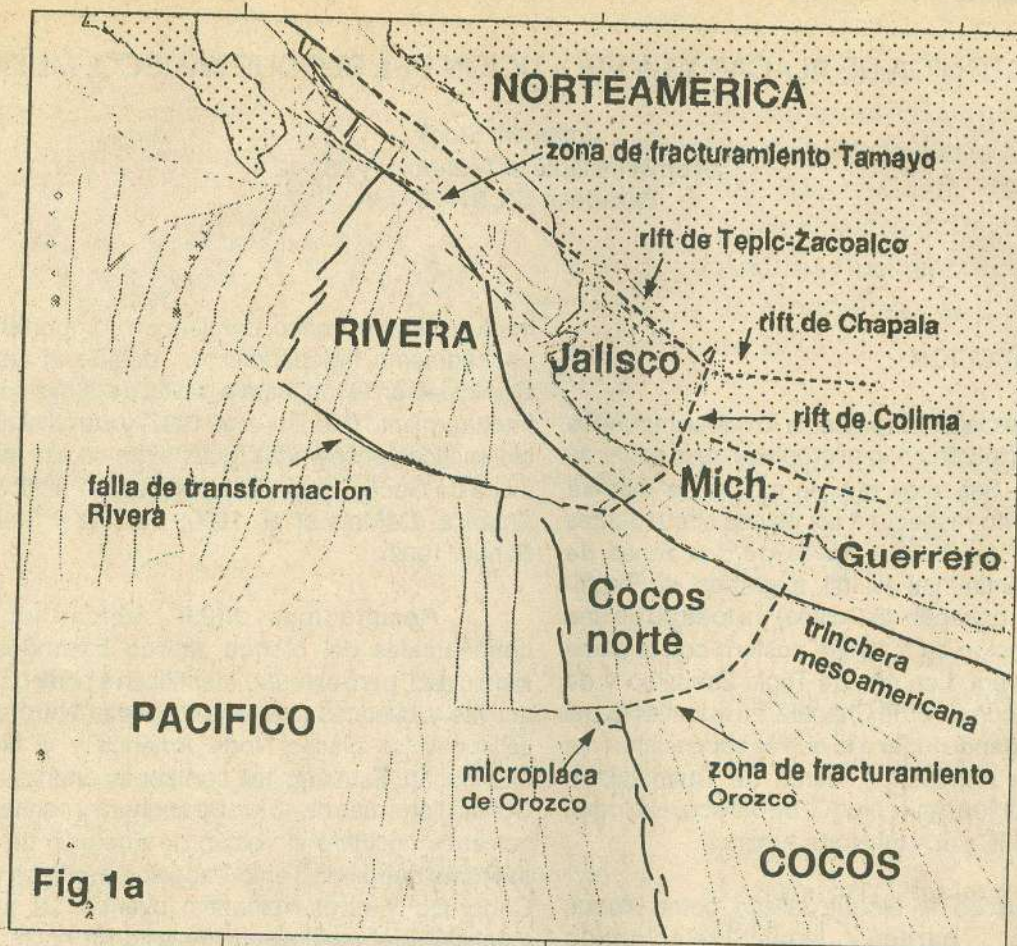


Fig 1a

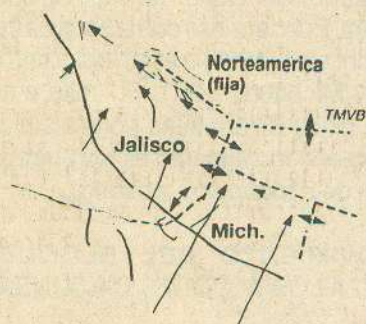


Fig 1b

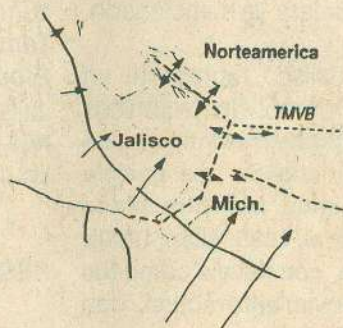


Fig 1c

Fig. 1a) Esquema regional de las principales placas y bloques tectónicos de la región de Jalisco: La parte estable de la placa Norte América, el bloque Michoacán-Guerrero, el bloque de Baja California y las placas Rivera, Cocos y Pacífico. Líneas gruesas indican límites entre placas principales, líneas punteadas indican límites entre bloques tectónicos. La incipiente separación del fragmento septentrional de la placa de Cocos (Cocos Norte), a lo largo del fracturamiento Orozco, está inferido.

Fig. 1b) Modelo de posibles movimientos actuales de los bloques del área. Las flechas no están a escala. En este esquema el bloque Jalisco está rotando, contra las manecillas del reloj, respecto a Norte América debido a la transferencia de esfuerzos provocados por la subducción de la placa Rivera. La placa Rivera se supone que tiene una pequeña componente oblicua dextral. El bloque Michoacán empieza a separarse del bloque Guerrero debido a la subducción del fragmento norte de la Placa de Cocos. El desplazamiento dextral en el graben Tepic-Zacoalco se incrementa hacia el NW y la extensión del graben de Colima decrece hacia el sur. Este proceso está acompañado de la apertura de pequeños grabenes en la parte NW del bloque Jalisco.

Fig. 1c) Otro modelo posible para el movimiento del bloque Jalisco; en él se supone subducción oblicua izquierda en el fragmento norte de Cocos, desarrollando esfuerzos cortantes sinistral en el eje volcánico y a lo largo de la frontera norte del bloque Michoacán-Guerrero. El movimiento en el graben Tepic-Zacoalco y en el graben de Colima es puramente extensional. El grado de extensión a lo largo del graben de Colima varía de acuerdo al movimiento relativo de los bloques corticales hacia el este. La subducción de la Placa Rivera se supone ortogonal a la trinchera y no hay movimiento dextral inducido en el graben Tepic-Zacoalco.



evidencias de fallas activas ni mucha distension en la parte meridional del graben, pero como este estudio no abarca la zona entera del graben meridional, es posible que movimientos y desplazamientos juvenes ocurran fuera de la zona de estudio.

Por otro lado, hay reportes de fallas activas en las extensiones marinas del graben de Colima (Bourgois y Michaud, 1991), hecho que sugiere que la zona de deformación si continua hasta la trinchera mesoamericana cerca de Manzanillo.

También se reconoce distensión en forma perpendicular al graben Tepic-Zacoalco, pero no existe todavía una estimación de la separación total. Desplazamientos dextrales cuaternarios de hasta 2 mm/año han sido reportados para esta zona, a lo largo del río Santiago (Nieto et al., 1985), aunque según otros autores (Michaud et al., 1991) la zona de movimientos más juvenes está situada en el eje neovolcánico, al SW del río Santiago.

La abundancia de volcanismo joven, en los límites del bloque, también sugiere una componente de distensión en las dos zonas principales. Hay volcanes recientes también en una serie de grabenes pequeños dentro del bloque Jalisco (Allan et al., 1991), pero se supone que el movimiento ocurrido en esas zonas es todavía menor que en los alrededores del bloque.

#### MOVIMIENTOS RELATIVOS DE ESTA ZONA EN LOS ULTIMOS 3 Ma

Como se explicará más adelante, hasta la fecha no tenemos mediciones actuales de las velocidades entre los diversos bloques y placas en la zona, salvo unos resultados de velocidad entre las placas Norte América y Pacífico un poco más al norte, a través del Golfo de Baja California. Nuestro conocimiento de las velocidades relativas entre estas placas y microplacas viene de las inversiones globales de velocidades angulares entre las placas, aplicando el modelo NUVEL-1, el método más actualizado (DeMets et al., 1990) o el modelo anterior, el RM-2 (Minster y Jordan, (1978). Estos modelos se basan en invertir los mecanismos focales de sismos recientes; en considerar las anomalías magnéticas formadas en las crestas oceánicas (centros de dispersión del piso oceánico) en los últimos tres millones de años y en el análisis de los rumbos de las fallas de transformación entre las placas, cuya geometría refleja los movimientos de los últimos 2 a 3 Ma. La placa Rivera no figura en estos modelos porque no se considera una placa principal, pero las placas Norte América, Cocos y Pacífico si figuran en el modelo NUVEL-1 y en los anteriores.

Aunque con el modelo NUVEL-1 la

incertidumbre es menor que con los modelos anteriores, todavía existe un nivel de incertidumbre asociado con la velocidad angular promedio entre cada par de placas. También hay que reconocer que el promedio de movimiento de los últimos 3 Ma puede diferir del movimiento actual y/o del promedio durante un período más corto.

Como ya mencionamos, las velocidades angulares entre la placa Rivera y las placas circundantes no se despejan de las inversiones globales; la placa Rivera tiene límites demasiado cortos, o se tienen datos insuficientes, con demasiadas complicaciones geológicas como para poder incluirla en los modelos globales. Sin embargo, hay dos estudios más regionales (DeMets y Stein, 1990; Bandy, 1992) que utilizan semejantes técnicas para tratar de definir el movimiento de la placa Rivera con respecto a las placas circundantes, sobre promedios de los últimos 3 Ma y 0.73 Ma (ver figura 3). Ambos estudios llegan casi a una misma conclusión sobre la velocidad angular promedio entre Rivera y Norte América para los últimos 3 Ma (que corresponde a la anomalía 2A).

Lo que más nos interesa, con respecto al bloque Jalisco, es el movimiento relativo de la placa Rivera respecto a Norte América, porque se supone que estas dos placas mayores controlan, de alguna forma, el movimiento del bloque Jalisco que esta metido en medio de ellas. Este se puede obtener utilizando el modelo NUVEL-1 para el par Pacífico-Norte América, además de tomar en consideración los datos locales reportados por DeMets y Stein (1990) o los de Bandy (1992) para definir el movimiento entre Rivera y Pacífico. La velocidad resultante, promedio, que se obtiene para el par Rivera-Norte América (durante los últimos 3 Ma) consiste en subducción casi perpendicular a la trinchera Rivera-Jalisco, con una velocidad de 20 mm/a en el SE y va disminuyendo hacia el NW. Si hacemos lo mismo pero tomando en cuenta un período más corto, 0.73 Ma, se obtiene una velocidad de convergencia promedio mayor (ver Figura 3). Si se considera el nivel de incertidumbre de este último resultado (Bandy, 1992), la convergencia entre las placas en los últimos 0.73 Ma parece tener una componente oblicua dextral, lo que posiblemente estaría de acuerdo con las observaciones geológicas realizadas para el rift Tepic-Zacoalco.

Es importante aclarar la dirección de convergencia entre Rivera y Norte América con futuros estudios, ya que nos permitiría distinguir entre varios modelos cinemáticos para el origen y movimiento actual del bloque Jalisco. Una subducción perpendicular entre Rivera y Norte América exige subducción oblicua sinestral entre las placas Cocos y Norte América, debido a la separación de Cocos y Rivera en su límite común cerca de la trinchera. La consecuencia



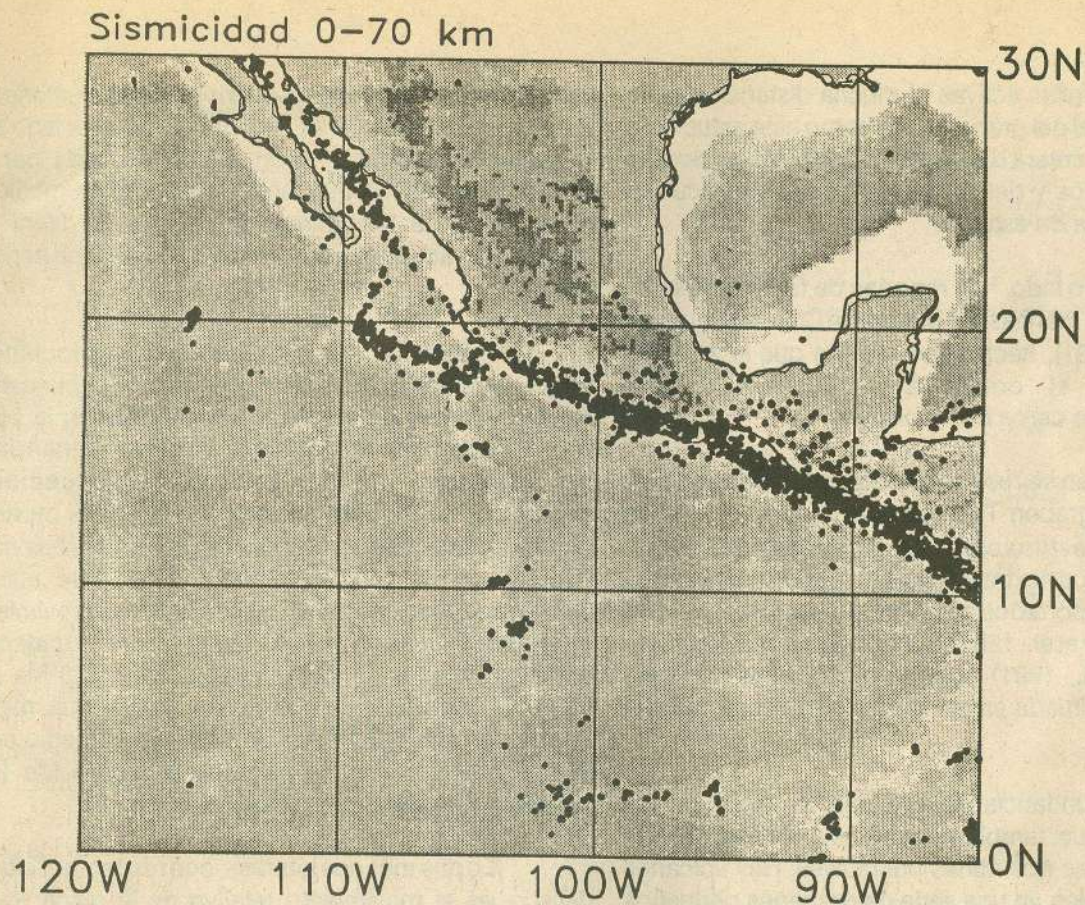
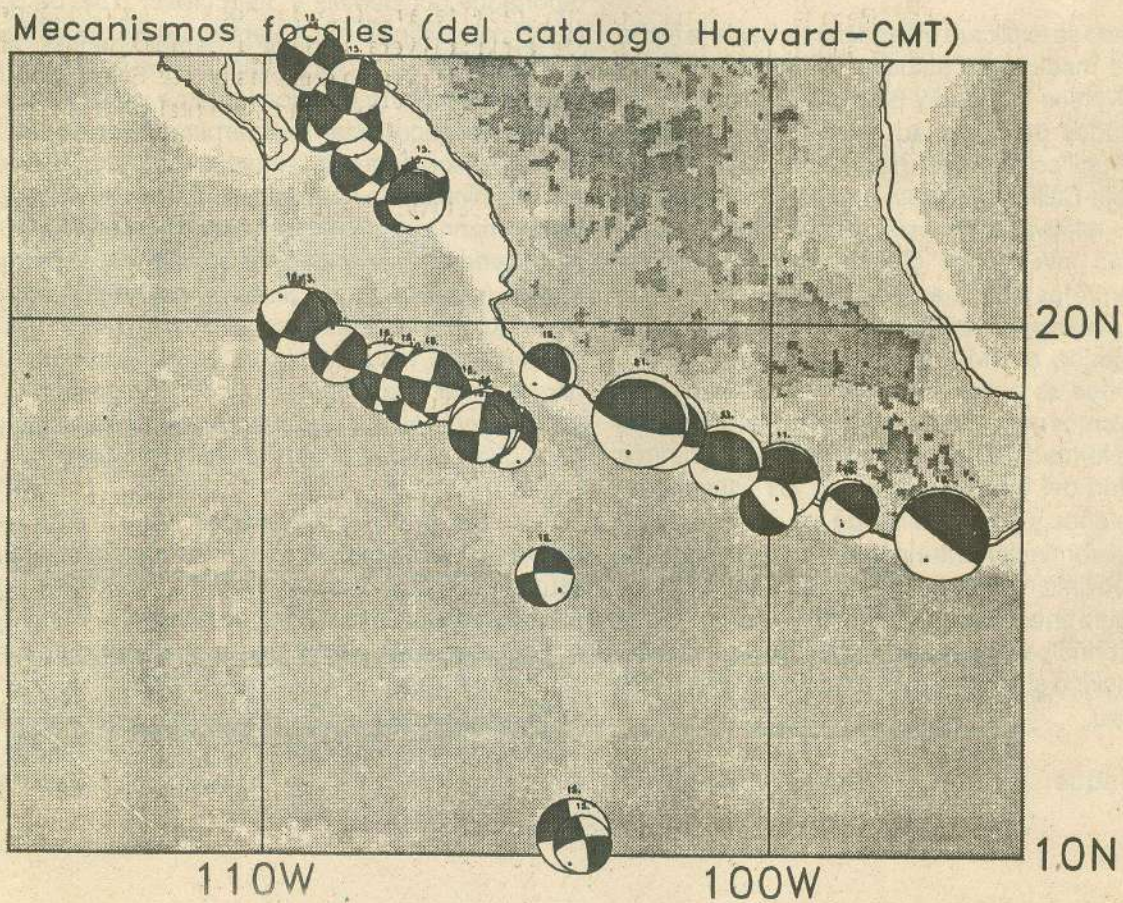


Fig. 2a) Epicentros de sismos del área obtenidos con el catalogo PDE (Preliminary Determination of Epicenters) para el período 1900-1990, registrados en por lo menos 20 estaciones. Los eventos tienen una profundidad menor a 70 km.

Fig. 2b) Mecanismos focales de eventos en el área, obtenidos con el catálogo Harvard-CMT (Centroid Moment Tensors) para el período 1970-1991 y de magnitud  $M_b$  o  $M_s > 5$ .





geométrica sería distensión en el graben de Colima, posiblemente provocando un movimiento sinistral entre Michoacan-Guerrero y Norte América (DeMets y Stein, 1990). Una subducción oblicua dextral entre Rivera y Norte América puede dar al graben Tepic-Zacoalco una componente dextral, y al rift de Colima un componente de apertura, sin necesidad de que existan movimientos sinestrales a través del Eje Volcánico Mexicano (figs 1b y 1c).

Los movimientos esperados en los diferentes modelos también dependen fuertemente de las incertidumbres en la velocidad relativa entre Norte América y Pacífico. Si la velocidad actual fuera un poco más rápida que el resultado óptimo de NUVEL-1, pero con la misma dirección, la subducción entre las placas Cocos y Norte América sería casi perpendicular a la trinchera, y la subducción entre Rivera y Norte América necesariamente tendría mayor componente oblicuo dextral. En cualquier caso, se puede interpretar el graben de Colima como el resultado del contraste entre la subducción oblicua de un lado y la subducción perpendicular del otro lado, pero con diferentes geometrías.

Así, vemos que el sentido de la oblicuidad de la subducción de las placas Cocos-Norte América y Rivera-Norte América, difiere en los dos modelos. Si fuera posible comprobar la oblicuidad de la subducción en una o las dos zonas, entonces sería posible distinguir mejor entre los dos modelos. Hay información sísmica para la zona de subducción Cocos-Pacífico, en la trinchera mesoamericana, que indica una subducción casi perpendicular entre ellas. Pero falta información sísmica a lo largo de la zona de subducción entre las placas Rivera y Norte América. En otras regiones del mundo donde la subducción es oblicua (p. ej. Sumatra, Ecuador, Alaska; ver Fitch, 1972 y Jarrard, 1986), vemos que allí el movimiento suele dividirse en dos zonas, con una subducción más perpendicular en la trinchera y unos movimientos de desgarre a lo largo del arco volcánico. Estos movimientos de desgarre en fallas transcurrente siempre nos indican el sentido de la oblicuidad de la convergencia en la zona de subducción; nunca se encuentran con el sentido contrario. Si aplicamos estas observaciones al bloque Jalisco, vemos que el conocer el sentido de movimiento de desgarre en el graben de Tepic-Zacoalco resulta muy útil para determinar el sentido de la oblicuidad de subducción de la placa Rivera debajo de Norte América, y que el sentido del desgarre en el rift de Chapala nos podría dar la misma información respecto a la oblicuidad de convergencia entre las placas Cocos y Pacífico. Sin embargo, el componente de desgarre puede ser mucho menor que la velocidad de convergencia (alrededor de 2 mm/año); esto complica aún más la situación pues se dificulta la posibilidad de verificarlo geológicamente con datos de campo.

Hay fallas de desgarre en los rifts de Chapala y Tepic-Zacoalco, pero todavía falta un acuerdo geológico acerca del sentido de movimiento y de la edad de las mismas. Podemos suponer que estos movimientos de desgarre, en la zona intra-arco, están relacionados con el sentido de oblicuidad de convergencia en la trinchera, pero resulta muy importante verificar geológicamente la edad y el sentido de movimiento allí. Estos aspectos tienen mucha importancia en forma global, para el desarrollo de teorías de tectónica de placas y el estudio de movimientos de placas grandes; pero también tienen muchas implicaciones para la determinación de movimientos regionales hacia el interior del México continental.

### EL INICIO DEL BLOQUE JALISCO

La evolución del bloque Jalisco parece estar relacionado con la geometría y dinámica de la placa Rivera, por ello es conveniente saber como fué la evolución y movimiento de esta última placa respecto a Norte América. Para ver esto podemos utilizar las anomalías magnéticas de la dorsal Pacífico oriental, con extrapolación de velocidades angulares globales de las placas (DeMets et al., 1990), y colocar la dorsal Rivera-Pacífico en el lugar anterior con respecto a la placa de Norte América (figura 4). En base a esto podemos ver dos cosas: 1) La dorsal Pacífico oriental llegó a la margen del continente en su lugar actual (lo que después dió lugar al Golfo de Baja California) hace unos 10 Ma. 2) La placa Rivera empezó a comportarse como una microplaca, independiente de la de Cocos, en fecha mas reciente, alrededor de unos 4 Ma. La independencia de la placa Rivera se debe al cambio geométrico del centro de dispersión entre las placas Rivera y Pacífico, del lado occidental al lado oriental de la microplaca Mathematician.

### GEOMETRIA DE LA PLACA SUBDUCIDA

La geometría de las placas Cocos y Rivera, dentro de la zona de subducción, tiene mucha importancia en el marco tectónico regional. Controla, hasta cierto punto, la posición del arco volcánico y el grado de acoplamiento o transmisión de esfuerzos tectónicos entre las placas a través de la trinchera. Un cambio lateral de inclinación de la placa inferior puede afectar la tectónica encima, y una ruptura dentro de la placa inferior puede permitir el paso de material astenosférico hacia arriba para el desarrollo de volcanismo y/o afectar la topografía dinámica encima. Un pliegue de una placa inferior puede provocar levantamiento de la placa superior encima del pliegue.

Lo que sabemos de la placa de Cocos, dentro de la zona de subducción, es que tiene una inclinación suave, de unos 20 grados en Oaxaca (Suarez et al.,



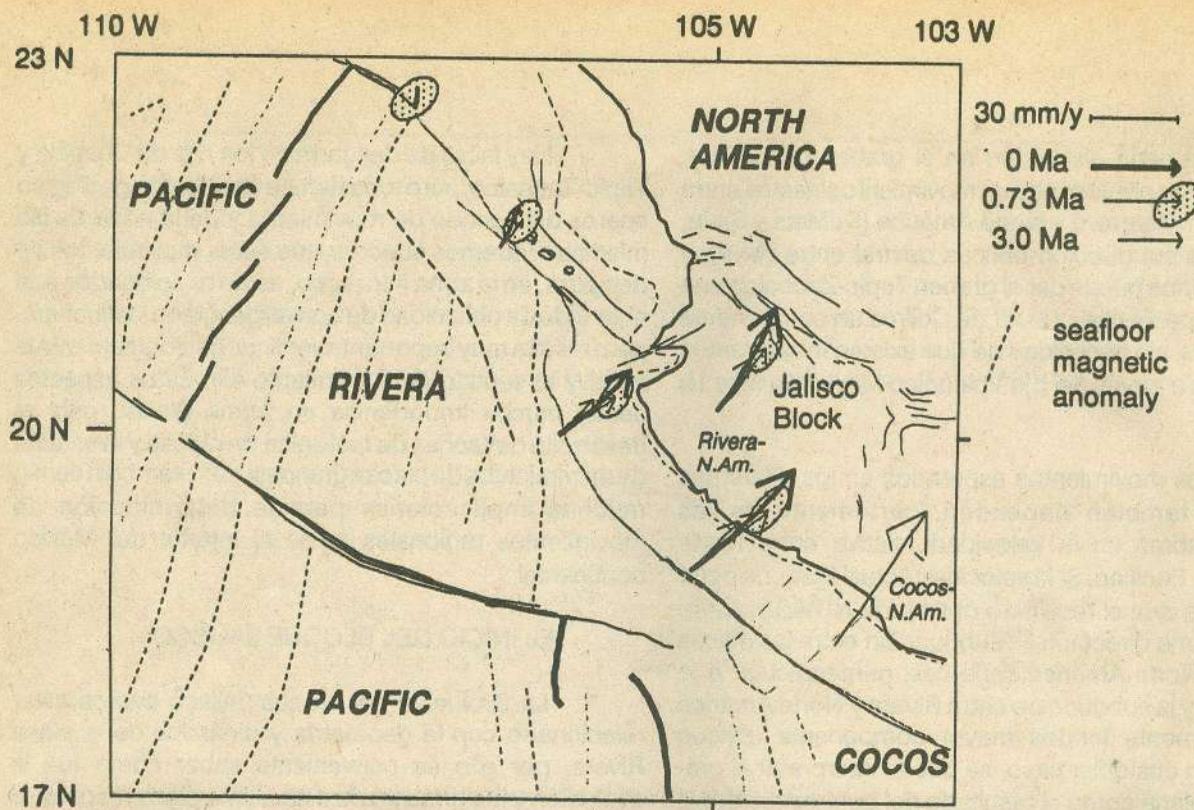
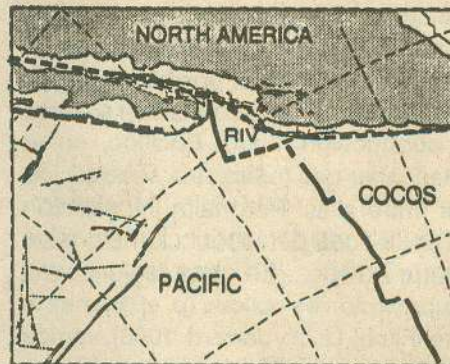
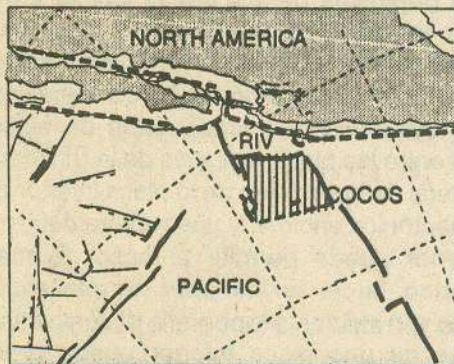


Fig. 3.- Velocidades relativas entre Rivera y Norte América y entre Cocos y Norte América. Los vectores representan la velocidad promedio para los últimos 3 Ma (flechas chicas) y para los últimos 0.73 Ma (flechas chicas con elipse que indica 95 % de intervalo de certidumbre), de acuerdo de DeMets y Stein. Las flechas grandes y gruesas indican el movimiento actual de acuerdo a Bandy. De ser ciertos estos datos, la subducción en la placa Rivera se ha incrementado en los últimos 3 Ma. El vector dibujado dentro del bloque Jalisco indica la dirección hipotética del esfuerzo generado a profundidad al acoplarse la placa en subducción y el bloque Jalisco.

Anomaly 2a, 3 Ma



Anomaly 3, 4.3 Ma



Anomaly 3a (old edge), 5.89 Ma

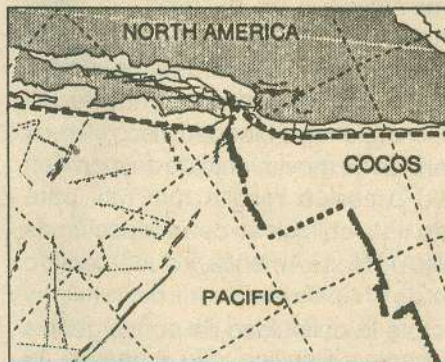


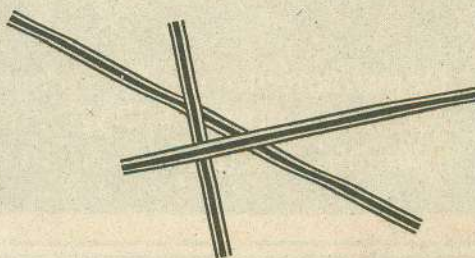
Fig. 4.- Configuración de las placas en el área del Bloque Jalisco para los últimos 5.9 Ma. Norte América se supone fija. Las anomalías magnéticas de la placa Pacífico se han rotado hasta hacerlas coincidir con la posición de la dorsal hace 5.9 Ma, 4.3 Ma y 3 Ma, que corresponde a las anomalías 3a, 3 y 2a. Las rotaciones fueron extrapoladas tomando en cuenta el promedio para los últimos 3 Ma obtenido con el modelo NUVEL-1. La migración hacia el este de la cordillera centro-oceánica, al sur de la fractura Rivera, ocurrió durante el tiempo de la anomalía 3 (aprox. 4 Ma), lo cual dejó aislado un fragmento al norte de la placa de Cocos. Dicho fragmento inició su movimiento en forma independiente como placa Rivera. La microplaca de corta existencia Mathematician se encuentra sombreada.



1992), llegando a ser mas abrupto hacia el NW, con unos sismos de hasta 100 km de profundidad bajo Colima (Pardo y Suárez, 1992). Pero hasta la fecha no hay información sobre la configuración de la placa Rivera al oeste de Colima, y no se sabe ni si es una placa continua Rivera-Cocos o si las dos placas se mueven en forma independiente a profundidad. Uno puede imaginar varias geometrias posibles para estas placas, por ejemplo una placa continua pero muy deformada y muy débil, según el grado de resistencia elástica que posea. Pero ésta es una cuestión que aun esta por determinarse y que constituye una importante línea de investigación para el futuro.

## BIBLIOGRAFIA

- Allan J. 1986. Geology of the Northern Colima and Zacoalco grabens, southwest Mexico: Late Cenozoic rifting in the Mexican Volcanic Belt. *G.S.A. Bulletin* 97:473-485.
- Allan J., Nelson S., Luhr J., Carmichael I., Wopmat M. and Wallace P. 1991. Pliocene-Holocene rifting and associated volcanism in southwest Mexico. In *The Gulf and Peninsular Provinces of the Californias*. Am. Ass. Petrol. Geol. Memoir 47, Dauphin J. and Simoneit B. Editors.
- Bandy W.L. 1992. Geological and Geophysical investigation of the Rivera-Cocos plate boundary: Implications for plate fragmentation. Ph.D. Thesis, Univ. of Texas-Austin, USA.
- Bourgois J. and Michaud F. 1991. Active fragmentation of the North America plate and the Mexican triple junction area off Manzanillo. *Geo Marine Letters*. 11:59-65.
- DeMets C., Gordon R., Argus D. and Stein S. 1990. Current plate motions. *Geophys. J. International*. 101:425-478.
- DeMets C. and Stein S. 1990. Present-Day kinematics of the Rivera plate and implications for tectonics in southwestern Mexico. *J. Geophys. Res.* 95:21931-21948.
- Fitch T. 1972. Plate convergence, transcurrent faults and internal deformation adjacent to Southeast Asia and western Pacific. *J. Geophys. Res.* 77:4432-4460.
- Jarrad R.D. 1986a. Terrane motion by strike-slip faulting of forearc slivers. *Geology*. 14:780-783.
- Jarrad R.D. 1986b. Relations among subduction parameters. *Reviews of Geophys.* 24:217-284.
- Johnson C. and Harrison C. 1990. Neotectonics in central Mexico. *Phys. Earth Planet. Int.* 64:187-210.
- Luhr J., Nelson S., Allan J. and Carmichael I. 1985. Active rifting in southwestern Mexico: Manifestations of an incipient eastward spreading-ridge jump. *Geology*. 13:54-57.
- McCaffrey R. 1991. Slip vectors and stretching of the Sumatran fore arc. *Geology*. 19:881-884.
- Medina F., Espindola J. y Gamietea A. 1987. Aspectos estadísticos de la actividad sísmica en México. *Ciencia* 38:253-267.
- Michaud F., Quintero O., Barrier E. et Bourgois J. 1991. La frontiere nord du Bloc Jalisco (Ouest du Mexique): Localisation et evolution de 13 Ma a l'actuel. *C.R.Acad. Sci.Paris*. 312(II):1359-1365.
- Minster J. and Jordan T. 1978. Present-day plate motions. *J. Geophys. Res.* 83:5331-5334.
- Nieto O., Delgado L. and Damon P. 1985. Geochronologic, petrologic and structural data related to large morphologic features between the Sierra Madre Occidental and the Mexican Volcanic Belt. *Geofis. Int.* 24:623-663.
- Pardo M. y Suarez G. 1992. Morfología de la subducción en el sur de México, Jalisco-Oaxaca. *GEOS, Bol. Mex. Geofis. Union*. 12(5):79.
- Serpa L., Smith S., Katz C., Skidmore C., Sloan R. and Pavlis T. 1992. A geophysical investigation of the southern Jalisco block in the State of Colima, Mexico. *Geofis. Int.* 31:475-492.
- Suarez G., Ligorria P. and Ponce L. 1992. Preliminary crustal structure of the coast of Guerrero, Mexico, using the minimum apparent velocity of refracted waves. *Geofis. Int.* 31:247-252.
- Suarez G., Monfret T., Wittlinger G. and David C. 1990. Geometry of the subduction and depth of the seismogenic zone in Guerrero Gap, Mexico. *Nature*. 345:336





# 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.Cfa., México  
Teléfono 52 (667) 4 5050 ext. 4010. Fax 52 (667) 4 5154

Fotografía: Van Dyke



## CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LA ROCA Y CONDICIONES TERMODINAMICAS INICIALES EN SISTEMAS HIDROTERMALES

Mario César Suárez Arriaga  
Fernando Ascencio Cendejas

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos  
Comisión Federal de Electricidad. Fax : (45) 144735  
A.P. 31-C, 58290 Morelia, Michoacán.

### RESUMEN

*Algunos sistemas hidrotermales con fluido en dos fases y uno o mas componentes - agua, sales y gases - presentan en condiciones naturales, perfiles iniciales de presión y temperatura singularmente característicos, donde en las porciones someras se aprecia la predominancia del vapor mientras que en las profundas predomina el líquido, con un estrato intermedio de transición. El saber cómo y por qué se forman estos perfiles en equilibrio, es importante tanto por razones científicas como comerciales. Hemos realizado varios experimentos numéricos estudiando la influencia de diversos parámetros en la formación termodinámica inicial de un yacimiento prototipo. Los resultados sugieren fuertemente que la influencia de la conductividad térmica de la roca entre la capa sello y el reservorio es decisiva en la formación original y la evolución en tiempos geológicos de los sistemas hidrotermales volcánicos en dos fases. Ajustando los cálculos a perfiles observados, es posible deducir el flujo térmico vertical transportado por conducción a través de la capa sello, hacia la atmósfera, existente en la zona simulada.*

### INTRODUCCION

En muchas regiones geotérmicas, el flujo superficial de energía térmica aparece en forma de manifestaciones superficiales diversas: suelos vaporizantes, fumarolas, géysers, lodos hirvientes, etc. En algunos de los sistemas hidrotermales mexicanos mas conocidos, como Los Azufres en el estado de Michoacán, o Los Hornos en Puebla, existen pozos con alta calidad de vapor, cuyos gradientes verticales de presión y temperatura medidos son pequeños. No obstante, las descargas de vapor, gas y calor observables en la superficie del terreno son importantes. Este transporte de masa y energía es explicable por la ocurrencia de un proceso bifásico convectivo, que tiene lugar principalmente en la dirección vertical. En este mecanismo, aplicable a sistemas volcánicos fracturados, el calor es transportado desde el fondo del yacimiento por vapor ascendente, el cual se condensa a cierta altura, en las cercanías de la capa sello, expulsando hacia arriba su energía interna; el líquido condensado desciende para evaporarse nuevamente. El proceso ha sido descrito con cierta profusión: Pruess (1985); Pruess y o. (1987); McKibbin y Pruess (1988); Iglesias y Arellano (1988); Suárez y o. (1989). Sin embargo, ese calor latente liberado en la condensación, sólo puede escapar del yacimiento a través de la capa sello mediante un proceso de conducción combinado a veces, con pequeñas descargas convectivas de fluido geotérmico a través de fisuras en la capa sello. Si así no fuera, presenciaríamos con harta frecuencia, la existencia de sistemas hidrotermales supercalentados, cercanos o arriba del punto crítico, debido al excesivo calentamiento del sistema casi cerrado. En realidad, la convección superficial es importante sólo a escala local, en focos bien ubicados. La mayor parte del flujo térmico regional es causada por la conducción (Tovar, R. y García, G., 1991). El parámetro que rige este fenómeno es la conductividad térmica presente en el yacimiento. Entre la superficie del campo geotérmico y el techo del reservorio, el gradiente de temperatura puede alcanzar valores tan altos como 1 °C/m, hasta llegar abruptamente a valores diez veces mayores en la vecindad de la frontera entre la capa sello y el mismo yacimiento. Por tanto, la conductividad térmica de la capa sello, debe ser un factor crítico para el transporte efectivo del calor ahí descargado.

Hemos realizado experimentos numéricos para investigar la influencia de la conductividad térmica de la roca, en la formación de las condiciones termodinámicas naturales que conforman a los yacimientos volcánicos en estado quasi-estacionario; incluyendo los efectos del bióxido de carbono presente en el fluido.



Estas investigaciones sugieren que la forma de los perfiles de presión y temperatura observados en tales sistemas, y que se caracterizan por un súbito salto o discontinuidad en los gradientes verticales respectivos, están dominados por el valor de la conductividad térmica en las cercanías de la capa sello separando al yacimiento de la superficie. En particular, ese valor controla totalmente la altura del punto de discontinuidad en los gradientes de presión y temperatura, originando reservorios dominados por vapor, si la conductividad térmica es pequeña; o dominados por líquido si la conductividad es grande. Un valor medio pudiera ser responsable de las condiciones iniciales observadas en el campo geotérmico de Los Azufres.

## LA CONDUCTIVIDAD TERMICA EN EL YACIMIENTO

La conductividad térmica de la roca en un reservorio geotérmico, es un parámetro físico muy importante en la formación del mismo. La estimación de su valor permite calcular el flujo de calor subterráneo. Es además la causa de la distribución de temperaturas en el yacimiento así como de la delimitación de sus fronteras térmicas. La conductividad térmica de las rocas alteradas hidrotermalmente en el yacimiento, depende de la conductividad de los distintos minerales que la componen, de la conductividad del fluido geotérmico contenido, de la porosidad y de la geometría misma de los poros (Zimmerman, 1988).

En el campo geotérmico de Los Azufres se han medido en laboratorio, diversos valores de la conductividad térmica de la roca (andesitas) del yacimiento a diferentes profundidades, en diferentes pozos (Contreras y o., 1988). Esas mediciones pueden resumirse con ayuda de un modelo analítico de regresión lineal dado por :

$$K_T(z) = 1.87 - 1.76 \cdot 10^{-4} z \text{ [W/m/}^\circ\text{C]} , \text{ para } -79.0 < z < 1850 \text{ msnm.}$$

$$K_T(z) = 7.65 - 2.66 \cdot 10^{-3} z \text{ [W/m/}^\circ\text{C]} , \text{ para } 1850 < z < 2850 \text{ msnm.}$$

En un yacimiento, la influencia de  $K_T(z)$  se aprecia claramente en la ecuación :

$$Q_T = -K_T \nabla T - \sum_i \frac{\kappa k_{ri}}{\mu_i} h_i \rho_i (\nabla P_i - \rho_i g) \dots \dots \dots (1)$$

Donde  $Q_T$  es el flujo térmico total en  $\text{W/m}^2$ ; el primer término del segundo miembro es la conducción de calor debida al gradiente de temperatura. El 2º término del 2º miembro es la suma de componentes convectivas acopladas a la ley de Darcy, tanto en forma de líquido como en forma de vapor. Para gradientes de presión pequeños, es decir cuando hay poco flujo de masa, el término dominante es el conductivo.

## ESTUDIOS NUMERICOS SOBRE $K_T$

Empleando el simulador numérico MULKOM para fluido geotérmico conteniendo  $\text{CO}_2$ , desarrollado por el Laboratorio Lawrence Berkeley de California (Pruess, 1988), efectuamos una serie de experimentos numéricos, con el propósito central de investigar la influencia de la conductividad térmica de la capa sello, sobre el comportamiento y estabilidad termodinámica del reservorio. Los cálculos se hicieron sobre un modelo geológico vertical, heterogéneo, representando una zona de  $10,000 \text{ m}^2$  y 3000 metros de espesor en el sector sur del campo geotérmico de Los Azufres, Michoacán. En esa zona los perfiles de presión-temperatura han sido medidos y son aproximadamente representados por las siguientes regresiones:

$$P(z) = \begin{matrix} 180.46 - 0.071 z ; \text{ si } & 0 < z < 1600 \text{ msnm.} \\ 80.96 - 0.012 z ; \text{ si } & 1600 < z < 2600 \text{ msnm.} \end{matrix} \dots (2)$$

$$T(z) = \begin{matrix} 351.65 - 0.041 z ; \text{ si } & 0 < z < 1600 \text{ msnm.} \\ 290.96 - 0.007 z ; \text{ si } & 1600 < z < 2600 \text{ msnm.} \end{matrix} \dots (3)$$



La sección vertical se dividió en 16 estratos verticales cuyas dimensiones y propiedades petrofísicas están indicadas en la Tabla 1. Los valores numéricos de las propiedades de la roca, se obtuvieron por interpolación de las mediciones reportadas por Contreras y o. (1987); los valores de la permeabilidad vertical son representativos gruesos de algunas pruebas de presión. La sección modelada tiene su base en un acuitardo regional (ACUIT), de donde proviene el calor profundo, situado aproximadamente a nivel del mar (0 msnm); mientras que la capa sello (CAP01) toca la atmósfera a 3000 msnm. Los elementos TEJ01 hasta TEJ13 representan al yacimiento.

Manteniendo estas condiciones fijas, se asignaron distintos valores crecientes a la conductividad térmica de la capa sello, entre [ 0.1 , 1 ] W/m/°C, según se detallan en la Tabla 2. Se hicieron los cálculos correspondientes para cada valor asignado y se graficaron los principales resultados de la Presión, Temperatura, Saturación de Vapor y Presión Parcial del CO<sub>2</sub>, una vez que el sistema alcanzó un estado permanente en equilibrio termodinámico.

**TABLA 1.- PARAMETROS PETROFISICOS DE LOS NIVELES CONSIDERADOS EN EL MODELO GEOLOGICO.**

| Espesor (m) | NIVEL | DENSIDAD ROCA (kg/m <sup>3</sup> ) | POROSIDAD (%) | PERMEABILIDAD Vertical (m <sup>2</sup> ) | Conductividad Térmica(W/m/°C) |
|-------------|-------|------------------------------------|---------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| -           | ATMOS | -                                  | -             | 1.0 10 <sup>-12</sup>                    | 0.025                         |
| 600         | CAP01 | 2251                               | 1.95          | 1.0 10 <sup>-20</sup>                    | K <sub>T</sub>                |
| 300         | TEJ01 | 2355                               | 11.95         | 1.0 10 <sup>-14</sup>                    | 1.65                          |
| 100         | TEJ02 | 2434                               | 8.32          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 2.19                          |
| 100         | TEJ03 | 2434                               | 8.32          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 2.45                          |
| 100         | TEJ04 | 2434                               | 8.32          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 2.72                          |
| 100         | TEJ05 | 2434                               | 8.32          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.56                          |
| 100         | TEJ06 | 2434                               | 8.32          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.58                          |
| 100         | TEJ07 | 2528                               | 5.50          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.59                          |
| 100         | TEJ08 | 2528                               | 5.50          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.61                          |
| 100         | TEJ09 | 2528                               | 5.50          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.63                          |
| 100         | TEJ10 | 2528                               | 5.50          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.65                          |
| 100         | TEJ11 | 2677                               | 2.95          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.66                          |
| 200         | TEJ12 | 2677                               | 2.95          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.69                          |
| 400         | TEJ13 | 2677                               | 2.95          | 1.0 10 <sup>-15</sup>                    | 1.74                          |
| 500         | ACUIT | 2834                               | 1.59          | 1.0 10 <sup>-18</sup>                    | 1.82                          |

**TABLA 2.- VALORES EMPLEADOS DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA EN LA CAPA SELLO EN W/m/°C**

|                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| K <sub>T</sub> | 0.100 | 0.125 | 0.150 | 0.175 | 0.200 | 0.225 | 0.300 | 0.460 | 0.600 | 1.000 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|



## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Según se aprecia en las figuras 1, 2, 3 y 4, el parámetro  $K_T$  es capaz de controlar por sí solo, la evolución de la termodinámica en un yacimiento geotérmico y, según lo sugieren los resultados obtenidos, es el principal responsable del estado de equilibrio que alcancen las condiciones iniciales en un reservorio en estado natural (sin explotación). En el rango de valores de  $K_T$  estudiados, el valor mas alto de  $1.0 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$ , correspondería a un yacimiento con perfil vertical de líquido comprimido con una muy pequeña cantidad de vapor en el nivel superior. Este comportamiento en presión y en saturación de vapor, es muy similar para valores de  $K_T$  inferiores a  $1.0$  y mayores a  $0.46 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$ ; no obstante la temperatura sí experimenta un incremento debido a que va habiendo un menor flujo de calor hacia el exterior del reservorio.

A partir de  $K_T \leq 0.30 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$ , el perfil bifásico somero dominado por vapor se va acentuando, a la vez que se amplía el rango de presiones aproximadamente vaporestáticas y el punto de discontinuidad, claramente apreciable en el gradiente de presión, se profundiza. Para  $K_T = 0.30 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$ , ese punto se sitúa a los 2000 msnm. Para  $K_T = 0.1 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$ , el punto de discontinuidad se sitúa a los 1250 msnm. Este último caso, corresponde al mayor calentamiento del reservorio, en donde habrían casi 1000 metros de espesor con una saturación constante de vapor igual a casi un 65 %.

El comportamiento teórico del  $\text{CO}_2$  es bastante mas complejo, según puede apreciarse en la figura 4. Cabe mencionar que la fracción másica real de  $\text{CO}_2$  contenida en el fluido producido es distinta en diferentes pozos. Varía entre 0.2 % (pozo Az-4) y 8.5 % (pozo Az-34), en la descarga de vapor a una presión de separación de 10 bar. El contenido mas alto de  $\text{CO}_2$  se ha encontrado en pozos someros con alta calidad de vapor localizados en la vecindad de la falla Puenteillas. En esta área hay un gradiente en la concentración de  $\text{CO}_2$ , positivo en dirección W-E. En todos los casos estudiados, el bióxido de carbono se acumula en niveles someros, alcanzando máximas concentraciones en la vecindad de la capa sello. Su respuesta a los diferentes valores de conductividad térmica, es muy heterogénea y no hay una correspondencia simple entre  $K_T$  y la presión parcial de este gas incondensable. Nótese que en todos los casos simulados, se supuso una concentración constante del  $\text{CO}_2$  en el acuitardo, correspondiente a una presión parcial constante e igual a 1 bar absoluto.

El valor de conductividad térmica que mejor ajusta el perfil de presiones medido en el sector sur de Los Azufres es  $K_T = 0.175 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$ . Este permite un flujo de calor conductivo promedio igual a  $0.075 \text{ W/m}^2$ , descargando a través de la capa sello hacia la atmósfera. Para el caso de Los Humeros,  $K_T$  debería ser inferior o igual a  $0.10 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$ .

## REFERENCIAS

- CONTRERAS E., DOMINGUEZ B., IGLESIAS E., GARCIA A., HUITRON R., 1988. 'Compendio de Resultados de Mediciones Petrofísicas en Núcleos de Perforación del Campo Geotérmico de Los Azufres, Mich.', Geotermia-Revista Mex. de Geoenergía, Vol.4 No.2, pp. 79-105.
- IGLESIAS E., ARELLANO V., 1988. 'El Campo Geotérmico de Los Azufres: Prototipo de los Sistemas Hidrotermales "VAPLIQ"'. Geotermia-Revista Mexicana de Geoenergía, Vol.4. No.1, pp. 229-246.
- PRUESS K. 1985. 'A Quantitative Model of Vapor Dominated Geothermal Reservoirs as Heat Pipes in Fractured Porous Rock'. (LBL-19366).
- PRUESS K., CELATI R., CALORE C., CAPPETTI G., 1987. 'On Fluid and Heat Transfer in Deep Zones of Vapor-Dominated Geothermal Reservoirs'. 12th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford Ca.
- PRUESS K., 1988. 'SHAFT, MULKOM, THOUGH: A Set of Numerical Simulators for Multiphase Fluid and Heat Flow.' Geotermia-Revista Mexicana de Geoenergía, Vol.4, No.1, pp. 185-202.
- TOVAR, R. Y GARCÍA, G. (1991). Evaluación de la Descarga Térmica Superficial en la Zona Geotérmica de Araró, Mich. Geotermia-Revista Mexicana de Geoenergía, Vol.7, No.2, pp. 117-143.
- SUÁREZ, C., PRUESS, K. Y LIPPMANN, M. (1989). Preliminary Modeling Studies on Los Azufres Geothermal Field: Free Convection in Tejamaniles. Proceedings: Symposium in the Field of Geothermal Energy (Acuerdo bilateral entre el Departamento de Energía de los EUA y la Comisión Federal de México). San Diego, California, 4-5 de Abril de 1989 (pp.161-184).
- ZIMMERMAN, R. (1988). Thermal Conductivity of Fluid-Saturated Rocks. Preprint LBL-25197. Lawrence Berkeley Laboratory, Earth Sciences Division.



Fig.1 - DISTRIBUCION DE PRESIONES EN FUNCION DE Kt.

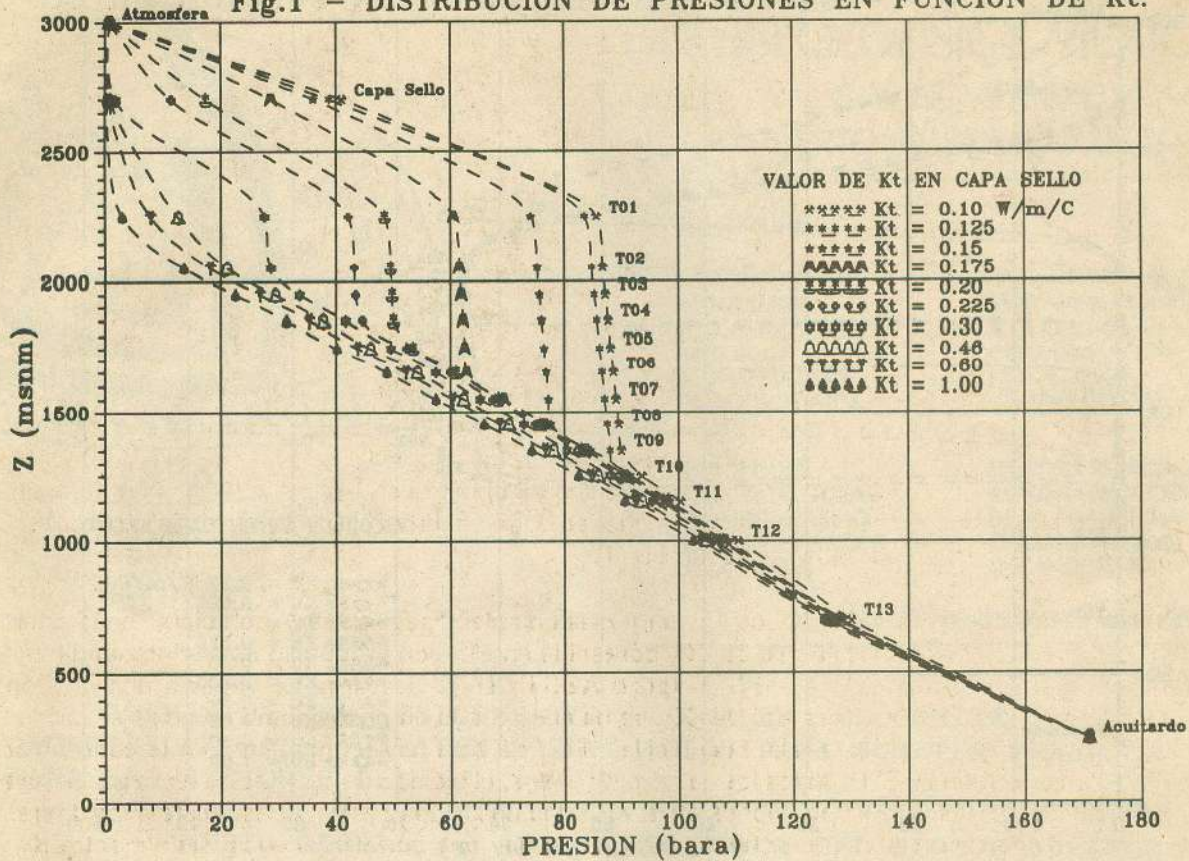


Fig.2 - DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS EN FUNCION DE  $K_t$ .

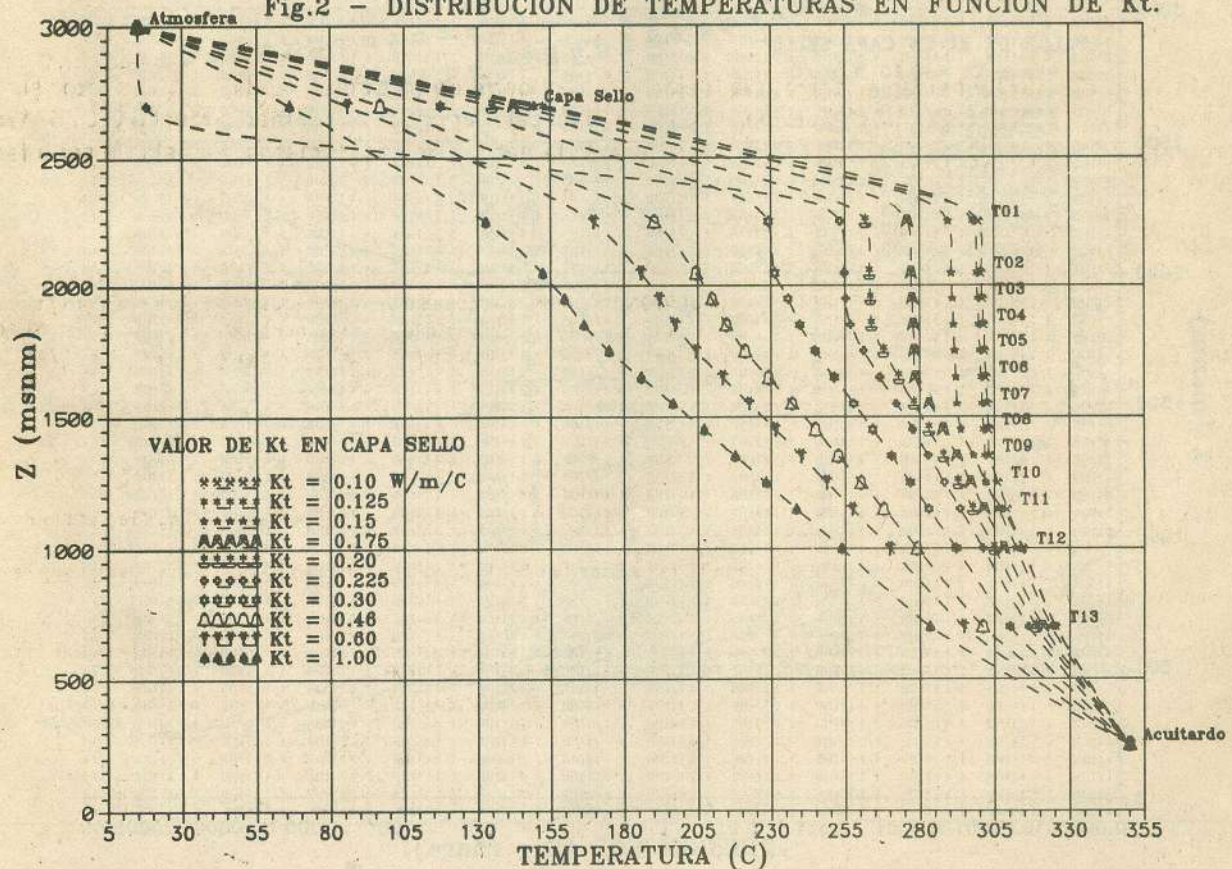




Fig.3 - SATURACION DEL VAPOR EN FUNCION DE Kt.

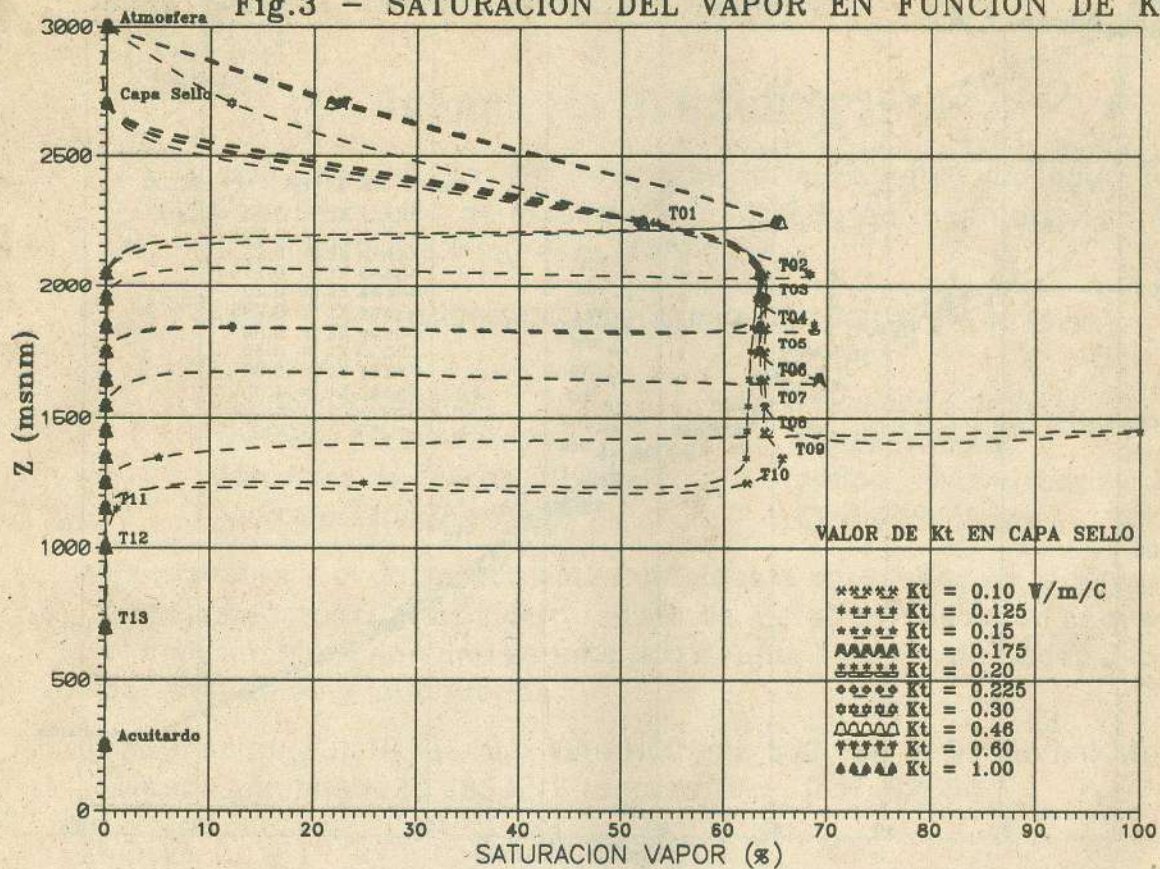
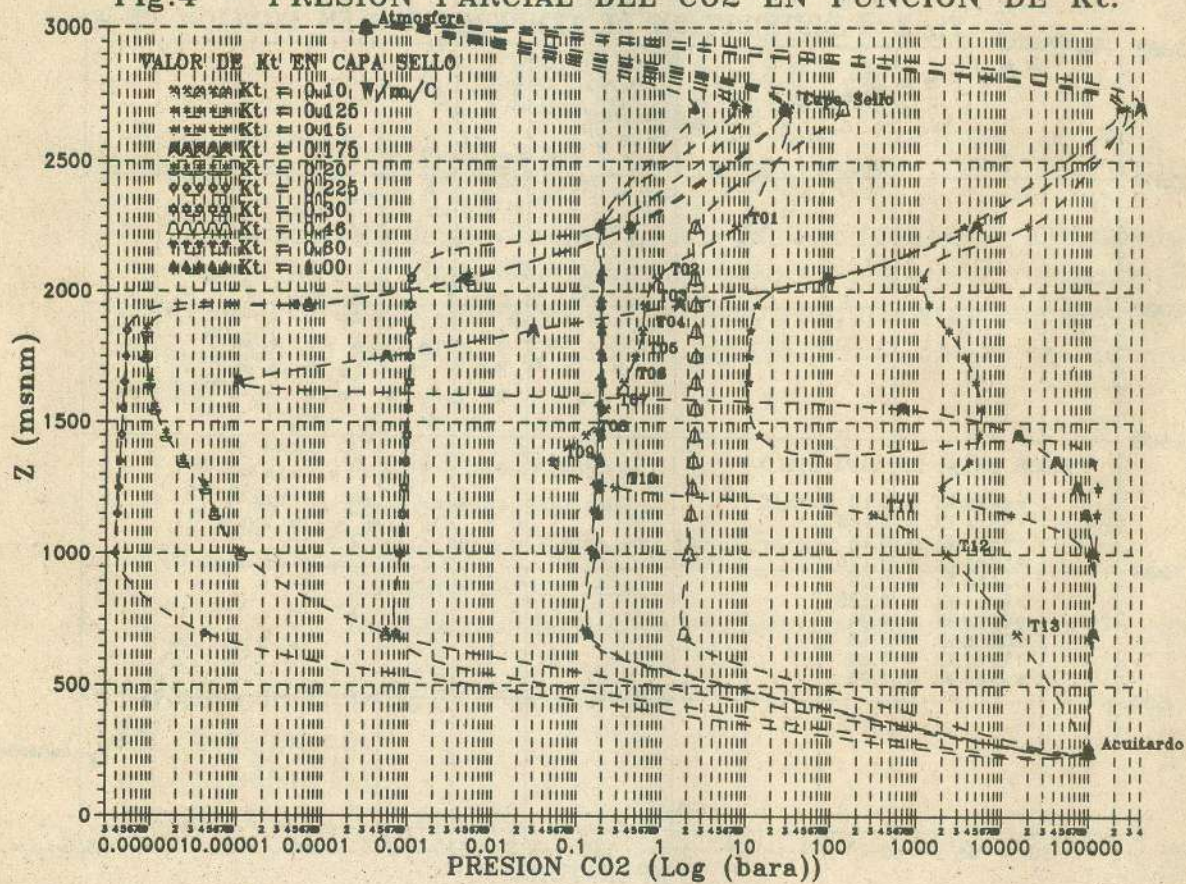


Fig.4 - PRESION PARCIAL DEL CO2 EN FUNCION DE Kt.







# REUNION 1993 UNION GEOFISICA MEXICANA

8-12 NOVIEMBRE  
PUERTO VALLARTA, JALISCO

## TEMAS A TRATAR

SISMOLOGIA  
GEOQUIMICA  
VOLCANOLOGIA  
TECTONICA  
GEOHIDROLOGIA  
SISMOTECTONICA

EXPL. GEOFISICA  
MATEMATICAS APLICADAS  
A LA GEOFISICA  
CONTAMINACION  
ATMOSFERICA  
CAMBIO GLOBAL

PETROLOGIA  
GEOL. ESTRUCTURAL  
GEOMAGNETISMO  
FS. QUIM. INTERIOR  
DE LA TIERRA

CIENCIAS ESPACIALES  
AERONOMIA Y CIENCIAS  
DE LA ATMOSFERA  
CLIMATOLOGIA  
OCEANOGRAFIA

RECEPCION DE RESUMENES HASTA SEPTIEMBRE 10

ADEMAS DE LAS SESIONES TRADICIONALES, EL COMITE ORGANIZADOR HACE UNA ATENTA INVITACION PARA SOMETER TRABAJOS PARA LAS SESIONES DE:

- CAMBIO GLOBAL
- GEOHIDROLOGIA
- CRATER CHICKXULUB
- SISMOTECTONICA
- TECTONICA DEL BLOQUE JALISCO
- TECTONICA DEL GRABEN ACAMBAY
- TECTONICA DE BAJA CALIFORNIA
- VOLCANISMO MONOGENETICO

EL HOTEL SEDE, CONTINENTAL PLAZA VALLARTA, OFRECE PRECIO ESPECIAL A LOS ASISTENTES AL EVENTO. LOS PAQUETES POR 3 O 4 NOCHES SON MAS ECONOMICOS Y PUEDEN COMPRARSE A TRAVES DE LAS AGENCIAS DE VIAJE. UNA DE ESTAS AGENCIAS ES MAGNITUR CON OFICINAS EN PASEO DE LA REFORMA 20 - 307, TELS 703 3817 Y 703 2563; EN TIJUANA CUAUHTEMOC 1209 - 306, TEL 828 877; EN GUADALAJARA CIRCUNVALACION A. YAÑEZ 2567 - G, TELS 159 509 Y 150 844; EN MONTERREY LA BARCA 1128, TELS 337 057 Y 337 357 Y LEON GTO. BLVD. LOPEZ MATEOS 236 - 201, TELS 166 525 Y 130 333.

## INFORMES

E. GOMEZ  
CIENCIAS de la TIERRA  
CICESE APDO. POSTAL 2732  
ENSENADA 22800 B.C.  
TEL. 91 617 4-45-01 AL 06  
FAX 91 617 4-49-33

F. MEDINA  
IGF-UNAM  
APDO. POSTAL 2681  
ENSENADA 22800 B.C.  
TEL. 91 617 4-46-02  
FAX 91 617 4-46-03

C. GAY  
UNAM  
C. DE LA ATMOSFERA  
CD. UNIVERSITARIA  
MEXICO 04510 D.F.  
FAX 91 5 548-97-81





## 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.

Las asignaturas que se imparten son, entre otras:

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

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

La maestría y el doctorado están dirigidos a egresados de ingeniería civil, ciencias agropecuarias y carreras afines. Estos cursos están apoyados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua a través de becas, biblioteca, computadoras y laboratorios.

Informes al (73) 19-40-49 o 19-40-00 ext. 532 con el Dr. Alvaro Muñoz en Paseo Cuauhnáhuac #8532, Progreso, Mor. C.P. 62550

## POSGRADO EN Geofísica



Unidad Académica de los Ciclos  
Profesionales y de Posgrado del  
Colegio de Ciencias y Humanidades

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

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  
SISIMOLOGÍA 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



## LA GENERACION DE COLUMNAS DE MAGMA BASALTICO EN LA FRONTERA NUCLEO-MANTO.

Michael E. Wyssession  
Dept. Earth and Planetary Sciences  
Washington University, St. Louis MO.

Una nueva visión de la dinámica de la base del manto terrestre esta surgiendo como resultado del trabajo integrado por sismólogos y especialistas en geodinámica y geomagnetismo. La estructura presente en la frontera entre el manto y el núcleo terrestre (FNM) parece tener influencia en los movimientos convectivos que se llevan a cabo tanto en los silicatos sólidos del manto como en el hierro líquido del núcleo externo. Tales procesos parecen estar dando en la FNM debajo de Indonesia Oriental, en donde la detección de velocidades sísmicas muy lentas parecen indicar la existencia de una región caliente poco común y pudieran anunciar el nacimiento de una columna de magma basáltico (plume) en la base del manto. Además, los modelos geomagnéticos indican que pueden existir columnas de material fundido en ascenso a partir del núcleo, en ese lugar; y esto, a su vez, podría representar un acoplamiento dinámico en el movimiento de los materiales del manto y el núcleo. Las dos principales Capas Límite Térmicas de la Tierra, en la parte superior e inferior del manto son las regiones de mayor importancia en términos de su poder de influencia y contención de los dinámicos movimientos al interior de la Tierra. Para poder entender los procesos que se llevan a cabo en las placas tectónicas, fue necesario un conocimiento claro de los 100 km superiores de la Tierra; así también, para poder comprender como el núcleo y el manto evolucionan con el tiempo se requerirá de un detallado conocimiento de la frontera Núcleo - Manto. Sin embargo, esta interfase, localizada a una profundidad de 2890 km, es extremadamente difícil de resolver. Experimentos en laboratorio nos han dado una idea aproximada de las composiciones y temperaturas en la base del Manto, y una variedad de estudios sísmicos han demostrado el alto grado de variación lateral a través de esta zona. En un intento por incrementar la resolución de la estructura de la FNM, Wyssession et al. (1992) examinaron la velocidad de las ondas sísmicas e hicieron modelos de sismogramas sintéticos con las ondas P y S, de grandes terremotos, que se difractan alrededor del núcleo. Estas ondas telesísmicas, las cuales llevan mucha información acerca de la base del Manto, por lo regular tienen variaciones laterales del orden de ~ 1 %.

Sin embargo, abajo de Indonesia Oriental, las velocidades promedio de P y S son más del 3 % más lentas de lo que se esperaba respecto a los modelos standard de la estructura de la Tierra.

Mientras que la causa termoquímica de esta desviación no puede ser determinada en forma única, la ecuación de estado modelado por Wyssession et al. (1992) sugiere que podría deberse a una combinación de aumentos en la temperatura y en el contenido de hierro. Sin embargo, un origen fundamentalmente térmico requeriría una anomalía en el aumento de temperatura excedente a 500 grados centígrados, lo cual haría que este material del Manto estuviera en un proceso de inestabilidad convectiva debido a su expansión térmica. La columna basáltica ascendente del núcleo (plume), identificada debajo de esta región por estudios geomagnéticos (Bloxham & Jackson, 1991) es

consistente con un aumento en el flujo tanto de calor como de hierro que están ascendiendo del núcleo hacia el manto.

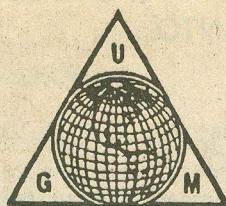
Mientras que los patrones de flujo del núcleo fluctúan en unos 5 órdenes de magnitud más rápidamente que los patrones del manto, es probable que exista un acoplamiento dinámico entre ambos. El manto podría influenciar e incluso detener el flujo del núcleo a través de variaciones en la topografía de la FNM, o a través de la contención de las líneas de campo electromagnético en el núcleo por la presencia de aleaciones de hierro en el manto, producidas por reacciones Núcleo - Manto (Jeanloz, 1990). La anomalía del manto podría de hecho reforzarse a sí misma a través de una retroalimentación positiva, deteniendo la corriente del núcleo y aumentando el flujo de calor y hierro hacia la región anómala del manto. Dicho proceso puede continuar hasta que la anomalía se vuelva demasiado caliente para ser convectivamente estable en la FNM y entonces surja formando de una columna o plume, para dar lugar a un punto caliente o hot spot en el manto (Duncan & Richards, 1991). Una correlación similar ha sido identificada entre varios de los puntos calientes o hot spots que han evolucionado en el Atlántico Este y la zona interna extraordinariamente lenta bajo ellos. (S.P. Grand, comunicación personal, 1991). Cuando el material de la columna basáltica se acerca a la superficie, se funde parcialmente y erupciona desarrollando un gran derrame de basalto originando una meseta oceánica, por lo que sería sensato asumir que la cabeza inicial de la columna debe tener una gran anomalía sísmica asociada. Un mejor entendimiento a estos fenómenos vendrá de los estudios sobre las ondas reflejadas por el núcleo como el de Woodward y Masters (1991), y con un mejor conocimiento de la topografía de la FNM. Si los puntos calientes o hot spots realmente se originan en la FNM, entonces Indonesia Oriental es el lugar más factible para el desarrollo de futuros grandes derrames de basalto producidos por un punto caliente o hot spot.

(Artículo aparecido en EOS, enero 26, 1993)

### REFERENCIAS

- Bloxham J. and A. Jackson. 1991. Fluid flow near the surface of Earth's outer core. *Rev. Geophys.* 29:97
- Duncan R.A. and M.A. Richards. 1990. Hotspots, mantle plumes flood basalts, and true polar wander. *Rev. Geophys.* 29:31.
- Jeanloz R. 1990. The nature of the Earth's core. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 18:357.
- Woodward R.L. and G. Masters. 1991. Lower mantle structure from ScS-S differential travel times. *Nature* 352:231.
- Wyssession M.E., Okal E.A. and C.R. Bina. 1992. The structure of the core-mantle boundary from diffracted waves.





## ACTIVIDADES DE LA UNIÓN

Resultado de la Comisión de Enseñanza, enviado a la SEP en diciembre de 1992, respecto a los cambios que se están llevando a cabo en los libros de texto de primaria y secundaria.

Dr. Luis Gámez Jiménez  
Presidente  
Consejo Nacional Técnico de la Educación  
S.E.P.

Estimado Dr. Luis Gámez

Como respuesta a la solicitud expresada por usted en forma verbal, el verano pasado, en esta ciudad de Ensenada B.C.; una comisión de miembros de la Unión Geofísica Mexicana se ha dedicado a estudiar diferentes aspectos de las Ciencias de la Tierra y de Geografía con objeto de definir cuales temas son los más relevantes y, en nuestra opinión, deben quedar incluidos en los nuevos textos de enseñanza de la Geografía que se están generando por parte de la dependencia a su digno cargo.

El comité consideró conveniente incluir como temas importantes, bien sea en los nuevos textos o en forma de fascículos pequeños que puedan ser distribuidos a los profesores, los siguientes:

a) LA TIERRA.- Presentar aunque sea en forma breve las teorías principales que existen acerca de la formación y evolución de la Tierra como cuerpo planetario. Destacar los principales rasgos geológicos y morfológicos así como las áreas científicas dedicadas a su estudio.

b) SISMOLOGIA.- Un breve capítulo que hable del problema de la mecánica de generación de sismos, de las zonas sísmicas de México, de la importancia de las características del suelo y de construcción para mitigar los efectos destructivos de los sismos, de los cuidados y prevención de eventos sísmicos y del estudio de los sismos en términos generales. De ser posible debe incluir mapas de sismicidad y datos de eventos sísmicos en el pasado así como hablar del Servicio Sismológico de México y sus estudios, con objeto de hacer ver la importancia de los mismos.

c)- RIESGO VOLCANICO Y GEOLOGICO.- Un breve escrito que hable acerca de la geología de México

(de preferencia por zonas), de su relieve y morfología haciendo énfasis en la problemática de los riesgos de tipo geológico a que están sujetas las diferentes zonas. Este aspecto debe quedar enmarcado en un tema de Uso y Regulación del Suelo, y es importante ya que las diferentes zonas urbanas en el país están creciendo en forma rápida y un tanto anárquica, lo cual trae como consecuencia el hecho de que se generen desastres de consideración por causas naturales. Esto último puede ejemplificarse en el hundimiento en zonas minadas o de relleno en diferentes ciudades del país, los desastres provocados por lluvia en zonas de barrancos, los problemas en el pasado en las zonas cercanas a volcanes activos, etc.

d)-CIENCIAS DE LA ATMOSFERA Y CONTAMINACIÓN.- Un breve capítulo que exponga el tema del estudio de la atmósfera enfatizando su utilidad en aspectos agrícolas, ganaderos y marítimos. La necesidad de contar con datos que nos permitan predecir el clima y los métodos actuales que existen para su estudio. Así también, debe tocarse el tema de la contaminación, sus fuentes de origen y sus consecuencias ambientales así como la forma de evitar algunos contaminantes. Enfatizar que este problema es de índole mundial y no solamente de nuestro país.

e)- EL AGUA COMO RECURSO Y CONSERVACIÓN DEL MISMO.- Un breve capítulo que exponga la importancia de los recursos acuíferos, su distribución en México, la necesidad de su conservación y cuidado de no contaminar las cuencas hidrológicas. De ser posible, presentar mapas de distribución y movimiento del recurso acuífero en México. También debería de incluir una parte que puntualice los estudios que se llevan a cabo para optimizar este recurso.

f)- OCEANOS, CAMBIOS COSTEROS, RECURSOS EN NUESTRO MAR PATRIMONIAL.- Hablar de las zonas costeras de México, de sus principales cuencas y de las corrientes marinas predominantes. Hablar de las lagunas costeras, exponerlas como ecosistemas delicados y de sus formas de explotación y conservación. Hablar del mar patrimonial mexicano, de los recursos pesqueros y mineros existentes en las diferentes cuencas. Explicar el cambio natural de los litorales costeros, del flujo y transporte de material sedimentario y de los riesgos inherentes a las construcciones cerca del mar.



g)- RECURSOS NATURALES, GEOTERMIA, MINERIA.- Mencionar por áreas los recursos naturales de México, agrícolas, forestales, ganaderos, mineros, turísticos. etc. Mencionar en forma especial a los recursos geotermicos y petroleros así como los embalses de presas generadoras de energía eléctrica. Tratar de dar un enfoque respecto a la forma de como se estudian estas áreas y no solamente describirlas.

h) ISLAS MEXICANAS.- Detallar las islas de las diferentes zonas de México, sus recursos potenciales y su importancia como sistemas ecológicos, a la vez de presentar las zonas productivas y turísticas. En México existen decenas de islas que son practicamente desconocidas.

i)-PERCEPCIÓN REMOTA.- Mencionar el uso de tecnología moderna para el estudio de la geografía y de los recursos como es el uso de los satélites de comunicación es. Mencionar las areas profesionales encargadas de desarrollar los estudios en esta rama de la ciencia.

j) ESTUDIOS ESPACIALES Y PLANETARIOS .- Mencionar la actividad solar y sus ciclos, mencionar la presencia del viento solar en el medio interplanetario, mencionar y describir la heliósfera. Hablar de los campos magnéticos de los planetas así como del confinamiento y deformación de los campos debido al flujo del viento solar. Describir y comentar las relaciones Sol-Tierra. Hablar de los programas de exploración planetaria del sistema solar y de los descubrimientos de los últimos diez años.

La inclusión de estos temas se han considerado de suma importancia, no solo desde el punto de vista académico sino también por el hecho de poder presentar al alumnado el potencial económico y turístico que tiene México. Desde luego nos interesa que la presentación aborde la importancia del estudio de cada tema, haciendo patente las principales ramas profesionales dedicadas a ello así como algunas técnicas usadas en el estudio. Este aspecto debe resaltar el cuidado que debe tenerse al explotar económicamente una zona sin poner en peligro el entorno ecológico.

Un aspecto que consideramos reviste suma importancia es el poner al alcance de los profesores material didactico actualizado; es decir, las Ciencias de la Tierra han visto un vertiginoso avance en los últimos quince años y es muy posible que nuestro actual profesorado de enseñanza básica este manejando información obsoleta. Por ello es conveniente que se ponga al alcance de los profesores un material debidamente actualizado, destacando los principales descubrimientos en los últimos años y mencionando los métodos y principios de la tecnología moderna usada en los diferentes estudios.

Esperando que estas sugerencias puedan servir para modernizar el estudio de la Geografía en nuestro sistema educativo, nos permitimos ponernos a sus ordenes para colaborar en la elaboración o revisión de material didáctico básico o complementario que pueda llegar a generarse.

Atentamente

Comisión de Enseñanza  
Unión Geofísica Mexicana  
Diciembre de 1992

ccp Lic. Ernesto Zedillo P. --Secretario de Educación

ccp Maestro Antonio Gago H. --Subsecretario Educación Superior

MIEMBROS DE LA UNION GEOFISICA CON CUOTA 93 PAGADA

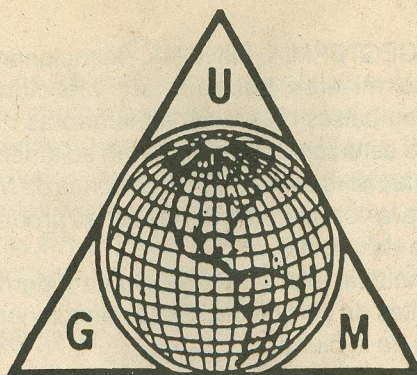
A. Aguayo, (-),  
J. Barberan (OF),  
S. Bulbulian (GEQ),  
N. Ceniceros (-),  
S. Ferraes (S),  
J.C. García B. (-),  
J.M. Gómez G. (S),  
F. García G. (CA),  
M.E. Herrera (-),  
E. Hernández Q. (-)

M. López (OF),  
C. O. Monzon (GET),  
A.L. Martín del P. (GEOL),  
B. Mendoza (EEP),  
D. Moran (GEQ),  
L. Muñiz B. (EEP),  
J.A. Noriega (-),  
E. Romero (S), H.  
Sandoval (OF)

ESTUDIANTES

H. Herrera C. (OF),  
A.L. Rivera (EEP),  
I. Zitacuaro (CA)





La Unión Geofísica Mexicana abre a concurso la  
MEDALLA MANUEL MALDONADO KOERDEL 1993

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 a 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 10 de septiembre de 1993.

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.

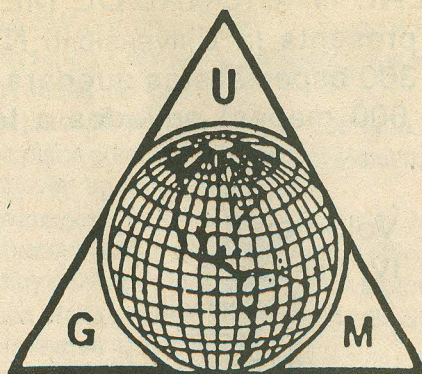
Las candidaturas con la documentación completa se podrán entregar personalmente o enviarse por correo a :

Carlos Gay  
Centro de Investigación de la Atmósfera  
Depto. de Ciencias Ambientales  
U.N.A.M.  
Circuito Exterior  
Cd. Universitaria  
C.P. 04510 México, D.F.  
Tel: 5-48-97-81

Francisco Medina  
IF (IGF) UNAM Unidad Ensenada  
Apdo. Postal # 2681  
Ensenada, Baja California  
C.P. 22830

Fax: 91-667-44603  
Tel: 91-667-44602





## CONVOCATORIA

### ELECCION DE MESA DIRECTIVA 1994 - 1995

De acuerdo con los estatutos de la Unión, durante la reunión 1993 (8-12 de noviembre) deberá tomar posesión la nueva mesa directiva. Para poder tomar en cuenta a los precandidatos a ocupar algún puesto en la nueva mesa será necesario que los miembros propongan a sus respectivos precandidatos.

Favor de nombrar a sus precandidatos en la hoja anexa y hacerla llegar al comité antes del 30 de octubre del presente año. El presidente electo para el período 94 - 95 es nuestro actual vicepresidente: Dr. Enrique Gómez Treviño.

Con los precandidatos propuestos, se seleccionarán los candidatos (aquellos que tuvieran mayor número de nominaciones). La votación final se llevará a cabo en la asamblea de la unión que se realizará el miércoles 10 de noviembre.

VICEPRESIDENTE \_\_\_\_\_

SEC. GENERAL \_\_\_\_\_

TESORERO \_\_\_\_\_

SEC. INVESTIGACION \_\_\_\_\_

SEC. DIFUSION \_\_\_\_\_

SEC. EDUCACION \_\_\_\_\_

Nombre del socio \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Todos los candidatos propuestos deberán ser miembros activos de la Unión y tener al corriente el pago de sus cuotas.



# ATLAS NACIONAL DE MEXICO

Obra en tres tomos que presenta la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, 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-administrativas

### 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

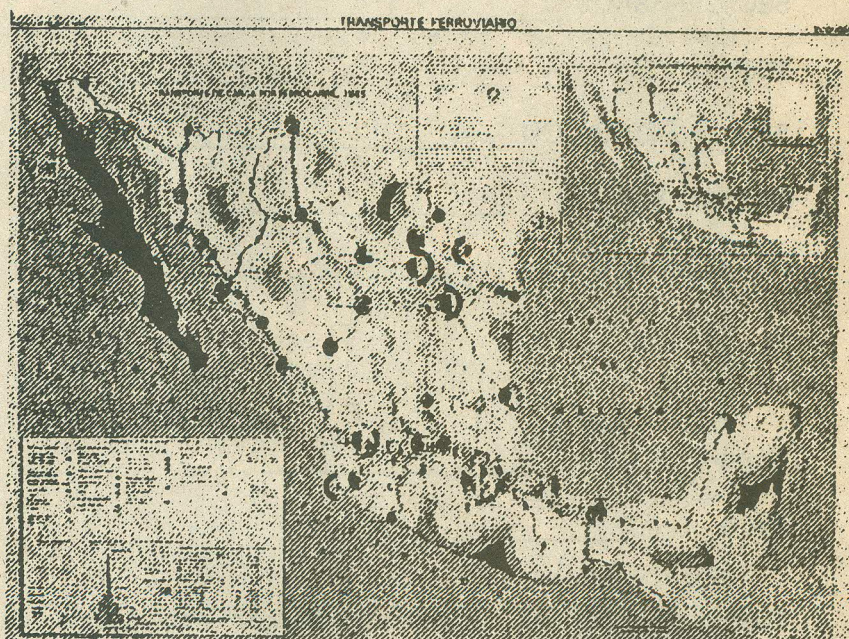
- 1.- Energía, agua y suelo, bases de la actividad económica
- 2.- Agricultura
- 3.- ganadería
- 4.- Actividad forestal
- 5.- Pesca
- 6.- Energía Eléctrica
- 7.- Economía petrolera
- 8.- Minería
- 9.- Industria
- 10.- Transporte y comunicación
- 11.- Turismo
- 12.- Comercio y servicios
- 13.- Asimilación 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  
Apartado Postal 20-850  
México, 01000, D.F.  
Tel.: 548-97-79  
Fax.: 548-40-86





## Comportamiento de la actividad $\beta$ total en partículas suspendidas en el aire desde 1982 hasta 1990 en el área de influencia de la Central Nuclear Laguna Verde (CLV).

Cornelio A. Dorantes Muñoz.

Laboratorio de Monitoreo y Dosimetría Ambiental. Gerencia del Proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde. Comisión Federal de Electricidad, Apartado Postal # 35 Cd. Cardel Veracruz CP 91680.

### Introducción

El programa de monitoreo del Laboratorio de Monitoreo y Dosimetría Ambiental (LMDA) de la Gerencia del Proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde (GPNLV), tiene entre uno de sus objetivos llevar un seguimiento de la actividad  $\beta$  total en partículas suspendidas en aire, ya que este tipo de análisis es el indicador más rápido de cambios en el medio ambiente causados por alteraciones radiológicas.

Aunque el análisis de partículas en el LMDA se ha hecho desde 1978, no fué sino hasta 1982 cuando se estandarizaron los métodos de muestreo y análisis, por lo que los resultados previos a esta fecha, aunque son válidos no se consideran como parte de este reporte.

Los datos analizados pertenecen a 7 estaciones localizadas en los alrededores de la CLV (fig 1), cabe aclarar que el número de estaciones se ha ido incrementando paulatinamente hasta un total de 15 en el año de 1990, con la finalidad de mejorar el seguimiento de las condiciones ambientales circundantes a la Central Nuclear. El objetivo del presente reporte es demostrar que la CLV no ha contribuido en la elevación de los niveles de radiación  $\beta$  total en el medio ambiente adyacente.

### MÉTODOS:

El sistema colector de partículas está compuesto por un filtro, un integrador de flujo y

una bomba de succión, los cuales se encuentran ensamblados en serie dentro de una caseta de muestreo (fig 2), este sistema funciona continuamente durante los 365 días del año, efectuándose los cambios de filtro semanalmente, las bombas utilizadas tienen una capacidad de succión de 50 l / min por lo que el volumen de aire muestreado al final del período es de aproximadamente 500 m<sup>3</sup>/semana.

La detección de los filtros con partículas se realiza en un equipo proporcional de flujo para detección de partículas  $\alpha$  y  $\beta$ , teniendo un límite mínimo de detección (LMD) de 0.82 fCi / m<sup>3</sup>/semana para este tipo de análisis.

Para el análisis estadístico, los datos se agruparon de la siguiente manera: a) un período que comprende 7 años (1982-1988), considerado como período preoperacional, b) un lapso comprendido por los años 1989 y 1990 considerado como período operacional, ya que fué durante el año de 1989 cuando la CLV entra en operación comercial y c) el lapso completo (1982-1990).

### RESULTADOS Y DISCUSION:

En la tabla 1 se presenta la estadística descriptiva de los 3 períodos, observándose que las distribuciones para los 3 juegos de datos son sesgadas, como se puede verificar por medio de los



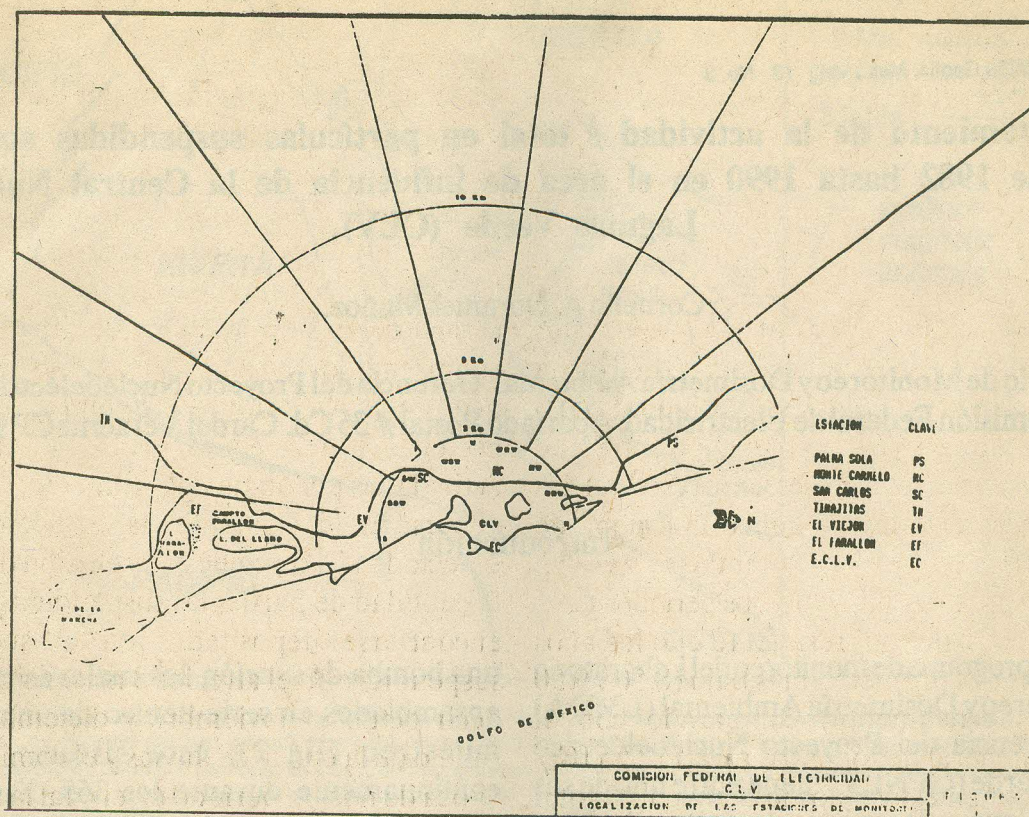


TABLA 1

SUMARIO DE LA ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE LOS DIFERENTES PERIODOS.

|                         | PERIODO<br>PREOPERACIONAL<br>(fci/m <sup>3</sup> ) | PERIODO<br>OPERACIONAL<br>(fci/m <sup>3</sup> ) | PERIODO<br>COMPLETO<br>(fci/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| MEDIA                   | 13.56                                              | 9.00                                            | 12.55                                        |
| VARIANZA                | 23.14                                              | 3.30                                            | 22.29                                        |
| DESVIACION ESTANDAR     | 4.81                                               | 1.82                                            | 4.72                                         |
| MINIMO                  | 5.00                                               | 6.00                                            | 5.00                                         |
| MAXIMO                  | 36.00                                              | 13.00                                           | 36.00                                        |
| MEDIANA                 | 14.00                                              | 9.00                                            | 11.00                                        |
| COEF DE SIMETRIA STD    | 4.89                                               | 0.53                                            | 6.09                                         |
| COEF DE KURTOSIS STD    | 7.68                                               | 0.19                                            | 9.04                                         |
| NUMERO DE OBSERVACIONES | 84                                                 | 24                                              | 108                                          |

TABLA 2

RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA.

|       | SC      | GL  | CM    | F CALCULADA |
|-------|---------|-----|-------|-------------|
| AÑOS  | 745.35  | 8   | 93.17 | 8.27        |
| MESES | 647.66  | 11  | 58.88 | 5.22        |
| ERROR | 921.76  | 88  | 11.27 |             |
| TOTAL | 2384.77 | 107 |       |             |

F TABULADA 8/88 (95%) = 2.02  
F TABULADA 11/88 (95%) = 1.75

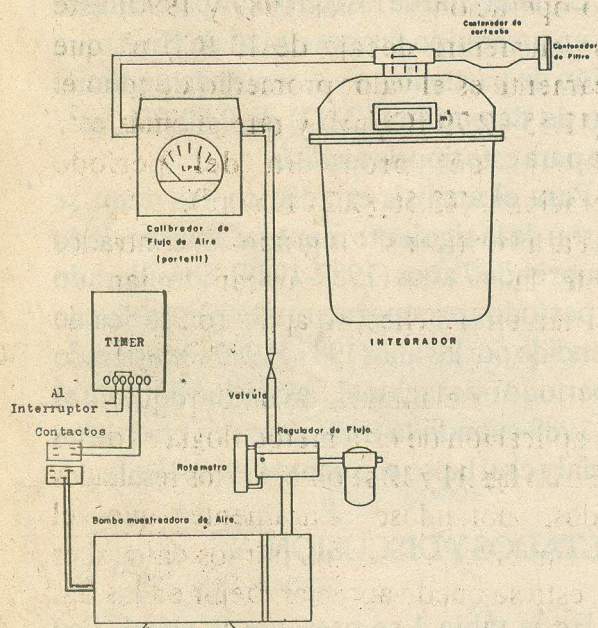


Fig. 2.- Esquema de tren de muestreo para partículas en aire.



los coeficientes de sesgo, así mismo los períodos preoperacional y el lapso completo presentan una forma platokurtica de su distribución y el operacional presenta una forma leptokurtica es decir "picuda" (figs 3, 4 y 5).

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza aplicado a los datos, en este se puede apreciar la diferencia significativa existente entre los períodos (años) y entre los meses; para poder saber entre que períodos y entre que meses se presentan las diferencias detectadas, se aplicó la prueba de Duncan (figs 6 y 7) notandose que el comportamiento presentado por los períodos tiene como característica sobresaliente que los años 89 y 90 tienen el promedio más bajo (8.50 y 9.50 fCi/m<sup>3</sup> respectivamente) comparado con el promedio general de todos los años (12.55 fCi/m<sup>3</sup>), es decir en estos años la actividad  $\beta$  total detectada estuvo por debajo del promedio registrado en todo el lapso, y los años de 1986 y 1982 fueron los mas altos (16.50 y 16.58 fCi/m<sup>3</sup> respectivamente), esto puede ser debido a lo siguiente: a). Hasta antes de 1982 las pruebas de armamento nuclear eran realizadas en la atmósfera, por lo tanto en los años subsiguientes a las detonaciones era muy común detectar radionúclidos de fallout, trayendo como consecuencia que dentro del período preoperacional, fuera factible detectar valores de fondo elevados y b). En el mes de abril de 1986 fué el accidente de la central nuclear de Chernobyl Rusia, un mes más tarde (Mayo) se detectó en el LMDA el fallout resultante, elevando por consiguiente el promedio del año (tabla 3 y fig 6).

En la tabla 4 se observan los promedios mensuales de actividad  $\beta$  total de todo el lapso y en la fig 7 se muestran los resultados de la prueba de Duncan, encontrandose que los meses se agrupan en dos, cada grupo queda comprendido dentro de períodos climáticos característicos de la región; los meses de junio a septiembre, son considerados como los meses de lluvia y los meses de enero a mayo y de octubre a diciembre se consideran como meses

de secas, ahora bien los grupos caracterizados por la prueba de Duncan quedan formados de la siguiente manera: el grupo comprendido por los meses de junio a diciembre (grupo a) y el que comprende a los meses de enero a mayo (grupo b), como se puede apreciar los meses característicos de la época de lluvias, quedan comprendidos en el grupo a y los meses de octubre, noviembre y diciembre, aunque no pertenecen a la época de lluvias registraron actividades por abajo del promedio, esto puede deberse a lo siguiente, la actividad  $\beta$  total detectada en aire tiene una relación directa con la cantidad de partículas suspendidas tienden a encontrarse depositadas en el suelo y no suspendidas en el aire, los 3 meses siguientes es decir octubre, noviembre y diciembre, son el reflejo de la época de lluvias y el comienzo de la época de nortes, período en el cual la atmósfera se encuentra recién lavada y la cantidad de partículas suspendidas es mínima.

En las figs 8,9 y 10 se observa que el 98% de los valores de los 3 períodos se encuentra por debajo de 20 fCi/m<sup>3</sup>, siendo notorio que para el período operacional (años 1989 y 1990) este valor se encuentra debajo de 13 fCi/m<sup>3</sup>, que practicamente es el valor promedio de todo el lapso ( $12.55 \pm 2.79$  fCi/m<sup>3</sup>) y que además esta por debajo del promedio del período preoperacional ( $13.56 \pm 2.21$  fCi/m<sup>3</sup>).

Para verificar si los grupos encontrados mediante la prueba de Duncan tenían un comportamiento cíclico, se aplicaron series de tiempo al período preoperacional y al lapso completo ya que el mínimo de datos requeridos para la aplicación de esta metodología es de 48 datos. En las figs 11 y 12 se observan los resultados obtenidos, notandose claramente que el comportamiento presentado por los datos si es cíclico, esto se puede apreciar mejor en las figs 13, 14 y 15 donde el componente cíclico estacional de cada período se nota perfectamente; comparando las 3 gráficas se puede concluir que los meses de junio, julio, agosto y septiembre siempre presentan los promedios más bajos, octubre siempre se eleva con respecto a estos



DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS  
PERIODO PREOPERACIONAL (1982 a 1988)

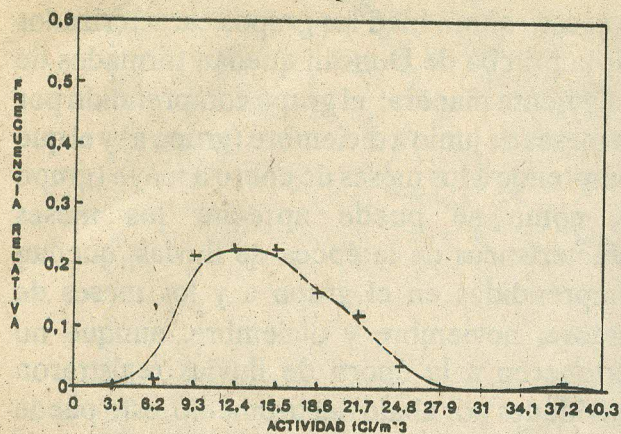


FIGURA 3

FIGURA 6

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA AÑOS  
(fCi/m³)

|       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MEDIA | 8.50 | 9.50 | 11.33 | 11.58 | 12.00 | 13.17 | 13.75 | 16.50 | 16.58 |
| AÑO   | 1989 | 1990 | 1988  | 1983  | 1984  | 1987  | 1985  | 1986  | 1982  |

FIGURA 7

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA MESES  
(fCi/m³)

|       |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MEDIA | 8.8 | 9.7 | 10.4 | 10.6 | 11.2 | 11.3 | 12.4 | 14.3 | 14.9 | 15.0 | 15.6 | 16.1 |
| MES   | AGO | JUL | JUN  | SEP  | NOV  | DIC  | OCT  | FEB  | ABR  | ENE  | MAR  | MAY  |

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS  
PERIODO OPERACIONAL (1989 y 1990)

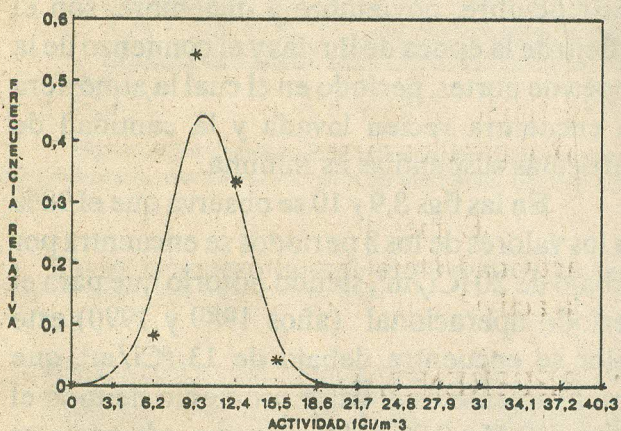


FIGURA 4

TABLA 3

PROMEDIOS DE LOS AÑOS ANALIZADOS.

| AÑO  | ACTIVIDAD<br>fCi/m³ |
|------|---------------------|
| 1982 | 16.58               |
| 1983 | 11.58               |
| 1984 | 12.00               |
| 1985 | 13.75               |
| 1986 | 16.50               |
| 1987 | 13.17               |
| 1988 | 11.33               |
| 1989 | 8.50                |
| 1990 | 9.50                |

| PERIODO        | ACTIVIDAD<br>fCi/m³ |
|----------------|---------------------|
| PREOPERACIONAL | 13.56               |
| OPERACIONAL    | 9.00                |
| 1982/1990      | 12.55               |

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS  
LAPSO COMPLETO (1982 a 1990)

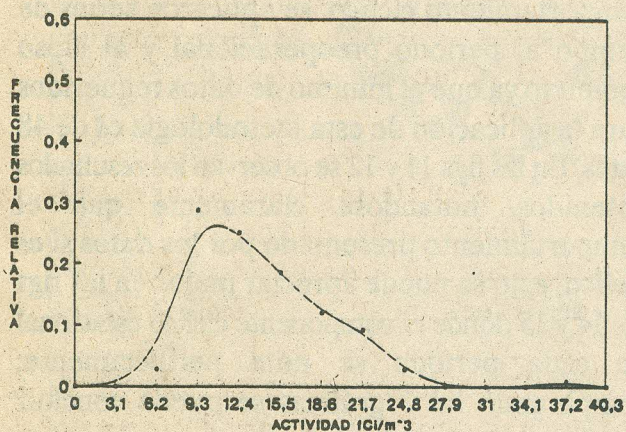


FIGURA 5

TABLA 4

PROMEDIOS MENSUALES DEL LAPSO 1982/1990.

| MES        | ACTIVIDAD<br>fCi/m³ |
|------------|---------------------|
| ENERO      | 15.00               |
| FEBRERO    | 14.33               |
| MARZO      | 15.78               |
| ABRIL      | 14.89               |
| MAYO       | 16.11               |
| JUNIO      | 10.44               |
| JULIO      | 9.67                |
| AGOSTO     | 8.78                |
| SEPTIEMBRE | 10.56               |
| OCTUBRE    | 12.44               |
| NOVIEMBRE  | 11.22               |
| DICIEMBRE  | 11.33               |

PROMEDIO DEL LAPSO 12.55



GRAFICA DE PROBABILIDAD NORMAL  
PERIODO PREOPERACIONAL (1982 a 1988)

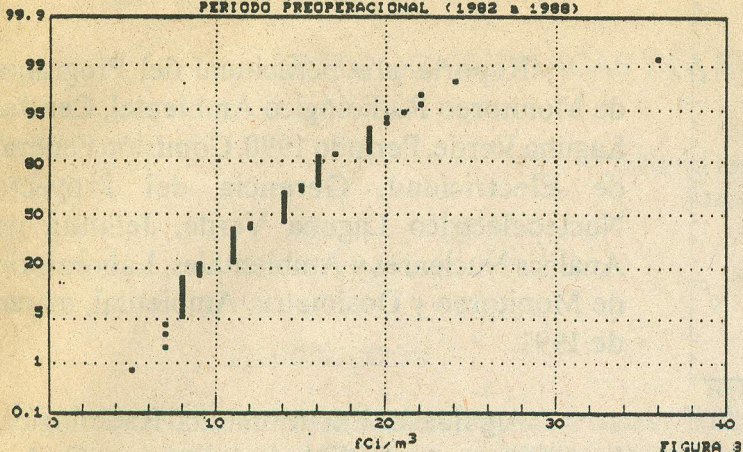


FIGURA 8

GRAFICA DE PROBABILIDAD NORMAL  
PERIODO OPERACIONAL (1989 Y 1990)

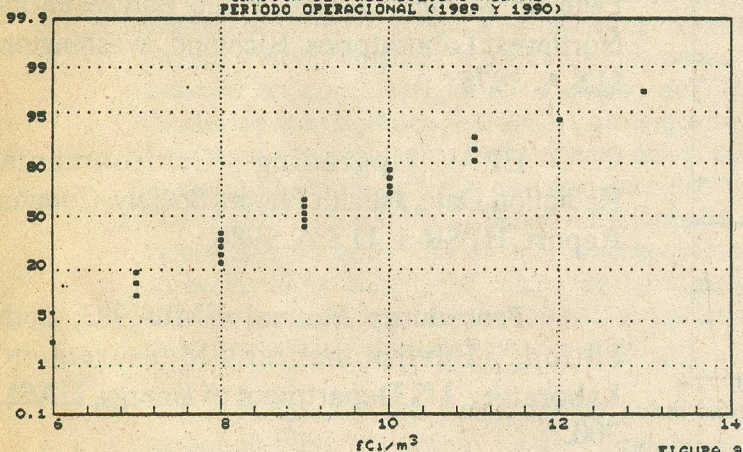


FIGURA 9

GRAFICA DE PROBABILIDAD NORMAL  
LAPSO COMPLETO (1982 a 1990)

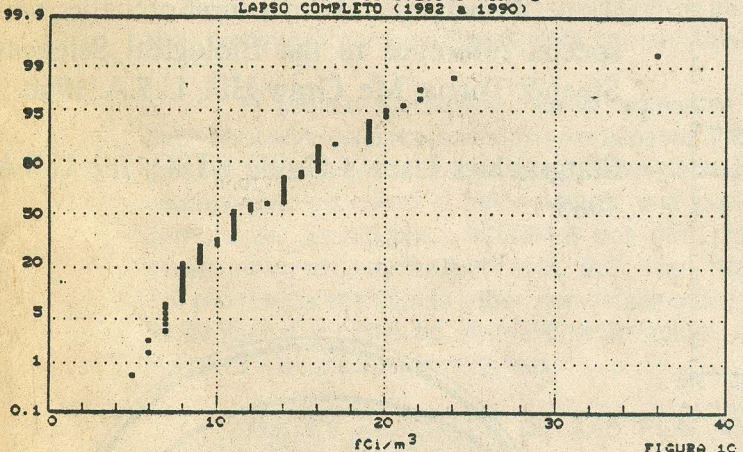


FIGURA 10

VALORES, VALORES AJUSTADOS Y PREDICCIONES  
PERIODO PREOPERACIONAL (1982 a 1988)

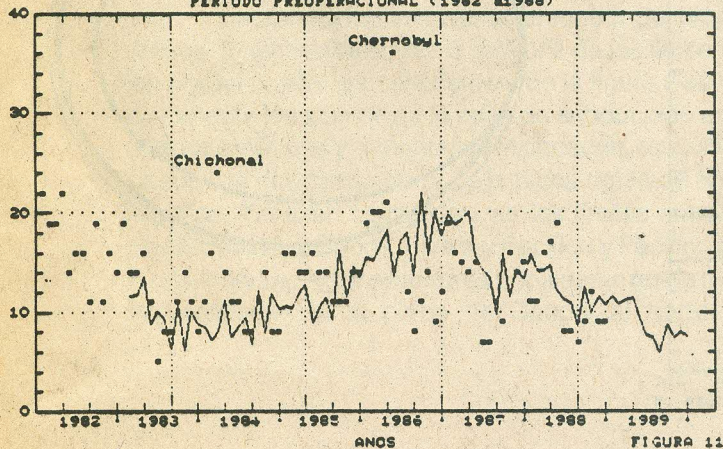


FIGURA 11

meses y noviembre y diciembre bajan nuevamente. Mayo siempre es el mes con valores más altos y de enero a abril los valores siempre son más elevados con respecto al promedio de los meses comprendidos en el grupo a.

## CONCLUSIONES:

Existe una diferencia entre los períodos preoperacional. El promedio de actividad  $\beta$  total es más alto en el período preoperacional ( $13.56 \text{ fCi/m}^3$ ) que en el operacional ( $9.00 \text{ fCi/m}^3$ ).

Se encontraron dos grupos en cuanto a la actividad  $\beta$  total de acuerdo a la época del año.

Existe un comportamiento cíclico definido en las concentraciones de actividad  $\beta$  total para los meses.

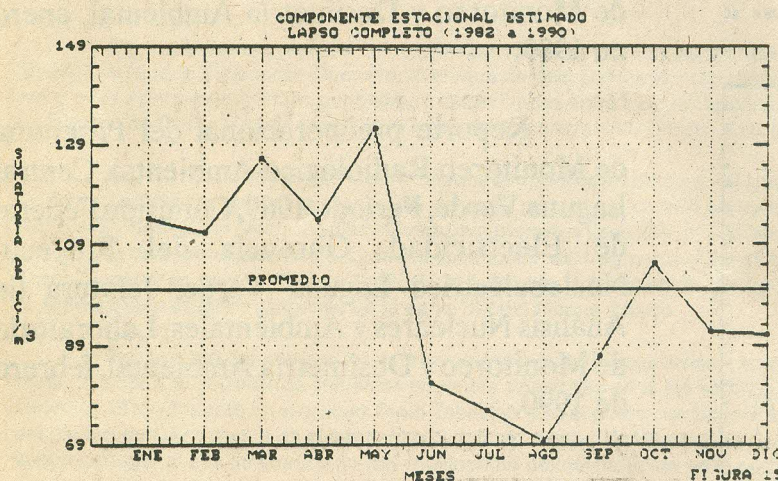
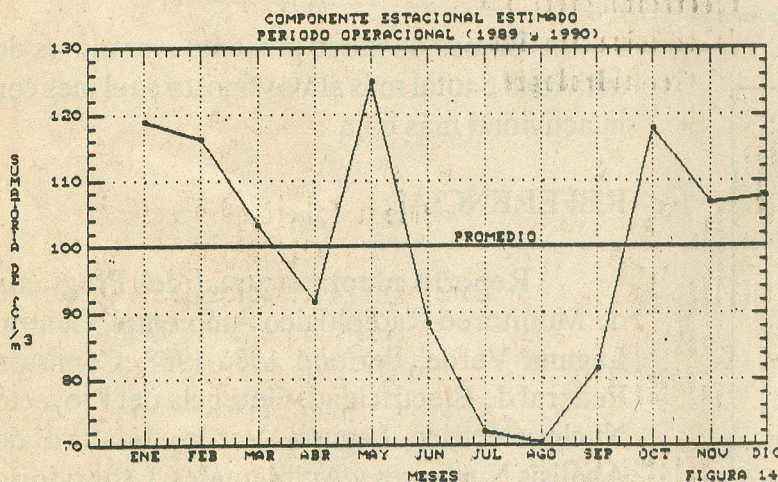
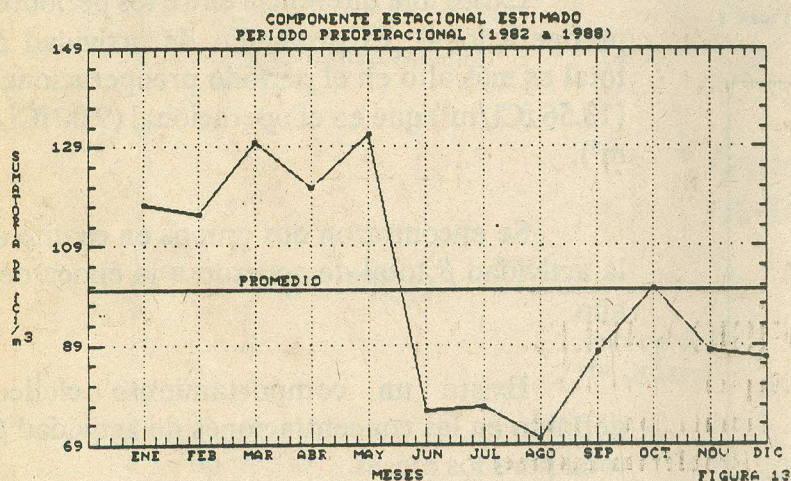
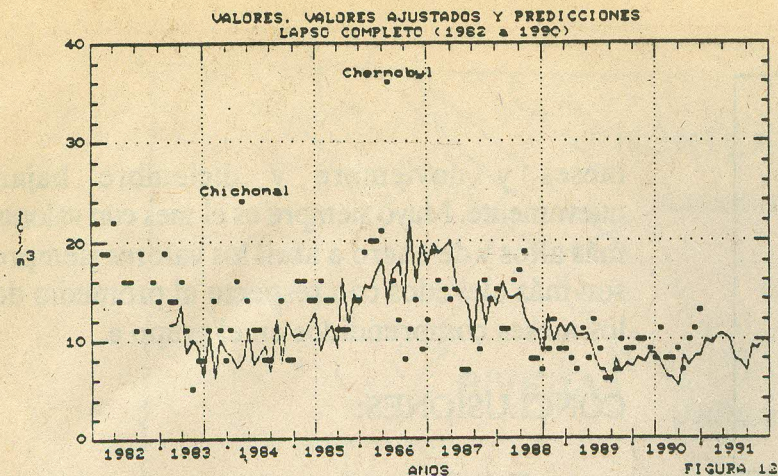
El mes de mayo presenta los valores de actividad  $\beta$  total más altos y agosto es el mes con la actividad más baja.

## REFERENCIAS:

Reporte preoperacional del Programa de Monitoreo Radiológico Ambiental, Central Laguna Verde, Período 1986-1988, Comisión Federal de Electricidad, Gerencia del Proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde, Jefatura de Análisis Nucleares y Ambientales, Laboratorio de Monitoreo y Dosimetría Ambiental, enero de 1989.

Reporte preoperacional del Programa de Monitoreo Radiológico Ambiental, Central Laguna Verde, Período 1989, Comisión Federal de Electricidad, Gerencia del Proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde, Jefatura de Análisis Nucleares y Ambientales, Laboratorio de Monitoreo y Dosimetría Ambiental, febrero de 1990.





Reporte preoperacional del Programa de Monitoreo Radiológico Ambiental, Central Laguna Verde, Período 1990, Comisión Federal de Electricidad, Gerencia del Proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde, Jefatura de Análisis Nucleares y Ambientales, Laboratorio de Monitoreo y Dosimetría Ambiental, marzo de 1991.

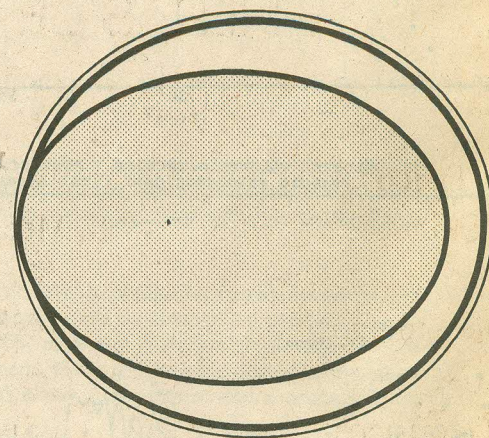
A guide for Environmental Radiological Surveillance at ERDA Installations, Corley, Denham, Michels, Olsen & Waite, Batelle, Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington, U.S.A. 1975.

EPA Upgrading Environmental Radiation Data, Health Physics Society, Comitee Report, HPSR-1, U.S.A. 1980.

Procedures Manual EML-1983, 26th. edition, Environmental Measurements Laboratory, US Department of Energy, HASL-300.

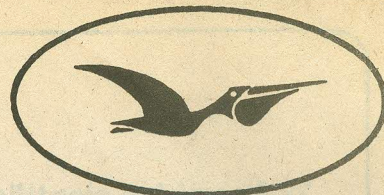
Principles and Procedures of Statics, with special reference to the Biological Sciences, Steel & Torrie, Mc Graw-Hill, U.S.A. 1960.

Statgraphics User's Guide STSC, Inc U.S.A. 1985.





# POSGRADO



CICESE

## MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

### SISMOLOGÍA

Peligro y Riesgo Sísmico  
Propagación de Ondas  
Simulación Numérica  
Problemas Inversos  
Fuentes Sísmicas  
Sismotectónica

### GEOFÍSICA APLICADA

Exploración Geofísica  
Simulación Numérica  
Problemas Inversos  
Electromagnetismo  
Geofísica Marina  
Geohidrología

### GEOLOGÍA

Geología Estructural  
Geología Marina  
Geocronología  
Vulcanología  
Petrología  
Tectónica

## PARA EGRESADOS DE CARRERAS DE CIENCIAS E INGENIERÍA:

Físicos  
Químicos  
Matemáticos  
Oceanólogos  
Geólogos  
Geofísicos

Civil  
Mec. y Elec.  
Geodesia  
Electrónica  
Computación  
Sistemas

Pide tu folleto informativo:  
CICESE

Dirección de Estudios de Posgrado  
Apartado Postal 2732  
km 107 Carretera Tij. - Eda.  
Ensenada, Baja California  
C.P. 22800 México  
Tel. (667) 4-50-50 ext. 2050  
Fax. (667) 4-48-80

**TRAMITAMOS TU BECA**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA



**7ª Asamblea científica IAGA**

**Agosto 7 - 20 1993  
Buenos Aires -Argentina**

**Informes**

**M. Gadseb IAGA, Phys. Unit  
Fraser Noble Building  
Aberdeen Univ.  
Aberdeen ABG ZUE Scotland U.K.**

**III CONFERENCIA LATINOAMERICANA  
DE GEOFISICA ESPACIAL**

**1 - 5 Noviembre 1993**

**LA HABANA - CUBA**

**Informes**

**Dr. Juan Perez Hernandez  
Inst. Geofisica y Astronomia  
Acad. de Ciencias de Cuba  
Calle 212 # 2906 e/29 y 31  
La Lisa, La Habana, Cuba  
Fax (537) 331 697**

**DECIMA CONFERENCIA TEMATICA  
SENSORES REMOTOS EN GEOLOGIA**

**1994**

**9 - 12 DE MAYO**

**SAN ANTONIO TEXAS**

**Informes:**

**Erim  
P.O. Box 134001  
Ann Arbor MI 48113-4001 USA  
Tel 3131 994-1200 Ext 3234  
Fax: 313 994-5123**

**CIENCIAS DE LA TIERRA  
INGENIERO GEOFÍSICO**

**Instituto Politecnico Nacional  
E.S.I.A. Unidad Ticomán**

**Becas**

**Las otorgan PEMEX, IMP, CIAS.  
Mineras, etc. a los estudiantes de la  
carrera.**

**Informes:**

**Av. Ticomán No. 600  
Col. San José Ticomán  
México 07330, D.F.**

**Tels:**

**586-54-36**

**586-23-71**

**586-24-91**

**Fax. 586-22-16**



---

Recordamos a todos los miembros de la Unión que la cuota para 1993 es de N\$ 60.00 (SESENTA NUEVOS PESOS 00/100 M.N.), la cual dá derecho a recibir las revistas Geofísica Internacional y el Boletín GEOS.

---

Favor de hacer llegar su cuota a:

F. Medina  
Instituto de Geofísica UNAM  
Apdo. Postal 2681  
Ensenada, B.C., 22800

ó

Ana Pereda  
Instituto de Geofísica UNAM  
Cd. Universitaria  
México, D.F., 04510

Con un cordial saludo.

M.C. René Garduño  
Secretario General

GEOS, boletín Trimestral informativo de la Unión Geofísica Mexicana. El boletín publica noticias, notas de investigación, comentarios, opiniones, anuncios y aspectos relevantes para la vinculación y difusión de la actividad científica y docente del área de Ciencias de la Tierra en México.

Los trabajos de investigación enviados para publicación no deben de exceder de seis cuartillas más cuatro figuras. Las figuras deben ser originales a blanco y negro y de buena calidad. En el caso de noticias, comentarios u otro tipo de escritos, estos no deben de exceder de cuatro cuartillas. Todos los trabajos enviados serán revisados por el comité editorial de la revista.

GEOS, revista a la venta en:

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

ó

CICESE  
División de Ciencias de la Tierra  
At'n: Guadalupe González

Costo del ejemplar N\$ 12.00



