

unión geofísica mexicana
boletín época II



geos

vol. 8

n° 2

abril

1988

GEOS

Organo informativo de la Unión Geofísica Mexicana
(ISSN 0186-1891)

Editor: *Sonia Salazar Lizán*

Apoyo técnico:

Paulina Salas García

Juan Manuel Pérez Céspedes

Ela Molina Sevilla

Leticia Elizalde Camacho

UNION GEOFISICA MEXICANA*

Mesa Directiva (1987-1989)

Presidente	David J. Terrell (IMP)
Vicepresidente	Mario Martínez (CICESE)
Tesorero	Nuria Segovia (ININ)
Srio. General	José Fco. Valdés (IGF)
Srio. Difusión	Sonia Salazar L. (IGF)
Srio. Educación	Javier González (CICESE)
Srio. Investigación	Héctor Pérez de Tejada (IGF)
Vocal Norte	José Luis Comparán(UANL)
Vocal Noroeste	José M. Romo (CICESE)
Vocal Centro	Jorge Nieto (FI)
Vocal Sur	J. Romeo León Vidal (C.F.E.)

*La Unión Geofísica Mexicana (UGM) es la sociedad civil no lucrativa de los profesionales de la Geofísica y ciencias relacionadas.

INDICE

- 1 EDITORIAL
- 3 Nuestros geofísicos
Adolfo Orozco T.
- 4 Conclusiones Reunión Nacional Volcán de Colima
- 5 La banda sismogénica de la Trinchera Mesoamericana en México
Luis González Ruiz y Francisco Nava
- 11 Hacia un observatorio vulcanológico en México
Francisco Medina Martínez
- 13 México y su riqueza geotérmica
Rosa Ma. Prol Ledesma
- 17 El estudio del viento en la historia
Juan Cervantes Pérez
- 21 Impacto de los Huracanes y Tormentas Tropicales sobre el Estado de Veracruz
Domitilo Pereyra Díaz
- 30 Sección Grupos De Trabajo. Quiénes somos y qué hacemos. Recursos Naturales
Ramiro Rodríguez Castillo
- 31 Reunión Anual UGM
- 32 Segunda circular de julio



g e o s

EDITORIAL

Exhortamos a los miembros de la Unión Geofísica Mexicana a que nos envíen artículos de difusión en sus áreas de estudio.

GEOS cumplirá su función mejor, si por medio de él cubrimos, en parte, la comunicación que entre profesionales de las Ciencias Geofísicas tanta falta hace.

Deseamos que GEOS sea un foro abierto a la disciplina mencionada y amplio en cuanto a participación de sus miembros.

Por todo lo anterior, recomendamos a los autores que deben hacernos llegar, junto con sus aportaciones, sus datos y direcciones para la recepción de los comentarios acerca de sus artículos.

INDICE ALFABETICO DE AUTORES

CERVANTES PEREZ, Juan.
Lic. en Ciencias Atmosféricas,
egresado de la
Facultad de Física.
Universidad Veracruzana.

MEDINA, Francisco.
CICESE. Apdo. Postal 2681
C.P. 22800
Centro, Ensenada, B.C. Nte.
México.

ESCAMILLA, Francisco.
Técnico de la
Subdirección de Calidad del Aire
Sria. de Desarrollo Urbano y Ecología.
SEDUE.

NAVA, Francisco.
Investigador del
Departamento de Sismología,
Instituto de Geofísica, UNAM
México, D.F. 04510.
México.

GAY, Carlos.
Investigador del
Centro de Ciencias de la Atmósfera.
UNAM
México, D. F. 04510.
México.

PEREYRA, Domitilo.
Investigador del
Centro de Meteorología Aplicada.
Facultad de Física,
Universidad Veracruzana,
Apdo. Postal 270, C.P. 91000
Jalapa, Ver.
México.

GONZALEZ-RUIZ, Luis.
Investigador del
Departamento de Sismología,
Instituto de Geofísica, UNAM
México, D. F. 04510.
México

PROL, Rosa Ma.
Investigador del
Area Flujo Térmico,
Instituto de Geofísica, UNAM
México, D.F. 04510.
México.

GEOFISICA INTERNACIONAL

ISSN 0016 - 7169

REVISTA DE LA UNION GEOFISICA MEXICANA. AUSPICIADA POR EL INSTITUTO DE
GEOFISICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Vol. 27 México, D. F., 1o. de abril de 1988 Núm. 2

Contenido	Págs.
O. V. GULINSKY, L. I. DORMAN, N. S. KAMINER, T. LANINA, I. Ya. LIBIN, N. V. MYMRINA, R. E. PRILUTSKY, K. F. YUDAKIHN, L. G. CHUVILGIN, K. KUDELA, M. STEGLICK, J. A. OTAOLA and J. PEREZ PERAZA: Large-scale cosmic ray fluctuations inferred from the ground-based neutron and ionizing component observations and their relevance to cosmic ray anisotropy.	167
S. BRAVO and A. HEWISH: Geomagnetic storms forecast using IPS observations.	191
R. HASIMOTO B. y S. REYES: Transporte atmosférico de vapor de agua sobre la región de América tropical de mayo a septiembre de 1979.	199
T. F. ECK and R. T. PINKER: Total ozone determination by Chappuis band absorption at an urban location.	231
H. BRAVO A., M. I. SAAVEDRA R., R. TORRES J., G. LOMAS A., D. NAVA T. and D. TIRADO S.: Particulate carbon, a significant contributor to the visibility reduction of Mexico City.	241

(Fase a la contraportada)

(Viene de la portada)

W. RITTER O., A. M. NOGUEZ e I. ROSAS P.: Evaluación del potencial y la estabilidad de la producción agrícola con base en índices climáticos para algunas localidades de la República Mexicana.	263
J. YAMAMOTO y R. MOTA: La secuencia de temblores del Valle de Toluca, México, de agosto 1980.	279

. . .

Reseñas de libros

J. Urrutia F.: sobre el libro "Catastrophes and Earth History".	299
J. Urrutia F.: sobre el libro "Environmental magnetism".	303

Publicada con la ayuda del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

MEXICO
1988

NUESTROS GEOFISICOS

Adolfo Orozco T.

DON JOSE ANTONIO ALZATE Y RAMIREZ.

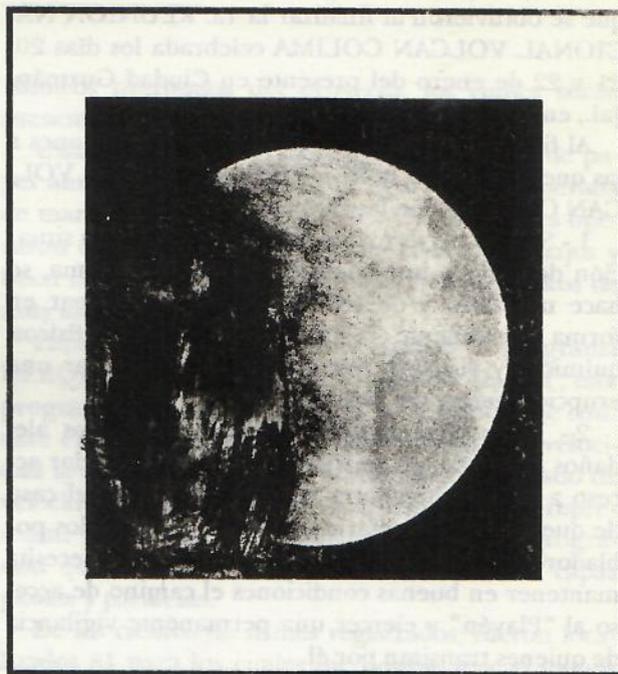
III. El Astrónomo

Como se había prometido en los números anteriores, en esta última entrega de este distinguido científico y jesuita mexicano, hablaremos de su labor en el campo de la astronomía. Vale la pena recordar que en esa época la erudición de Alzate era notable pues hizo aportaciones en muchos campos incluyendo la herbolaria. Por lo mismo, no siempre es fácil separar, quirúrgicamente, un campo de estudio de otro, como no es fácil separar los aspectos sociales y personales de una biografía.

A los 31 años, junto con José Ignacio Bartolache, realizó una serie de observaciones durante el paso de Venus frente al disco del Sol el 3 de junio de 1769, estudios que fueron publicados durante el siguiente año y también por la Academia de Ciencias de París en 1771. Estas observaciones fueron tan acertadas para su época que ni siguiera en el siglo XIX pudieron ser refinados por los que se realizaron durante el paso de Venus frente al disco solar en 1877.

Otro campo de estudios fue el de los eclipses. Le atrajeron no sólo los eclipses de Sol y de Luna, sino que estudió también los ocultamientos de los satélites de Júpiter, mediante cuyas observaciones determinó la Longitud Geográfica de la Ciudad de México en $100^{\circ}30'00''$. Este valor fue publicado junto con el plano de Sigüenza y Góngora del Valle de México. Además hizo comentarios importantes sobre las observaciones en altamar de un eclipse total de Sol realizadas por Antonio de Ulloa. Publicó además el trabajo "Disertación Astronómica sobre el eclipse de Luna observado en México el 12 de diciembre de 1769". Asimismo realizó otras observaciones sobre eclipses de Sol y de Luna que dejó documentadas en sus gacetas literarias.

En su descripción del eclipse de Luna del 12 de diciembre de 1769, Alzate hizo una breve descripción divulgativa de las principales características de este cuerpo celeste. Menciona en particular sus tres movimientos principales incluyendo el de rotación sobre su propio eje, la variación de su distancia a la



Tierra y la diferencia entre el período de traslación sidéreo y sinódico, así como la diferencia entre los eclipses de Sol y de Luna, ya que los unos empiezan por el borde oriental y los otros por el borde occidental del respectivo cuerpo.

Para su observación del eclipse menciona que utilizó un reloj de péndulo real tan preciso que en 24 horas no se adelantaba más de 12 segundos. Su descripción del avance de las distintas etapas del eclipse es muy detallada a pesar de la presencia intermitente de nubes, haciendo además observaciones de temperatura y presión, demostrando así que "...las vanas preocupaciones de los astrólogos, carecen de fundamento". Por otro lado, hizo una descripción muy detallada de la Aurora Boreal observada en la ciudad de México el día 14 de noviembre de 1779.

Como podemos ver, Don José Antonio Alzate y Ramírez fue un auténtico precursor de la Ciencia en general y de los estudios de la Tierra que ahora conocemos como Geofísica y merece desde luego un lugar muy especial entre NUESTROS GEOFISICOS.

REUNION NACIONAL VOLCAN COLIMA

CONCLUSIONES

Con el fin de informar a investigadores, autoridades y al público en general de las conclusiones que se obtuvieron al finalizar la 1a. REUNION NACIONAL VOLCAN COLIMA celebrada los días 20, 21 y 22 de enero del presente en Ciudad Guzmán, Jal., emitimos el siguiente comunicado:

Al final de tres días de trabajos las conclusiones a las que se llegó en la REUNION NACIONAL VOLCAN COLIMA, son las siguientes:

1.- Si bien es cierto que NO se presenta una situación de peligro inmediato en el Volcán Colima, se hace necesario y de INMEDIATO, monitorear en forma permanente TODOS los parámetros físicos, químicos y visuales, que sirven para anticipar una erupción mayor del volcán.

2.- Es urgente habilitar todos los caminos aledaños al volcán, no únicamente con fines de dar acceso a los investigadores sino también para el caso de que se haga necesaria una evacuación de los pobladores de la zona. Particularmente se necesita mantener en buenas condiciones el camino de acceso al "Playón" y ejercer una permanente vigilancia de quienes transitan por él.

3.- Se hace un llamado de atención en el sentido de que la región occidental de Mexico es la más desprotegida de instrumental sísmico para investigación y estudios.

4.- Es urgente elaborar los mapas de riesgo en la zona volcánica Colima, para identificar las áreas de mayor y menor riesgo. Sin embargo la región al Norte del Volcán es considerada como la mejor protegida por barreras naturales.

5.- Se necesita y es urgente elaborar un plan adecuado a la zona de influencia del volcán, complementario al Programa Operativo del Sistema Estatal de Protección Civil.

6.- La utilización inmediata de los recursos disponibles para los estudios, informando a todos los investigadores de los resultados que se obtengan.

Los investigadores nacionales y extranjeros, así como los participantes y asistentes a la reunión proponemos los siguientes puntos:

1.- La creación inmediata de un comité interdisciplinario de estudios para el VOLCAN COLIMA, encabezado por la Universidad de Colima y la Universidad de Guadalajara, para coordinar y orientar las investigaciones en torno a este aparato volcánico.

2.- La formación de un Centro Vulcanológico Regional, que en el futuro pudiera tener un alcance nacional, encargado del estudio de las manifestaciones volcánicas de nuestro país con fines de estudio tanto académico-científico como práctico-preventivo.

3.- La implementación de programas de estudio para la formación de especialistas en el área de la vulcanología y la sismología, así como programas de intercambio con universidades extranjeras para estudios de posgrado.

4.- La ampliación de esta área considerada como Parque Nacional, para evitar asentamientos humanos en las inmediaciones del Volcán Colima, que pusieran en riesgo a sus habitantes.

5.- La presentación de estas conclusiones en todos los foros de Ciencias de la Tierra, en nuestro país y el extranjero.

6.- El aprovechamiento de todos los medios posibles para difundir conocimientos y orientaciones a los pobladores del área de influencia del Volcán Colima.

7.- La búsqueda de apoyo tanto de instituciones oficiales como civiles, para implementar los recursos necesarios para la investigación.

Finalmente la Universidad de Colima propuso y se aceptó, convocar a la 2da. REUNION NACIONAL VOLCAN COLIMA, dentro de dos años con el fin de evaluar y seguir los pronunciamientos surgidos de esta 1a. Reunión. La ciudad de Colima será la sede y la Universidad de Colima la anfitriona.

Guadalajara, Jal., febrero de 1988

DR. ENRIQUE ESTRADA FAUDON

Director del IGE

ING. JULIAN A. FLORES DIAZ

Coordinador General.

LA BANDA SISMOGENICA DE LA TRINCHERA MESOAMERICANA EN MEXICO

Luis González Ruiz y Francisco Nava

Los hiatos o vacancias (*gaps*) sísmicos han sido utilizados para la identificación de zonas con alto potencial sísmico en la Trinchera Mesoamericana (v.g.[161]), y hay estudios que sugieren que la quietud sísmica es un fenómeno premonitor común en la parte mexicana de la Trinchera Mesoamericana [8]. Desde 1965, cinco de los seis terremotos más grandes ($M_s > 7.0$), incluyendo los cuatro mayores ($M_s > 7.5$), han sido precedidos por 19 a 46.5 meses de quietud sísmica para eventos con $m_b > 4.0$ [19]. La identificación de una zona de quietud para $m_b 4$ que comenzó alrededor de 1977 en la región epicentral del gran ($M_s = 7.5$) sismo de Acapulco de 1957 ($16.0^\circ - 17.2^\circ N$, $98.5^\circ - 99.7^\circ W$) [8], motivó un estudio de campo, llevado a cabo cooperativamente por México y EUA, que corroboró la existencia de coda $M_c \geq 3.0$ [13].

Han sido documentados seis grandes ($M_s > 7.0$) sismos ocurridos en la región costera entre Acapulco y Ometepec; sus áreas de ruptura [15], se muestran en la figura 1. El último gran terremoto ($M_s = 7.5$) ocurrió en la zona de quietud en 1957 y, si el tiempo medio de recurrencia para sismos con $M_s \geq 7.5$ para esta sección de la Trinchera Mesoamericana es de 33 ± 8 años [9], o de unos 50 años para la región de Acapulco-San Marcos y unos 30 años para la de Ometepec [15,17], entonces puede ya esperarse allí un gran terremoto en cualquier momento. De hecho una alta probabilidad ha sido asignada a la ocurrencia de un gran sismo ($M_s \geq 7.5$) en la región de Acapulco San Marcos antes de 1993 [18]. Además, es necesario considerar la posibilidad de que un sismo tal disparará un evento mucho más grande, como el de 1907 con $M_s = 8.0$ [2.15], o tal vez uno aún mayor.

Por estas razones se decidió llevar a cabo un estudio de campo de microsismicidad, dentro del marco del proyecto internacional *Estudio de la zona de quietud de Acapulco* [11], con la doble finalidad de remonitorear la zona de quietud y obtener datos acerca de la Zona de Benioff en la región Acapulco-San Marcos, para complementar los aspectos de perfiles

sísmicos profundos del proyecto, los cuales serán presentados en otro artículo.

Una red local de 18 sismógrafos portátiles de papel ahumado, mostrada en la figura 1, fue operada de marzo 25 a abril 30 de 1985. Las estaciones operaron en lugares con niveles de ruido muy bajos y buen control de tiempo, y proporcionaron datos de muy alta calidad.

Para localizar los sismos se utilizó el programa BERQLY, desarrollado por L. Johnson del CIT; este programa utiliza un modelo de velocidades que consiste en una capa con un gradiente lineal de velocidad la cual sobreyace a un semiespacio inclinado de velocidad constante, y es más apropiado para representar a una zona de subducción que otros programas que utilizan modelos de velocidades de capas planas y paralelas.

De los cientos de sismos registrados, fueron localizados 81 para los cuales fue posible leer al menos tres claros arribos P y uno S. De los 81 eventos localizados, con magnitudes de coda en el intervalo de $2.1 \leq M_c \leq 3.5$ y cuyos epicentros están localizados dentro de la red, fueron seleccionados 71 para analizarse.

La distribución espacial de epicentros, mostrada en la figura 2, sugiere la existencia de dos grupos con diferentes características de localización, situados uno a cada lado de la línea AA'. Ambos grupos tienen alta densidad de población entre los 60 y los 120km (medidos a partir de la trinchera), pero el grupo 1, localizado al NW de la línea AA', presenta epicentros localizados muy tierra adentro, mientras que el grupo 2 tiene más epicentros localizados mar adentro. Los sismos registrados rellenan parcialmente (al NE) la zona de quietud que ocupaba el área $16.0^\circ - 17.2^\circ N$ y $98.5^\circ - 99.7^\circ W$. Por lo tanto, un resultado de este estudio es que el área epicentral del terremoto de Acapulco de 1957, ya no presenta quietud para sismos con $M_c \geq 2.1$.

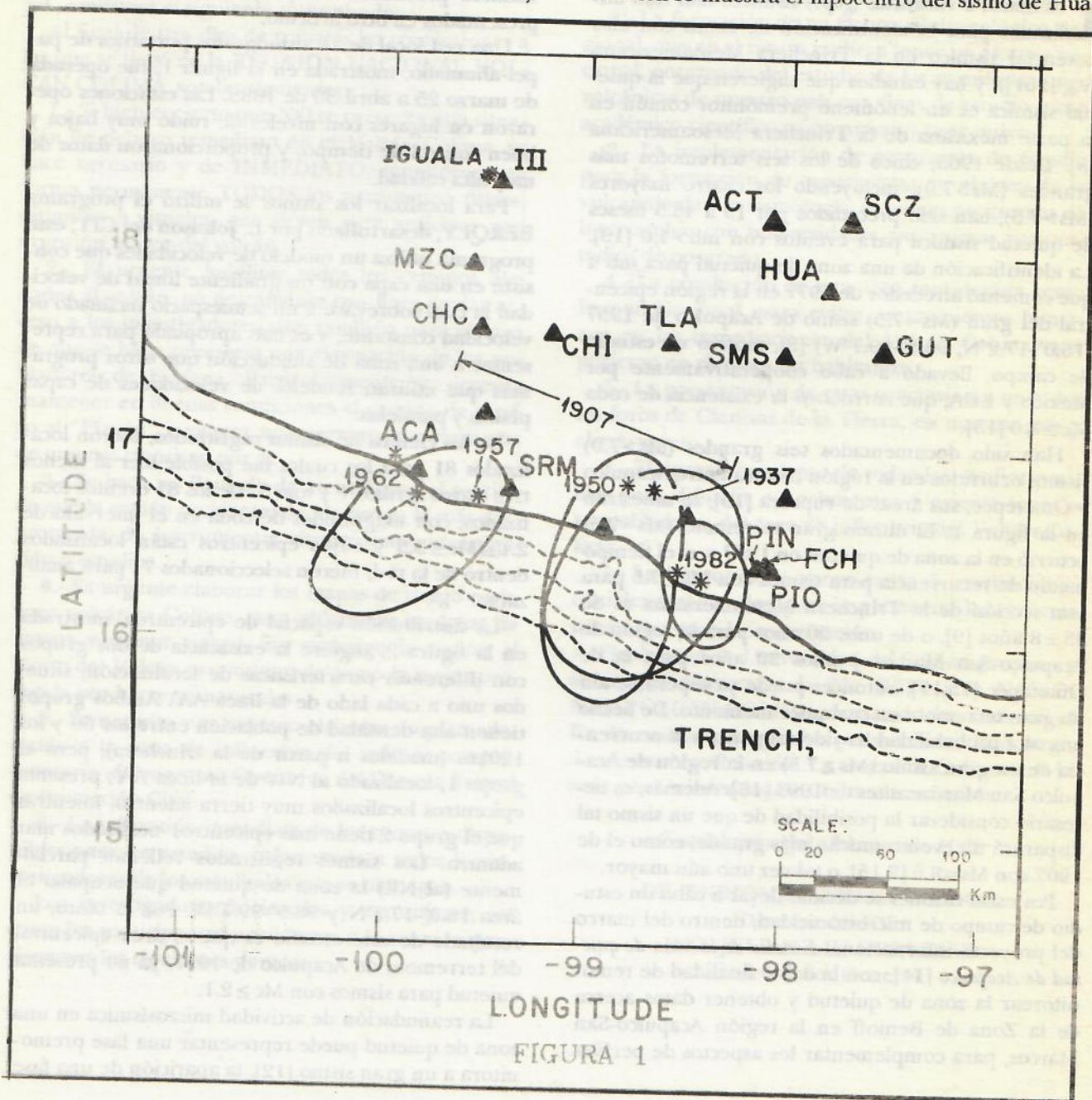
La reanudación de actividad microsísmica en una zona de quietud puede representar una fase premonitora a un gran sismo [12], la aparición de una fase

tal es común en regiones con estructura no uniforme [16]. Este patrón ha sido observado en la región antes del sismo de 1968 [19].

La buena cobertura azimutal permitió la determinación, sin ambigüedad, del mecanismo reverso o normal (ver fig.4), para cada uno de los 36 eventos. La figura 3 muestra las proyecciones de los hipocentros sobre una sección vertical a través de la línea AA', por separado para los grupos 1 y 2 en (a) y (b), respectivamente, y codificados según su mecanismo como círculos llenos para mecanismo normal y

vacíos para reverso; los eventos cuyo mecanismo no fue determinado se presentan por puntos. Puede verse en la figura 3 que, para ambas regiones, a lo largo de la Zona de Benioff hay bandas, o segmentos, bien determinados en los cuales ocurren sismos con mecanismos solamente reversos o solamente normales.

Los hipocentros de los grandes sismos mostrados en la figura 2 han sido incorporados indicados por una X, en la figura 3a o 3b según sea apropiado, también se muestra el hipocentro del sismo de Hua-

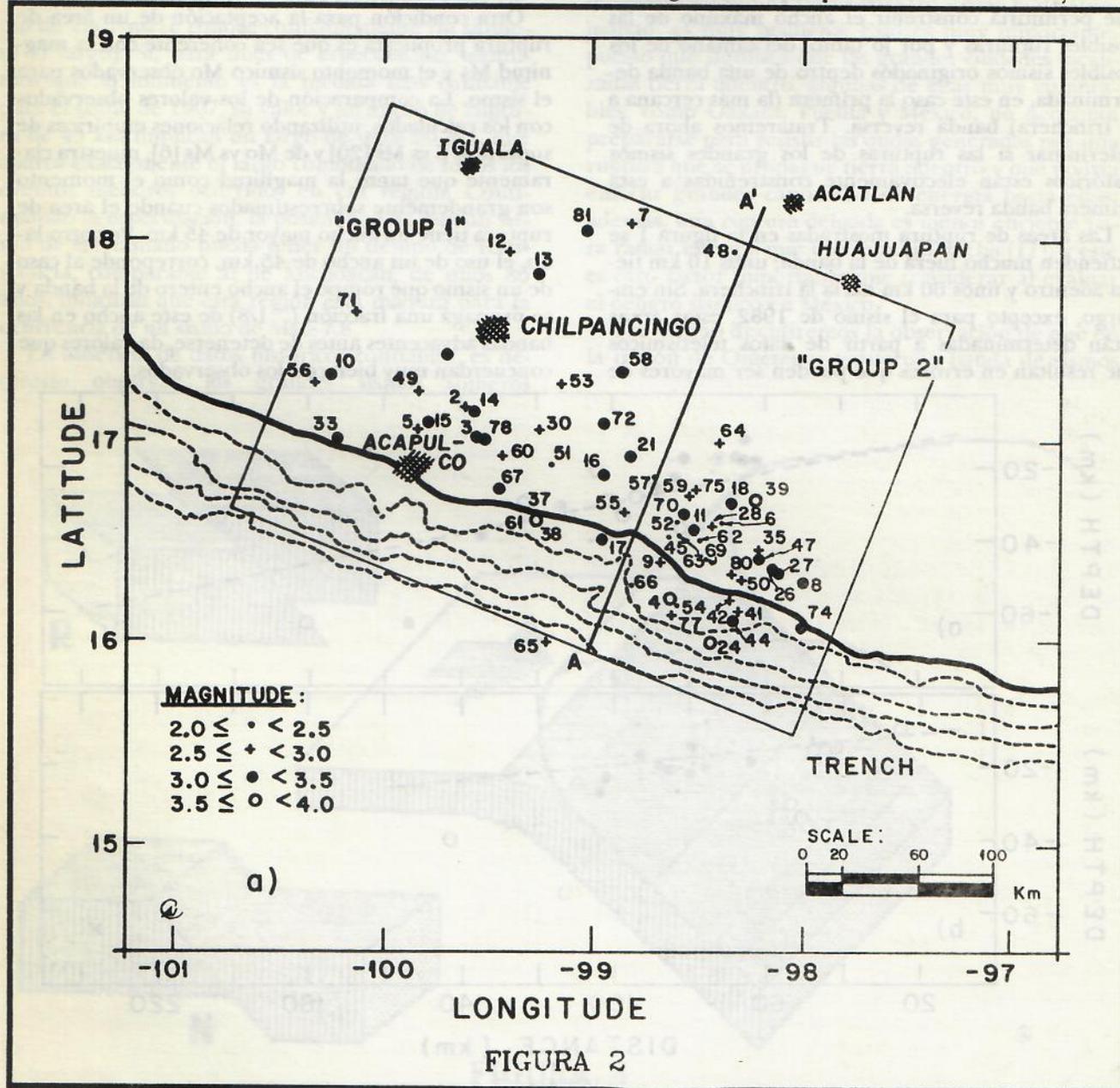


juapan de León de 1980. Todos estos eventos tienen mecanismos reversos y sus posiciones concuerdan perfectamente con los mecanismos de las bandas, por lo que algunas de las X están tapadas por círculos rellenos.

La actividad sísmica que se observa muy tierra adentro para la región de Acapulco (grupo 1) podría corresponder a la actividad premonitora que se observa comúnmente trinchera abajo como parte del patrón de *dona* [7, 12]. Se ha observado que la actividad sísmica migra trinchera arriba antes de algunos grandes sismos [3, 5, 11].

El resultado de la existencia de una banda de mecanismos reversos, donde ocurren todos los grandes sismos someros de la costa continental mexicana del Pacífico, rodeada de bandas con mecanismos normales, es muy importante por las razones siguientes.

Aunque el proceso de ruptura sísmica todavía no se conoce completamente, es ampliamente aceptado que una ruptura dejará de propagarse al alcanzar una región donde los esfuerzos, aunque tengan la misma orientación que los que causaron el inicio y la propagación de la ruptura, no son lo suficientemente grandes como para crear nueva falla y/o so-



breponerse a otros esfuerzos que se oponen a la propagación, como el debido a la fricción estática.

Por lo tanto, la detención será mucho más rápida si una ruptura se propaga entrando a una región donde los esfuerzos son contrarios a aquellos que aceleran la falla, de manera que rupturas originadas en una región donde los esfuerzos son de un determinado tipo, tal como una de las bandas descritas arriba (como lo indica la consistencia de las soluciones de plano de falla observadas), no podrán posiblemente propagarse a través de las bandas adyacentes.

Esta posibilidad es de gran importancia, puesto que permitiría constreñir el ancho máximo de las posibles rupturas y por lo tanto, del tamaño de los posibles sismos originados dentro de una banda determinada, en este caso la primera (la más cercana a la trinchera) banda reversa. Trataremos ahora de determinar si las rupturas de los grandes sismos históricos están efectivamente constreñidas a esta primera banda reversa.

Las áreas de ruptura mostradas en la figura 1 se extienden mucho fuera de la banda, unos 10 km tierra adentro y unos 60 km hacia la trinchera. Sin embargo, excepto para el sismo de 1982, estas áreas están determinadas a partir de datos tele sísmicos que resultan en errores que pueden ser mayores de

45 km [15]. Además, y también exageradas por la incertidumbre en la localización, las áreas de ruptura están probablemente sobreextendidas hacia la trinchera debido a la inclusión de pseudorélicas (discutidas más adelante) en las bases de datos de réplicas. Finalmente, cabe hacer notar que hacia el continente, las áreas de ruptura no se extienden mucho más allá de la primera banda reversa, y para los eventos más antiguos, basta considerar un pequeño margen por la incertidumbre en la localización de las réplicas para que las fronteras de la ruptura queden dentro de la banda.

Otra condición para la aceptación de un área de ruptura propuesta es que sea coherente con la magnitud M_s y el momento sísmico M_o observados para el sismo. La comparación de los valores observados con los calculados, utilizando relaciones empíricas de superficie S vs M_s [20] y de M_o vs M_s [6], muestra claramente que tanto la magnitud como el momento son grandemente sobreestimados cuando el área de ruptura tiene un ancho mayor de 45 km. Por otro lado, el uso de un ancho de 45 km, corresponde al caso de un sismo que rompe el ancho entero de la banda y se propaga una fracción ($\sim 1/8$) de este ancho en las bandas adyacentes antes de detenerse, da valores que concuerdan muy bien con los observados.

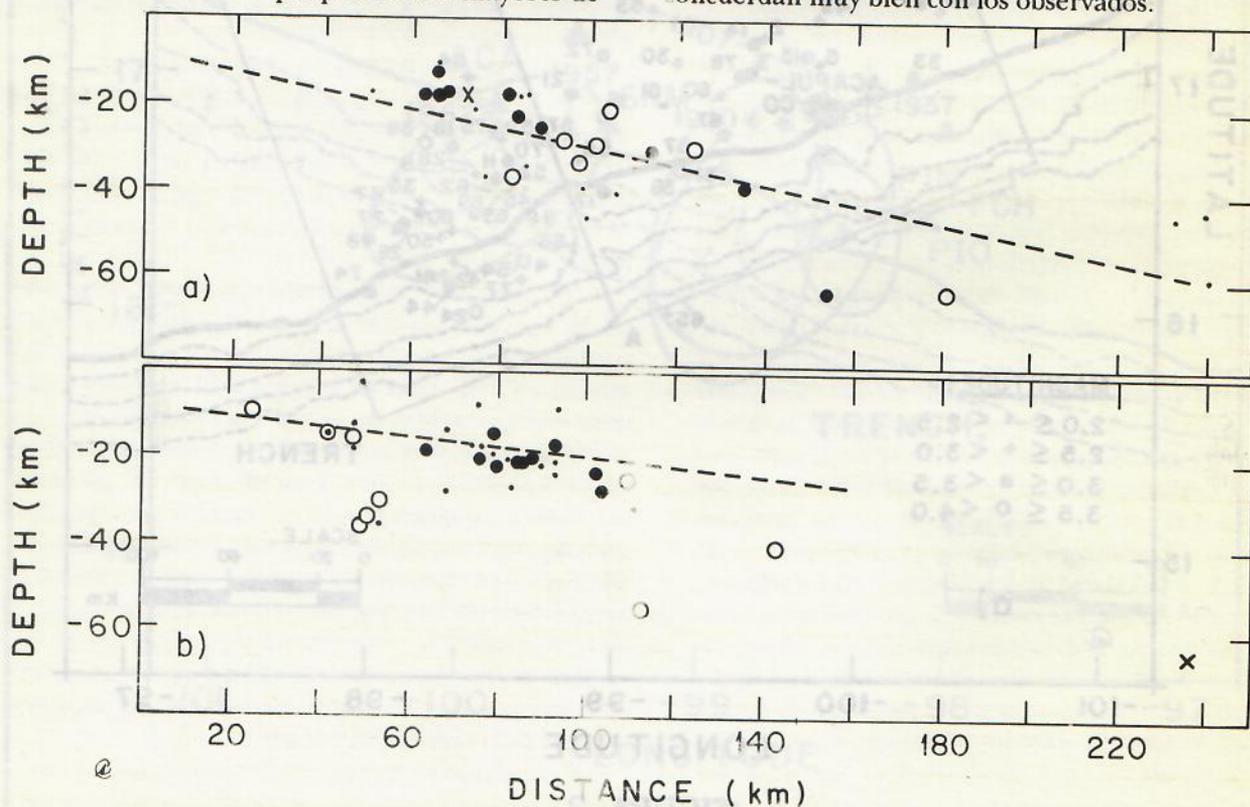


FIGURA 3

Otros grandes sismos en el intervalo de magnitud $M_s \leq 7.5$ ocurridos en regiones cercanas de la trinchera, tienen áreas de ruptura angostas, inferidas a partir de la observación de actividad en réplicas tempranas.

Por lo arriba expuesto es de esperarse que las áreas de ruptura de sismos con magnitudes de hasta $M_s \leq 7.5$ tengan anchos acotados por el ancho de la primera banda reversa. Queda por discutir si las áreas de ruptura para sismos más grandes, con $M_s \geq 7.6$, estarán también constreñidas a esta banda.

Desafortunadamente, el área de ruptura del sismo de 1907 no se conoce confiablemente (ni siquiera el largo). Si, para fines de especulación, asumimos que el momento es la medida más confiable para el sismo de 1907, su valor y un ancho de ruptura de 45 km implican un largo de unos 20 km, que abarca exactamente el largo combinado de todos los eventos menores ocurridos en esa región. Continuando la especulación, la posibilidad de que un sismo de ese tamaño pueda tener un tiempo de recurrencia, comparable al de Michoacán, de unos 86 años, indicaría que esta región está madura para la ocurrencia de un sismo de $M_s \geq 7.8$.

En ausencia de datos históricos confiables, es necesario observar los grandes sismos someros

($m_s > 7.5$) localizados en regiones vecinas a lo largo de la trinchera, para buscar ejemplos de rupturas sísmicas más anchas que los 40+ km de la primera banda reversa, la cual podemos suponer que se extiende a lo largo de la trinchera en regiones vecinas. Los sismos mejor documentados tienen anchos de ruptura del orden de 40 km.

Con base en lo arriba expuesto concluimos que la posibilidad de que una ruptura se extienda desde cerca de la costa, más allá del ancho de la primera banda reversa, quizá hasta alcanzar otra región sísmogénica localizada tierra adentro, como la de Huajuapán, es muy pequeña. Esto es muy importante, puesto que significa que las grandes ciudades localizadas tierra adentro, algunas de ellas muy vulnerables, como Oaxaca, Puebla y México, no necesitan prepararse para resistir las ondas generadas por una ruptura que se propague tierra adentro y que podría enfocar grandes cantidades de energía hacia ellas; además, una ruptura delgada es menos eficiente para radiar energía que una ruptura ancha [11], y este es otro factor importante que considerar al evaluar el peligro sísmico en México.

Por último discutiremos la observación de que en la región de Ometepec existe una banda de sismos

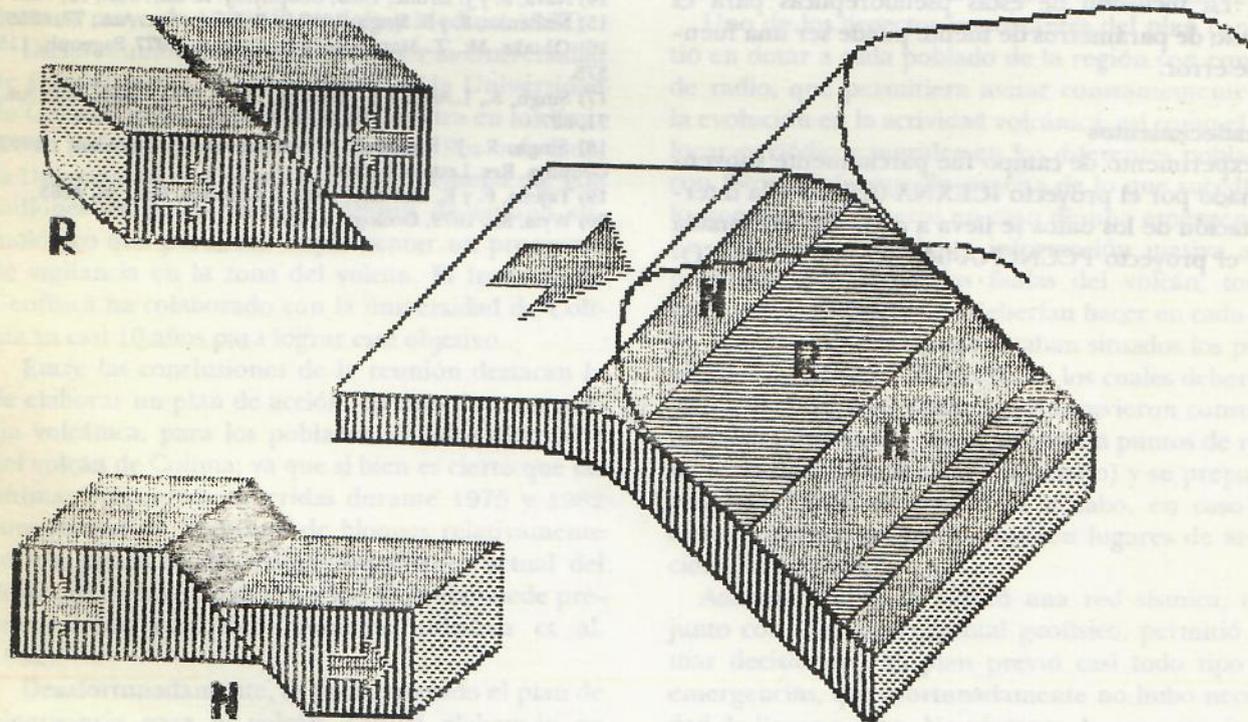


FIGURA 4

normales entre la primera banda de sismos reversos y la trinchera.

Se ha observado que la mayor parte de las réplicas tienen esencialmente el mismo mecanismo que el evento principal (e.g. [14]), aún cuando las orientaciones de los mecanismos varían ligeramente de una manera aleatoria debido a las heterogeneidades locales del suelo o cambian de dirección cerca de las orillas de la ruptura [4]; de hecho, es de esperarse que las réplicas tengan el mismo mecanismo del evento principal si las réplicas son debidas primariamente a efectos de reología viscosa.

Así, un área donde todos los sismos tengan un mecanismo opuesto a aquel de todas las réplicas localizadas alrededor del hipocentro del evento principal, no puede ser considerada como un área de verdaderas réplicas. Los eventos que ocurren en la banda de mecanismos normales cercana a la trinchera pueden ser explicados como sismos producidos por tensión en la placa oceánica que, debido al corrimiento entre la placa subducida y el continente al tiempo del evento principal, ha avanzado al punto donde debe comenzar a doblarse hacia abajo. De esta manera, aún cuando estos sismos son causados por la ocurrencia del evento principal, no son verdaderas réplicas de él, y la región donde ocurren no forma parte del área de ruptura del evento principal. La inclusión de estas pseudoréplicas para el cálculo de parámetros de fuente puede ser una fuente de error.

Agradecimientos

El experimento de campo fue parcialmente subvencionado por el proyecto ICXNA-022123 y la interpretación de los datos se lleva a cabo subvencionada por el proyecto PCCNCNA-040127, ambos de CO-

NACYT. Estamos agradecidos al IGF por contribuir con operadores y a nuestros colegas del IGF, IIMAS, UCSC y CICESE y a E. Pérez y L. Avila por su ayuda en el trabajo de campo. Muchas gracias al gobierno del Estado de Guerrero, SCT Guerrero, CFE Chiapas y a la Armada Mexicana por su ayuda para resolver problemas logísticos y por el préstamo de vehículos. S. Campos e I. Nava dibujaron las figuras.

Referencias

- 1) Aki, K. 1972, *Tectonophysics*, 14, 227.
- 2) Astiz, L., H. Kanamori y H. Eissler 1987, *Bull Seism. Soc. A.*, 77, 1326.
- 3) Dmowska, R. y J. Rice, 1987 U.S.G.S. Open File Report, preprint.
- 4) González J., F. Nava y C. Reyes, 1984, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 74, 223.
- 5) González, J., K. McNally, E. Brown y K. Bataille, 1984, *EOS, Trans. Am. Geophys. Union*, 65, 998.
- 6) Hanks, T. y H. Kanamori, 1979, *J. Geophys. Res.*, 84, 2348.
- 7) Kanamori, H. 1981 *In Earthquake prediction*, Simpson, D. y P. Richards (Eds.) American Geophysical Union, 1.
- 8) McNally, K., 1981 *In Earthquake prediction*, Simpson, D. y P. Richards (Eds.) American Geophysical Union, 63.
- 9) McNally, K. y J. Minster, 1981, *J. Geophys. Res.*, 86, 4949.
- 10) McNally, K., A. Nava, G. Simila, J. González-Ruiz, J. González-García y the Interinstitutional Working Group for Deep Seismic Profiling in Guerrero, 1985, *EOS*, 66, 1071.
- 11) McNally, K., J. González-Ruiz y C. Stolte, 1986 *Geophys. Res. Letters*, 13, 581.
- 12) Mogi, K., 1985 *Earthquake prediction*. Acad. Press Inc., EUA.
- 13) Nava, F., G. Beroza y K McNally, 1982, *EOS*, 63, 1040.
- 14) Nava, F. y J. Brune, 1983, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 73, 739.
- 15) Nishenko, S. y S. Singh, 1987 *Bull. Seism. Soc. Am.*, 77, 1359.
- 16) Ohtake, M., T. Matumoto y G. Latham, 1977 *Pageoph*, 115, 375.
- 17) Singh, S., L. Astiz y J. Havskov, 1981, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 71, 827.
- 18) Singh, S., J. Espíndola, J. Yamamoto y J. Havskov, 1982, *Geophys. Res. Letters*, 9, 633.
- 19) Tajima, F. y K. McNally, 1983, *J. Geophys. Res.*, 88, 4263.
- 20) Wyss, M., 1979, *Geology*, 7, 336.

HACIA UN OBSERVATORIO VULCANOLOGICO EN MEXICO

Francisco Medina Martínez.

Dadas las recientes experiencias con los eventos volcánicos de El Chichón y el Tacaná (ambos en el estado de Chiapas), así como el saber que el volcán de Colima es el más activo de México (Medina, 1983), durante el mes de enero pasado se llevó a cabo una reunión en Ciudad Guzmán con objeto de reunir información referente al volcán y elaborar esquemas de riesgo y vigilancia volcánica para el volcán de Colima y su zona aledaña.

Cabe recordar que el evento de el Chichón costó decenas de pérdidas humanas y pérdidas materiales por decenas de millones de pesos (Medina, 1982). La erupción del volcán El Chichón consistió en fases sumamente explosivas que generaron derrames de flujos piroclásticos y dispersión de productos volcánicos en más de 30,000 kilómetros cuadrados. En el volcán Tacaná afortunadamente solo se trató de una pequeña erupción freática sin consecuencias durante mayo de 1986 (Espíndola y Medina, 1987).

Dicha reunión fue patrocinada por la Universidad de Guadalajara y la colaboración de la Universidad de Colima, ya que el volcán se encuentra en los límites de los estados de Jalisco y Colima. Por otro lado, la Universidad de Colima recibió recientemente 200 millones de pesos para la compra de equipo sísmológico que permitirá implementar un programa de vigilancia en la zona del volcán. El Instituto de Geofísica ha colaborado con la universidad de Colima ya casi 10 años para lograr este objetivo.

Entre las conclusiones de la reunión destacan la de elaborar un plan de acción, en caso de emergencia volcánica, para los poblados situados alrededor del volcán de Colima; ya que si bien es cierto que las últimas erupciones ocurridas durante 1975 y 1982 consistieron en derrames de bloques relativamente cortos, producto del resquebrajamiento actual del domo, el hecho de una erupción violenta puede presentarse en cualquier momento (Medina et al. 1982).

Desafortunadamente, es poco conocido el plan de emergencia para el volcán Tacaná elaborado en 1986 por Servando de la Cruz, Manuel Mena y Ale-

jandro Nava (por el Instituto de Geofísica de la UNAM) y Nuria Segovia (por parte del ININ). Este plan constituye un verdadero ejemplo de lo que puede realizarse en caso de erupción volcánica ya que fueron previstos la mayoría de los aspectos a llevarse a cabo en un desastre de ese tipo. Se trabajó en base a esquemas teóricos suponiendo diferentes escenarios para la actividad del volcán, desde el escenario consistente en sólo una pequeña erupción, como la que tuvo lugar, hasta escenarios más complejos llegando al de alerta máxima en caso de erupción violenta. Para cada escenario teórico se programaron las actividades que debían llevar a cabo las diferentes dependencias públicas y privadas, y a cada una de éstas se les pidió un plan de acción acorde a los diferentes escenarios posibles. Todo el trabajo fue coordinado por el representante del programa de protección civil en el estado, Lic. Fidel Yamasaki.

Uno de los aspectos importantes del plan consistió en dotar a cada poblado de la región con equipo de radio, que permitiera avisar constantemente de la evolución en la actividad volcánica, así como el colocar periódicos murales en los diferentes poblados con fotos e información precisa de lo que sucedía y lo que debería hacerse en caso de una emergencia. En esta forma, mediante información masiva a la población que rodea las faldas del volcán, todos sabrían lo sucedido y qué deberían hacer en cada caso. Por ejemplo: en dónde estaban situados los puntos de evacuación y los centros a los cuales deberían dirigirse. Todas las poblaciones estuvieron constantemente informadas, se programaron puntos de reunión y evacuación (en caso necesario) y se prepararon transportes para llevarla a cabo, en caso de alerta máxima, así como también lugares de atención a la población.

Adicionalmente se colocó una red sísmica, que junto con otro instrumental geofísico, permitió tomar decisiones. El plan previó casi todo tipo de emergencias, que afortunadamente no hubo necesidad de llevar a cabo. No obstante, la experiencia en el Tacaná resultó sumamente importante, ya que el



primer programa de este tipo elaborado en México y cuya difusión es necesaria para transmitir esta experiencia a otros centros con volcanes activos, como el de Colima, y sepan lo que puede llevarse a cabo en caso de emergencia volcánica.

En la reunión de Ciudad Guzmán se concluyó que es necesario elaborar un plan de acción, similar al del Tacaná, en base a mapas de riesgo volcánico por parte del sistema estatal de protección civil. Para esto se necesita reunir toda la información referente al volcán, misma que será editada por la Universidad de Guadalajara en las memorias de dicha reunión. También se propuso la creación de un centro regional de estudios vulcanológicos y la implementación de programas de estudio para la formación de especialistas en el área de la vulcanología. Este centro pudiera empezar a formarse con los 200 millones que recibió la Universidad de Colima y fondos adicionales a conseguir por parte del CONACyT.

Cabe aclarar que México cuenta con cerca de 20 volcanes activos, como El Popocatepetl y El Pico de Orizaba, que si bien sólo han presentado actividad leve en los últimos 600 años, no se descarta del todo el inicio de fases más violentas (Medina, 1980). Cabe recordar también que México cuenta con grandes campos de volcanes cineríticos y que el nacimiento

de volcanes como El Xitle, El Jorullo o El Parícutín son muy recientes. Este tipo de fenómenos es muy probable que puedan presentarse en el futuro. Por lo tanto resulta necesario apoyar la creación de este centro de estudios volcánicos propuesto por las universidades de Guadalajara y Colima, así como la participación activa en este proyecto del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Dentro de dos años (enero de 1990) se llevará a cabo una segunda reunión, esta vez en la Universidad de Colima, para evaluar los avances del proyecto y continuar reuniendo información referente al volcán, así como de programas de acción en caso de riesgo. Se extiende pues una invitación a todos los colegas del área que han trabajado (o continúen haciéndolo) en el volcán de Colima a participar en dicha reunión.

Bibliografía

- Medina, F.: *Vulcanología y evaluación del riesgo volcánico en México*. Anales del Instituto de Geofísica. 26: 55-73. 1980.
- Medina, F., De la Cruz S. y Mena M.: *El Volcán de Colima*, GEOS, Bol. Unión Geofísica Mexicana. Vol. 2. 1982.
- Medina, F.: *El Volcán Chichón*, GEOS, Bol. Unión Geofísica Mexicana. Vol. 2. 1982.
- Medina, F.: *Analysis of the eruption history of the Volcan de Colima*. Geofísica Internacional. Vol. 22. 1983.
- Espíndola, J. y Medina F.: *A C-14 Age determination in the Tacaná Volcano Chiapas, México*. Geofísica Internacional (sometido). 1987.

MEXICO Y SU RIQUEZA GEOTERMICA

Rosa Ma. Prol Ledesma

La mayor parte del territorio mexicano se caracteriza por una gran actividad tectónica y volcánica que ha tenido lugar desde hace varias decenas de millones de años, hasta el presente. Esta actividad, invariablemente, ha dejado su huella a lo largo de todo el país en forma de sistemas volcánicos y sistemas hidrotermales, tanto fósiles como activos.

La actividad tectono-volcánica, además de tener resultados catastróficos en muchos de los fenómenos que genera como sismos y erupciones volcánicas, también ha sido la fuente de una gran riqueza como son los recursos minerales y geotérmicos.

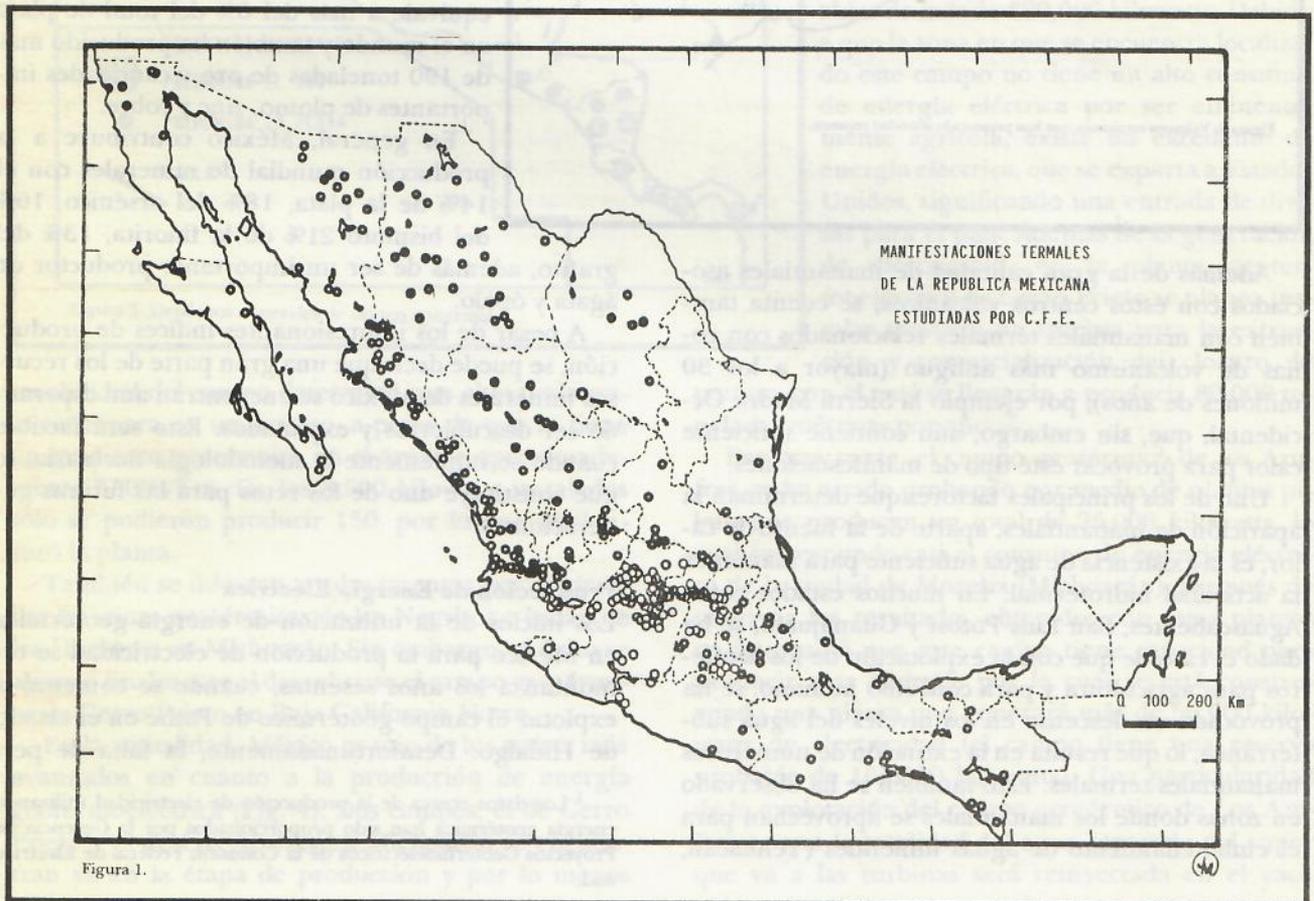
La presencia de estos recursos se extiende por todo el país, siendo especialmente abundante en su parte central. A continuación detallamos algunos de

los principales usos de las manifestaciones superficiales del calor terrestre.

Balnearios

Hasta la fecha, la Comisión Federal de Electricidad ha establecido la existencia de más de mil manifestaciones termales en la República Mexicana (Fig. 1), de las cuales sólo una minoría corresponden a sistemas capaces de generar energía eléctrica comercializable. Sin embargo, la mayoría han sido utilizados como balnearios desde la etapa precolombina.

La mayor parte de dichos balnearios se localiza en la parte central del país, coincidiendo con la Faja Volcánica Transmexicana, la cual contiene la mayoría de los volcanes mexicanos que han presentado



actividad reciente: Ceboruco, Popocatepetl, Volcán de Colima, Pico de Orizaba, Parícutín, Jorullo, Xitle, etc.; además de otros volcanes que quedan fuera de esta zona, como son: Bárcenas, Tres Vírgenes, El Chichón y el Tacaná. (Fig. 2).

Puebla y La Soledad, S. L. P.). Sin embargo, la abundancia de manantiales permite que aún existan bastantes funcionando como balnearios, teniendo varios de ellos gran renombre a nivel internacional, por ejemplo: Ixtapan de la Sal y San José Purúa.

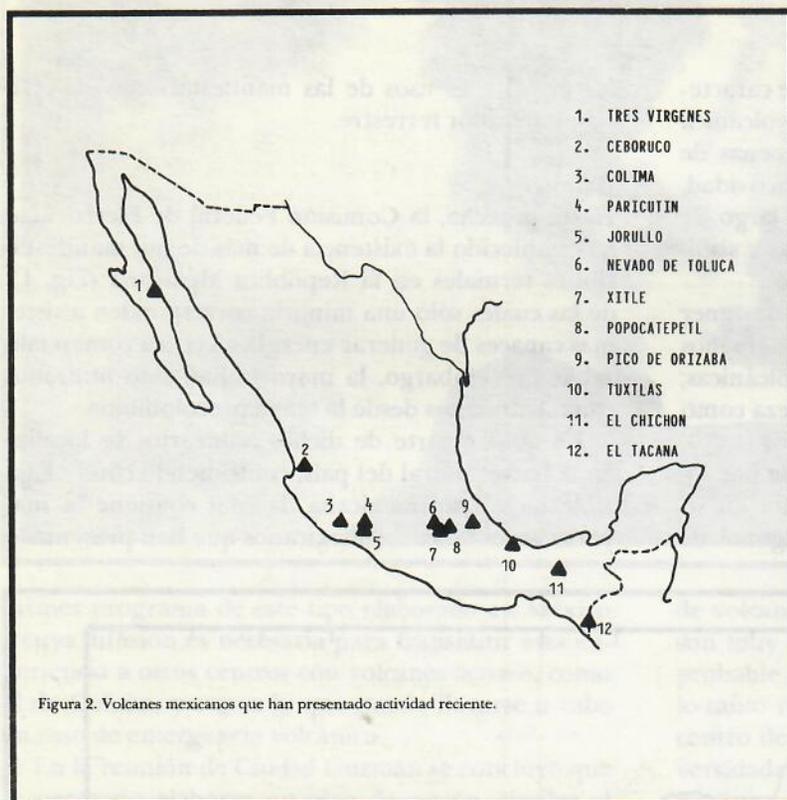


Figura 2. Volcanes mexicanos que han presentado actividad reciente.

Además de la gran cantidad de manantiales asociados con estos centros volcánicos, se cuenta también con manantiales termales relacionados con zonas de volcanismo más antiguo (mayor a los 30 millones de años), por ejemplo la Sierra Madre Occidental, que, sin embargo, aún contiene suficiente calor para provocar este tipo de manifestaciones.

Uno de los principales factores que determinan la aparición de manantiales, aparte de la fuente de calor, es la existencia de agua suficiente para mantener la actividad hidrotermal. En muchos estados como Aguascalientes, San Luis Potosí y Guanajuato, se ha dado el caso de que con la explotación de los acuíferos para agricultura y para consumo humano, se ha provocado un descenso en los niveles del agua subterránea, lo que resulta en la extinción de numerosos manantiales termales. Esto también se ha observado en zonas donde los manantiales se aprovechan para el embotellamiento de aguas minerales (Tehuacán,

Recursos Minerales

Poco podría añadirse a lo que ya se ha escrito acerca de las riquezas minerales de nuestro país generadas por la actividad volcánica e hidrotermal, las cuales han sido explotadas durante siglos. Baste decir que la región volcánica de rocas del Cenozoico (con una edad menor a 65 millones de años) la cual se extiende, por 2400 Km, desde la frontera con Estados Unidos hasta la Ciudad de México (Fig. 3), contiene la concentración más grande de plata en el mundo, conocida hasta la fecha. Las minas de Pachuca y Guanajuato han producido más de 50,000 toneladas de plata; en particular Pachuca ha producido 37,324 toneladas de plata, lo cual equivale a más del 6% del total de plata en el mundo y también ha producido más de 190 toneladas de oro y cantidades importantes de plomo, zinc y cobre.

En general, México contribuye a la producción mundial de minerales con el 14% de la plata, 18% del arsénico, 16% del bismuto 21% de la fluorita, 13% del

grafito, además de ser un importante productor de ágata y ópalo.

A pesar de los impresionantes índices de producción, se puede decir que una gran parte de los recursos minerales de México se encuentran aún esperando ser descubiertos y explotados. Esto será factible cuando se implemente la metodología necesaria, lo que constituye uno de los retos para las futuras generaciones.

Producción de Energía Eléctrica¹

Los inicios de la utilización de energía geotérmica en México para la producción de electricidad se remontan a los años sesentas, cuando se comenzó a explotar el campo geotérmico de Pathé en el estado de Hidalgo. Desafortunadamente, la falta de per-

¹ Los datos acerca de la producción de electricidad utilizando energía geotérmica han sido proporcionados por la Gerencia de Proyectos Geotermoelectríficos de la Comisión Federal de Electricidad.

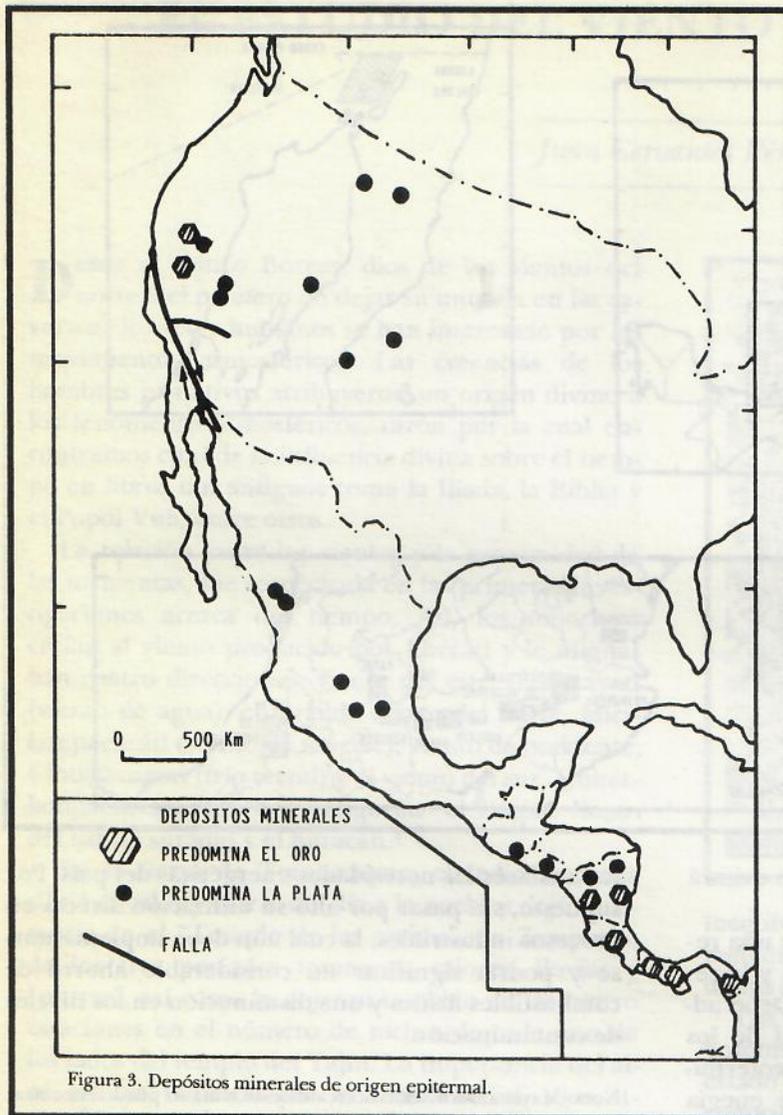


Figura 3. Depósitos minerales de origen epitermal.

meabilidad del campo determinó que el experimento terminara en un fracaso, a pesar de que se tiene un gradiente geotérmico en el área de aproximadamente 550°C/Km. De los 3,500 kilowatts instalados sólo se pudieron producir 150, por lo que se clausuró la planta.

También se llevaron a cabo intentos por desarrollar las zonas geotérmicas de los Negritos e Ixtlán de los Hervores en Michoacán. Sin embargo, el éxito se alcanzó finalmente al descubrirse el campo geotérmico de Cerro Prieto en Baja California Norte.

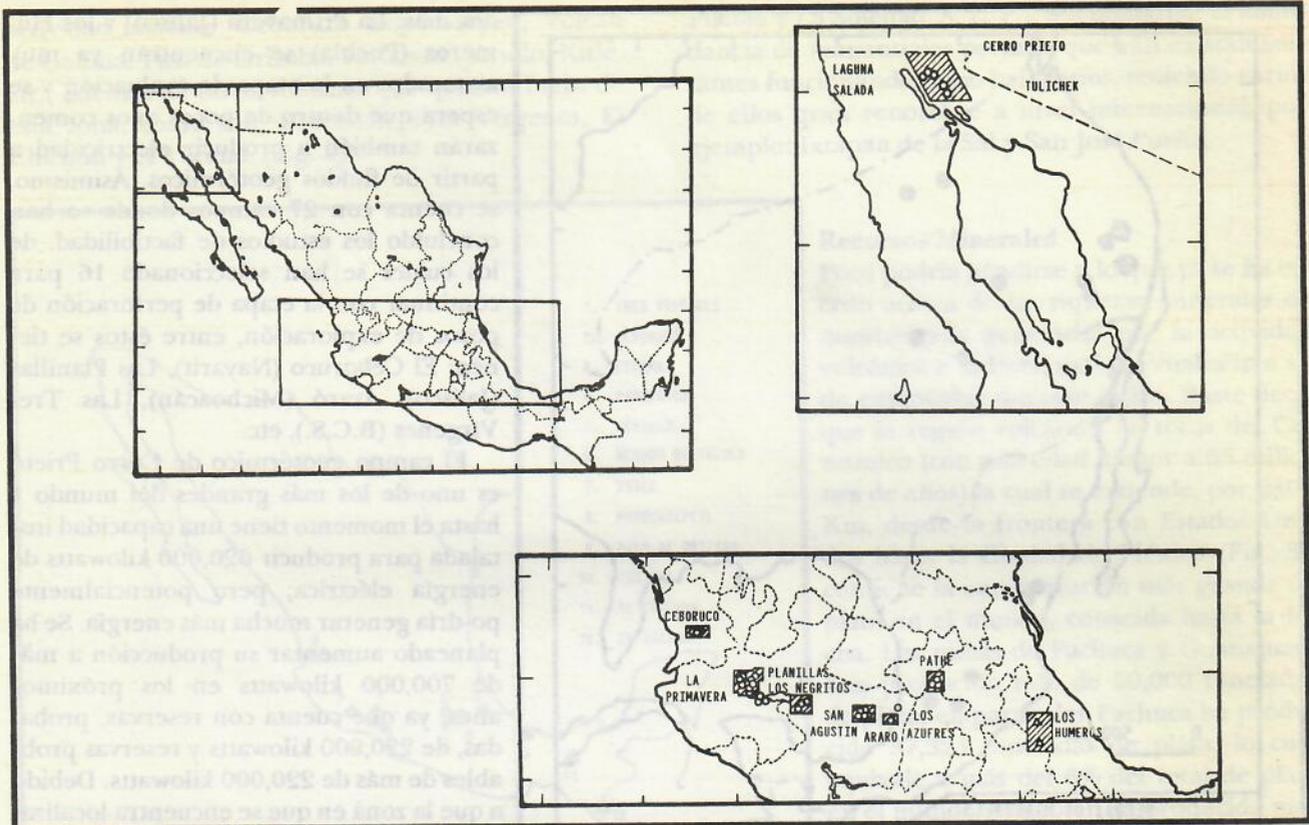
En la actualidad, México es uno de los países más avanzados en cuanto a la producción de energía geotermoeléctrica (Fig. 4). Dos campos, el de Cerro Prieto y el de Los Azufres en Michoacán se encuentran ya en la etapa de producción y por lo menos

dos más: La Primavera (Jalisco) y los Humeros (Puebla) se encuentran ya muy avanzados en la etapa de evaluación y se espera que dentro de pocos años comenzarán también a producir electricidad a partir de fluidos geotérmicos. Asimismo, se cuenta con 27 campos donde se han concluido los estudios de factibilidad, de los cuales se han seleccionado 16 para continuar con la etapa de perforación de pozos de exploración, entre éstos se tienen: El Ceboruco (Nayarit), Las Planillas (Jalisco), Araró (Michoacán), Las Tres Vírgenes (B.C.S.), etc.

El campo geotérmico de Cerro Prieto es uno de los más grandes del mundo y hasta el momento tiene una capacidad instalada para producir 620,000 kilowatts de energía eléctrica; pero potencialmente podría generar mucha más energía. Se ha planeado aumentar su producción a más de 700,000 kilowatts en los próximos años, ya que cuenta con reservas, probadas, de 220,000 kilowatts y reservas probables de más de 220,000 kilowatts. Debido a que la zona en que se encuentra localizado este campo no tiene un alto consumo de energía eléctrica por ser eminentemente agrícola, existe un excedente de energía eléctrica, que se exporta a Estados Unidos, significando una entrada de divisas para el país. Además de la generación de electricidad, en la planta geotermoeléctrica de Cerro Prieto se planea instalar también un sistema para la extracción y comercialización del cloruro de

potasio, con el cual se llegarán a producir 80,000 toneladas métricas por año.

Por otra parte, el campo geotérmico de los Azufres, se ha estado probando por medio de plantas piloto que producen un total de 25,000 kilowatts, lo cual corresponde casi al consumo de energía eléctrica de la ciudad de Morelia (Michoacán). Después de observar los resultados obtenidos con estas plantas se determinó que este campo tiene capacidad para producir más energía, por lo cual se está construyendo una planta que generará más de 50,000 kilowatts de electricidad (el campo tiene una reserva probable de 165,000 kilowatts). Una particularidad de la explotación del campo geotérmico de Los Azufres es que la totalidad del agua separada del vapor que va a las turbinas será reinyectada en el yaci-



miento a través de once pozos, con lo cual se evitará la contaminación del medio ambiente.

Del total de campos ya evaluados se tiene una reserva probada de más de 100,000 kilowatts y la reserva probable es de 1'400,000 kilowatts. Debe admitirse que aún desarrollando la totalidad de los recursos con que cuenta el país, la energía geotérmica no podría cubrir la demanda total de energía eléctrica. Sin embargo por la abundancia de campos geotérmicos en México, esta fuente de energía sí puede representar una contribución significativa pa-

ra satisfacer las necesidades energéticas del país. Por supuesto, sin pasar por alto su utilización directa en procesos industriales, la cual aún debe implementarse y podría significar un considerable ahorro de combustibles fósiles y una disminución en los niveles de contaminación.

Nota: Mayor información acerca de este tema se puede encontrar en el libro *El calor de la Tierra* que será publicado por el Fondo de Cultura Económica en la serie: *La ciencia en México*.

EL ESTUDIO DEL VIENTO EN LA HISTORIA

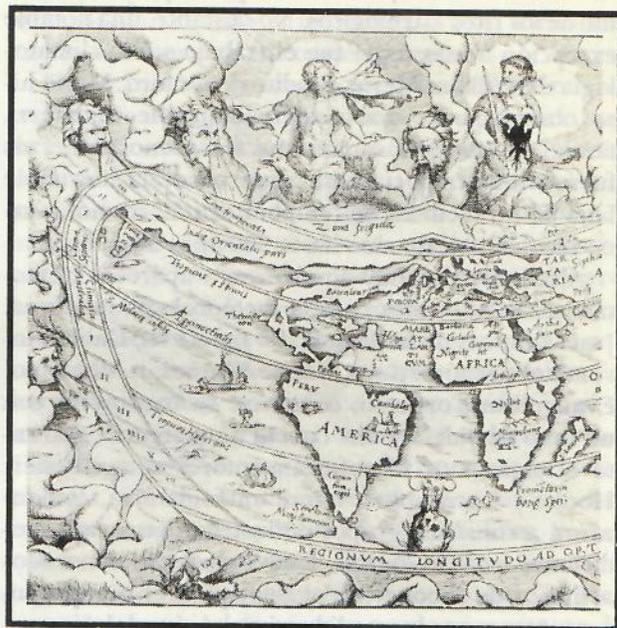
Juan Cervantes Pérez

Desde el mítico Boreas, dios de los vientos del norte y el primero en dejar su morada en las cavernas, los seres humanos se han interesado por los movimientos atmosféricos. Las creencias de los hombres primitivos atribuyeron un origen divino a los fenómenos atmosféricos, razón por la cual encontramos citas de la influencia divina sobre el tiempo en libros tan antiguos como la Iliada, la Biblia y el Popol Vuh, entre otros.

La relación entre los vientos y la proximidad de las tormentas, fue sospechada en las primeras investigaciones acerca del tiempo. Así, los tenochcas creían al viento producido por Ehécatl y le asignaban cuatro direcciones: viento del este, Tlalocayotl (viento de agua); el terrible viento del norte, Mictlampahecatl (viento de muerte); viento de occidente, Cihuatecayotl (frío terrenal) y el viento del sur, Huitatlampahecatl, con dos categorías: el simple viento del sur (la surada) y el huracán.¹

En la tierra de Totonacapan, el indio totonaca sintió el calor y el frío del día y la noche y dejó constancia en el "Templo de las caritas", en Zempoala, de los tres períodos totonacas: calores, lluvias y "nortes", así como la dejaron también de las cuatro estaciones en el número de nichos de cada uno de los lados del templo del Tajín. La importancia del aire era ya indicada por el dios Ehecatl, dios atmosférico, cuyo centro vital resultaba el planeta Venus, aún cuando asistido por sus padres: el Sol y la Luna. El aire, Cosmos, fue una posición filosófica en torno al origen de la vida que, a su tiempo, nadie sospechó ni recogió.²

De la misma manera, en la región de El Caribe, se extendió el vocablo Huracán, con sus variantes, para describir al "espíritu malo" en el oriente de Cuba que era representado por una cabeza y dos brazos, uno alzado hacia la cabeza (casi siempre el derecho) y el otro doblado hacia abajo representando un



inequívoco simbolismo rotatorio de ese fenómeno meteorológico tan temido de los indios antillanos como de sus conquistadores.³

Los primeros intentos de predicción obligaron al hombre a desarrollar métodos para caracterizar el estado del tiempo. Por ejemplo, las veletas fueron conocidas por los chinos y los egipcios, además, en Atenas se colocó una veleta en el famoso observatorio "la Torre de los vientos", construido en el siglo II a. C. Es probable que los griegos usasen las veletas en tiempos más remotos, pero su origen se pierde en el pasado.

En el siglo V a. C., los filósofos griegos comenzaron a admitir que existían causas naturales en la evolución del tiempo. Como quiera que sea, su falta de instrumentos de observación y conocimiento de las leyes de la física, les hacía confiar solamente en las explicaciones teóricas de los fenómenos de la atmósfera. Uno de los primeros meteorólogos teóricos, conocido, fue Aristóteles, su "Meteorológica", escrita alrededor del 340 a. C., da una explicación única y coherente; aunque, al igual que sus contemporáneos, Aristóteles ignoró muchos de los princi-

¹ Melgarejo V., J. L.: *Antigua Historia de México*, Tomo II Editado por la Dirección General de Divulgación/ SEP, México, 1975.

² Melgarejo V., J. L.: *Los totonacas y su cultura*. Ed. Universidad Veracruzana, Xalapa, 1985.

³ Ortiz, F.: *El Huracán*. Fondo de Cultura Económica, México, 1947.

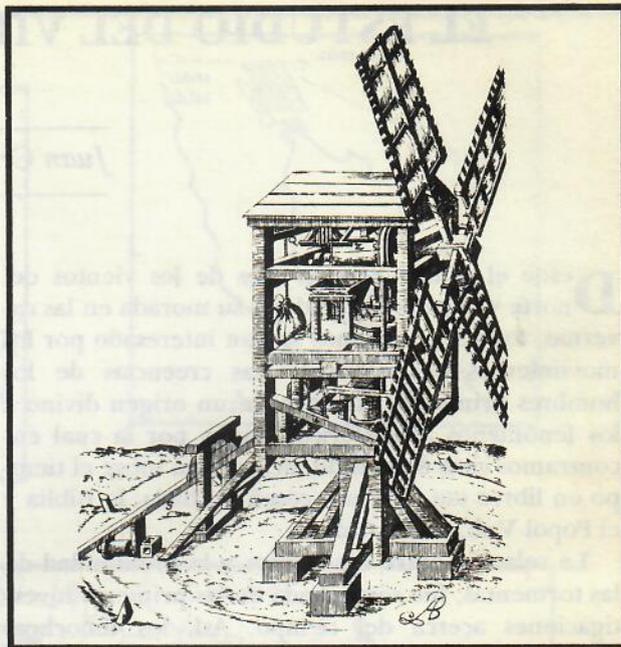
pios básicos de la física —tal como les conocemos hoy en día— de los procesos atmosféricos, que comprende la naturaleza de los vientos, nubes, precipitación y descargas eléctricas.

La mayor parte de los esfuerzos de los meteorólogos en Grecia y Roma y al través del siglo XVI, fueron dedicados a la verificación y ampliación de las ideas de Aristóteles. Las predicciones pertenecían al dominio de los ritos astrológicos. No obstante, una notable excepción a esta regla fue el trabajo sobre climatología de William Merle, erudito de Oxford. Merle hizo observaciones diarias del tiempo de Inglaterra desde 1337 a 1344. Aunque sus tempranos esfuerzos fueron muy importantes, sufrieron de la inevitable falta de las medidas de temperatura. El termómetro no fue descubierto sino hasta 300 años después.

Alrededor de 1600 comienzan a aparecer instrumentos importantes para la meteorología moderna. Justo después de la llegada del siglo XVII, Galileo inventa el termómetro. Antes de 50 años, su discípulo, Evangelista Torricelli, construye su barómetro con un tubo de vidrio y una cubeta de mercurio. Durante el siglo XVII filósofos inventores como Robert Hooke y Christopher Wren, en Inglaterra, comenzaron a construir grupos de instrumentos para mediciones meteorológicas. Uno de los más elaborados artificios de Hooke fue el reloj para el tiempo, un conjunto para la medida simultánea del tiempo, temperatura, presión, humedad y lluvia, así como la magnitud y dirección del viento.

Un poco después de la mitad del siglo XVII, empieza a aparecer cierta información acerca de la naturaleza de los gases. Así, en 1662 el físico irlandés Robert Boyle encontró que el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión, si la temperatura del primero se mantiene constante. Solamente 24 años después del anuncio del descubrimiento de Boyle, el astrónomo real de Gran Bretaña, Edmund Halley, publicó su trascendental informe sobre las causas de los vientos alisios y monzones. En este trabajo fue discutido el primer mapa meteorológico con informes sobre los vientos predominantes en las bajas latitudes.

Paralelamente, la cadena de resultados en las ciencias experimentales de finales del siglo XVII, produce una notable huella en el desarrollo de las teorías de la física clásica. Influidado por las investigaciones de los astrónomos Galileo, Brahe y Kepler sobre las leyes del universo, sir Isaac Newton publicó, en 1687, su monumental *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. Todas las ideas de los *Principia* constituyen lo más esencial de la física, tal como la

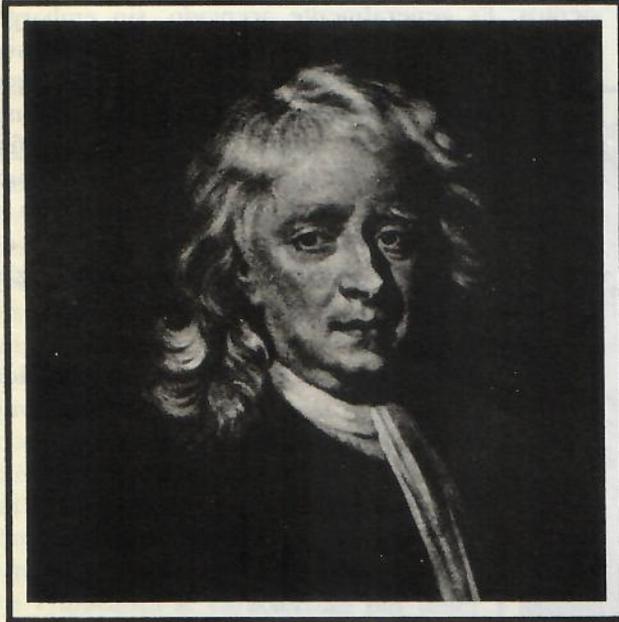


conocemos hoy en día. No obstante, dos principios particulares, derivados de este trabajo, constituyen la piedra angular de la meteorología. Son la ley de la conservación de la masa y la segunda ley del movimiento. A pesar de su importancia, los *Principia* de Newton no suministran todas las respuestas necesarias. Aunque la segunda ley explica la relación de la masa, fuerza y aceleración, da pocos indicios sobre la naturaleza de las fuerzas que realmente actúan sobre las masas del aire.

Hacia la tercera década del siglo XVIII, George Hadley, abogado de Londres, retoma el problema de Halley y comprueba que la superficie de la Tierra se mueve más aprisa en el ecuador que en las proximidades de los polos. Por lo tanto el movimiento del viento hacia el ecuador se retrasaría, respecto al giro de la Tierra, encontrándolo en un punto posterior al meridiano en el que comenzó. De este modo el viento, para un observador situado en la Tierra, parecería con dirección al oeste, explicando de este modo la vacilación de la hipótesis de Halley, que sostuvo que los vientos tropicales predominantes eran producidos por la acción del Sol sobre el aire en la zona ecuatorial, pero no pudo explicar por qué los vientos alisios soplan desde el noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur.

Los trabajos de Halley y Hadley fueron más o menos característicos de un nuevo frente de esfuerzos en las ciencias teóricas y aplicadas. Durante este tiempo se dieron importantes pasos; tras la investi-

gación de Boyle y Charles, con respecto al conocimiento de las propiedades de los gases, el físico y químico inglés John Dalton comenzó a buscar relaciones entre el viento, la lluvia y el calentamiento del aire. Además, en 1790, enuncia su Ley de las Presiones Parciales, con la cual se puede calcular la



cantidad de vapor de agua contenido en el aire.

En 1783 los hermanos Montgolfier inventaron, en Francia, el globo de aire caliente, por lo que, a principios del siglo XVIII, el deporte de lanzar globos fue un importante instrumento de los meteorólogos para avanzar en el estudio del movimiento del aire. Así, por ejemplo, Jacques Charles y John Jeffries hacen las primeras ascensiones llevando instrumental meteorológico.⁴ En México, anterior al inicio de la guerra de independencia, José Antonio Alzate asciende al Iztaccihuatl, donde realiza observaciones meteorológicas, botánicas y topográficas.⁵ Mientras tanto William Redfield, comerciante de Nueva Inglaterra, publicó entre 1831 y 1857, principalmente

⁴ Hidy, G. M.: *Los vientos: los orígenes y el comportamiento del movimiento atmosférico*. Editorial Reverté Mexicana, S. A., México, 1972.

⁵ De Gortari, E.: *La ciencia en la historia de México*. Editorial Grijalbo, México, 1980.

⁶ Pereyra, D., Palma, B. y Hernández, A.: *Frecuencia con que azotan los huracanes a los puertos de Alvarado y Veracruz, México*. Centro de Meteorología Aplicada de la Universidad Veracruzana, Xalapa, 1986.

⁷ Hidy, G. M., *Ibidem*.

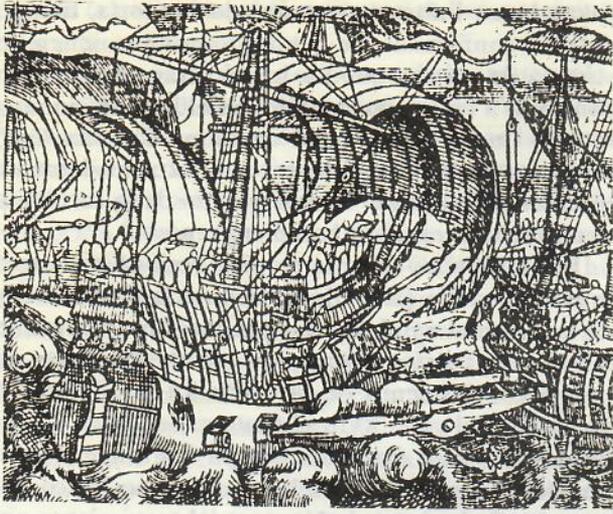
⁸ De Gortari, E., *Ibidem*.

en el *American Journal of Science and the Arts* y en algunas ocasiones en el *British and American Marine Journals*, un informe conteniendo la teoría, tiempo después confirmada, de que los huracanes tienen un sistema de vientos que los hacen girar en dirección contraria a las agujas del reloj en el hemisferio norte, con una región central en calma llamada "ojo" en cuyas paredes los vientos son extremadamente intensos, aún cuando el movimiento de la tormenta entera se encuentre en completo reposo.⁶

En Europa las ciencias teóricas reciben un nuevo impulso cuando James Joule deduce la primera Ley de la Termodinámica y tan pronto como aparecían las nuevas teorías energéticas, se desarrollaba un nuevo conocimiento de la dinámica de fluidos. A mediados del siglo XVIII el matemático suizo Leonhard Euler y los franceses Joseph Lagrange, Pierre Laplace y Daniel Bernoulli, examinaron las consecuencias de las leyes de Newton del movimiento para fluidos sin rozamiento. La rápida expansión de los conocimientos en la física de los fluidos llegó a los meteorólogos, y así el trabajo abandonado por Coriolis en 1835 acerca de una fuerza aparente relacionada con un sistema de referencia giratorio, fue retomado en 1856 por el francés William Ferrel quien dio vida al trabajo de Coriolis desarrollando la hipótesis de Hadley acerca de la rotación de la Tierra y los cambios de vientos predominantes en la atmósfera.

La observación del tiempo en la Tierra vino a ser un popular pasatiempo, aunque, inicialmente, el registro del tiempo se comunicaba poco a poco entre los especialistas, por lo tanto, su valor para usos prácticos era limitado. Con la invención del telégrafo en 1850, apareció una nueva posibilidad para los mapas del tiempo. Así, bajo el registro del tiempo en los continentes, en observatorios principalmente en el oeste de Europa y oriente de Estados Unidos, y los cuadernos de bitácora de los marinos, se obtuvo un suministro sistemático de información.⁷ Contribuyendo a la expansión de la red de observatorios y a las sociedades científicas de México, se funda el Observatorio Meteorológico y la Comisión Geográfica-exploradora, ambas en 1877.⁸ Precisamente un par de años más tarde, al paso de la comisión por la ciudad de Xalapa, se funda el observatorio meteorológico local, quedando bajo la dirección del señor Rubén Bouchez.

Mientras tanto, incompatibilidades entre la teoría de los fluidos ideales y las observaciones experimentales, condujeron a nuevos trabajos sobre las propie-



dades de fricción de los fluidos por hombres tales como sir Osborne Reynolds, C. Navier y Stokes.

A través del siglo XX, científicos demasiado numerosos para ser mencionados, han contribuido a nuestros conocimientos en el campo de la física de los vientos. Es generalmente aceptado, sin embargo, que los esfuerzos de algunos han tenido especial significación. Así, la naturaleza de los vientos planetarios se conoce mejor después de las investigaciones de los noruegos J Bjerknes y T. Bergeron; del finlandés E. Palmén y del sueco C.G. Rossby. El comportamiento de las distintas capas de la atmósfera es mucho mejor conocido después de los esfuerzos de los alemanes V. W. Ekman y L. Prandtl y los ingleses G. J. Taylor y O.G. Sutton.⁹

⁹ Hidy, G. M., *Ididem*.

HUMOR GEOFISICO

Yamas

-¿Serán los constantes aumentos en los precios de los pasajes de avión una nueva evidencia de la migración de los continentes?

-A bordo del *Arca* un damnificado le dice a otro en voz baja... "seguramente la *Comisión de Reconstrucción* dictaminará...daños menores a la propiedad".

-Externaba su preocupación un sismólogo por la inclinación de su joven hija hacia las *Ondas de Cuerpo*.

-En política, la Tercera Ley de Newton se enuncia así: "a toda promesa le corresponde una acción igual pero de sentido contrario".

IMPACTO DE LOS HURACANES Y TORMENTAS TROPICALES SOBRE EL ESTADO DE VERACRUZ

Domitilo Pereyra Diaz

Introducción

Los fenómenos atmosféricos que se presentan dentro de las regiones tropicales, se clasifican según su intensidad en: Perturbaciones Tropicales, Depresiones Tropicales, Tormentas Tropicales y Huracanes.¹ Las Perturbaciones Tropicales se caracterizan por tener o no tener un movimiento circular leve, isobaras abiertas y vientos fuertes; las Depresiones Tropicales tienen una o más isobaras cerradas y vientos menores o iguales a 17 m/s (61.2 km/h); las Tormentas Tropicales se distinguen por tener isobaras cerradas y vientos mayores a 17 m/s (61.2 km/h) y menores a 33 m/s (118.8 km/h); y los Huracanes se caracterizan por tener vientos mayores a 33 m/s (118.8 km/h).

Muchos de los conocimientos acerca de los huracanes se deben a William C. Radfield (1789-1857), quien fue el primero en recopilar los boletines meteorológicos de las flotas navieras, así como información de otras fuentes. Con esta información empezó a desarrollar la teoría acerca de la estructura y movimiento de los huracanes (en una serie de artículos publicados entre 1831 y 1857, principalmente en el *American Journal of Science and the Arts* y en algunas ocasiones en el *British and American Marine Journals*), concluyendo que el movimiento de los vientos era alrededor de un centro (llamado ojo), y que el sistema se traslada a lo largo de una trayectoria regular (8).

Para que una perturbación atmosférica alcance la categoría de Huracán es necesario que existan las siguientes condiciones (5):

¹ Huracanes se les llama en el Océano Atlántico y en el este del Océano Pacífico, tifones en el centro u oeste del Océano Pacífico (con excepción de las Filipinas donde se les conoce más comúnmente como Banguíos) y ciclones en las costas de Australia, India y al este de África (1), (5).

1803 08AU80 12A-1 03998 13734 MA23N92W-1



Fig.1. Fotografía de satélite del Huracán Allen.

a) Bajo nivel de convergencia para iniciar y mantener una intensa convección.

b) Alto nivel de divergencia para eliminar el aire acumulado y poder generar una caída de presión en la superficie.

c) Entrada de calor y vapor de agua en suficiente cantidad para suministrar la energía que mantenga el sistema.

La fuente de energía para la formación del huracán es la superficie del mar, siempre que ésta se encuentre a una temperatura arriba de los 26° C. La transferencia de calor sensible y latente a través de la superficie del agua se incrementa con la alta temperatura de la superficie del mar y con la velocidad del viento. Se puede considerar que una velocidad de más de 10 m/s (36 km/h) es un buen indicador del

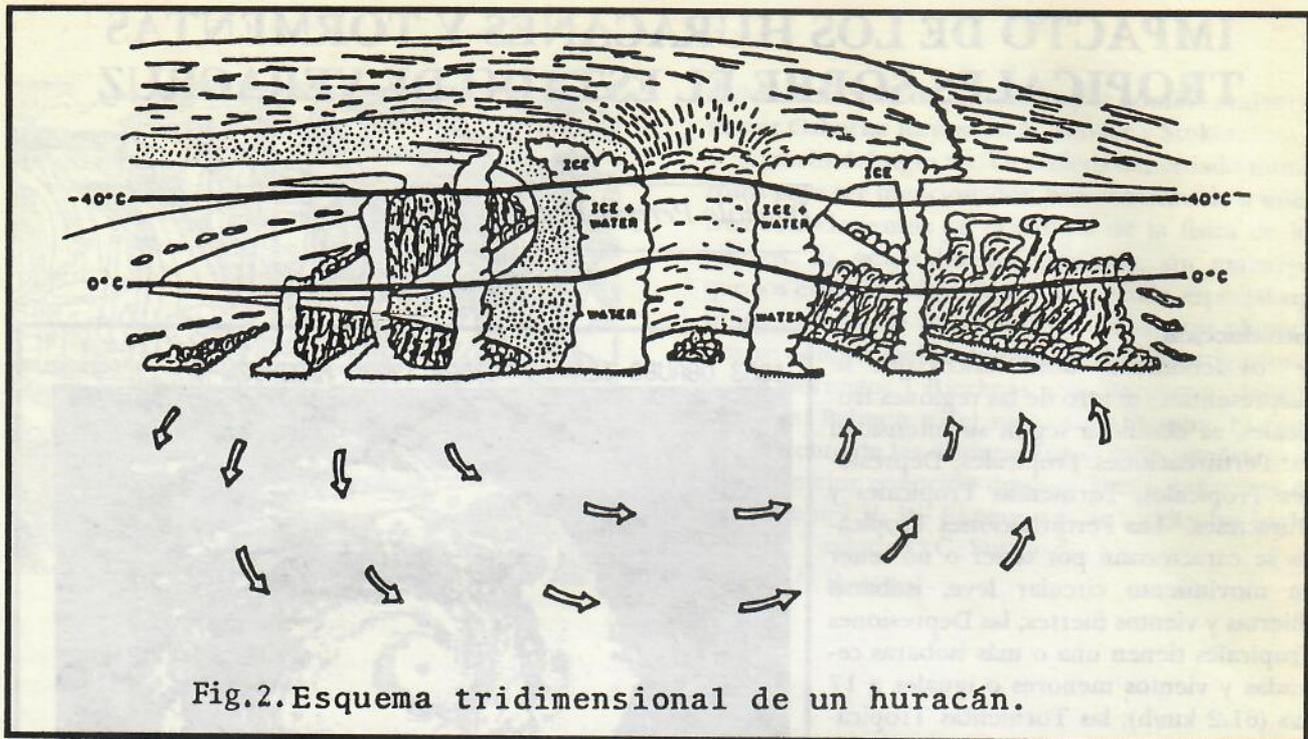


Fig.2. Esquema tridimensional de un huracán.

inicio de una transferencia de calor inadecuada, y que la capa de mezclado está siendo desplazada por aire frío descendente, el cual marca el inicio de la convección de cúmulos.

Los lugares que presentan las condiciones favorables para el desarrollo de huracanes que por lo general azotan las costas de México son: el mar Caribe, el Golfo de México y el Este del Océano Pacífico (cerca del istmo de Tehuantepec). La temporada en la cual se presentan estos fenómenos meteorológicos está comprendida, aproximadamente, entre los meses de junio y octubre.

Una característica muy importante que identifica a un huracán es la formación de un ojo en su centro, ver figuras 1 y 2. La figura 1 muestra la foto de satélite del Huracán Allen (1980), donde se distingue perfectamente el ojo; la figura 2 muestra la estructura típica de un huracán visto en tres dimensiones. En esta figura se puede ver que el ojo está rodeado por una lenta convección, la cual mantiene baja la presión central y facilita la entrada de aire, existiendo movimiento ascendente hacia los niveles superiores a través de las torres calientes y por la parte externa de la tormenta.

El ojo del huracán puede tener un diámetro entre 6 km y 45 km, el diámetro promedio es de alrededor de 22 km. Los vientos más fuertes se presentan cerca del centro de la tormenta, donde el gradiente de

presiones es máximo (ver figura 3) y los vientos máximos se presentan en el lado derecho del ojo del huracán, debido a que se suma la velocidad de rotación de la tierra con la velocidad del viento de la tormenta. Los vientos mínimos se presentan en el lado izquierdo, pues en este caso se restan las velocidades. El diámetro promedio de un huracán es de aproximadamente 240 km, la vida promedio, desde su inicio hasta su decaimiento, es de aproximadamente 9 días y las velocidades con que se mueven son aproximadamente de 5 m/s hacia el Oeste (5)

El tiempo que acompaña a un huracán puede describirse muy bien como una lluvia torrencial cayendo de espesas nubes, ausente en el interior del ojo del huracán o muy ligera, en cambio, es muy fuerte en la parte interior del anillo de los vientos máximos. Las precipitaciones generadas, comúnmente, por un huracán se encuentran entre 15 y 25 cm y se han registrado valores mucho mayores cerca o sobre las laderas de colinas o montañas. Por ejemplo, en Baguío, Filipinas, un Tifón precipitó 193 cm en 24 horas y en Silver Hill, Jamaica, se registraron 244 cm en 96 horas (10).

Impacto de los huracanes

Los huracanes producen notables cambios en el mar, tales como, enormes olas y mareas que pueden alcanzar hasta 10 metros de altura, las cuales causan

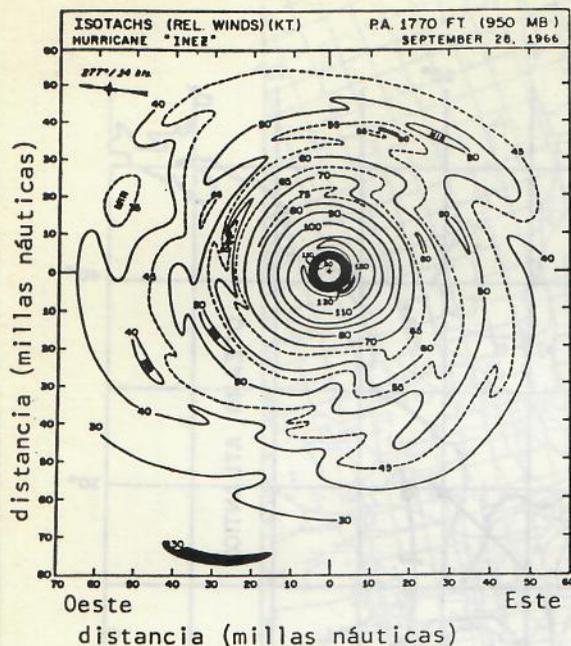


Fig. 3. Velocidades generadas en la superficie por el Huracán Inés (septiembre 28, 1966) en nudos

grandes daños a la navegación marítima, generan torrenciales aguaceros y fuertes vientos que por lo general impiden la circulación de la navegación aérea (en la zona de influencia del huracán), también causan daños a las construcciones de baja calidad e incluso en muchas ocasiones originan la muerte de seres humanos.

La mayor velocidad del viento sostenido (durante un minuto en promedio) que se ha registrado, es de 317 km/h, presentada por el Huracán Inés en 1966 (3), la máxima ráfaga ha rebasado los 360 km/h; en la mayoría de los huracanes, las velocidades sostenidas en promedio son de 180 km/h. El mayor desastre en la historia se presentó en noviembre de 1970, en Bangladesh y fue generado por un maremoto estimado entre 6 y 9 metros de altura; durante este huracán perecieron ahogados entre 200,000 y 300,000 personas, este oleaje excepcional no fue generado por el huracán más intenso, de hecho su presión mínima sólo fue de 950 mb (La presión mínima registrada ha sido de 876 mb, Tifón June, noviembre, 1975), y la precipitación que generó fue sólo de 25 cm.

Es necesario reconocer también los beneficios que pueden generar los huracanes a los pobladores de ciertas partes de la Tierra, como es el caso de los

habitantes de la costa oeste de México, donde las grandes cantidades de agua generadas por los torrenciales aguaceros, son almacenadas en grandes presas para posteriormente ser distribuida a los distritos de riego y aprovecharse en la agricultura, uno de los pilares en el desarrollo del país (14).

El área que puede afectar un huracán durante su recorrido depende de la orografía de la costa a donde él incide; si es zona de grandes montañas, es muy probable que avance muy poco tierra adentro, y si es plana, el huracán avanzará mucho. Por ejemplo, uno de los huracanes que más países ha afectado es el Huracán Inés, el cual causó destrucción sobre Isla Guadalupe (una de las Antillas), Haití, Cuba, Las Bahamas, Sur de Florida (U.S.A.) y México durante el período comprendido entre el 21 de septiembre y el 11 de octubre de 1966; en Haití causó la muerte de 750 personas y 20 millones de pesos en pérdidas; en México 65 personas perecieron y los daños fueron aproximadamente de 100 millones de pesos (16).

Debido a lo expuesto anteriormente, la Universidad Veracruzana celebró un convenio en 1984 con la Organización de Estados Americanos (O.E.A.), para conocer los perjuicios y beneficios que acompañan a los fenómenos atmosféricos, tales como Tormentas Tropicales y Huracanes que entran al Estado de Veracruz. El interés nace debido a que el Estado de Veracruz, por encontrarse a lo largo de gran parte de las costas del Golfo de México, podría ser una de las zonas más afectadas por estos fenómenos, lo que traería problemas en sus principales puertos, generados por los fuertes vientos y torrenciales aguaceros impidiendo realizar maniobras tanto en alta mar como en tierra y repercutiendo en el comercio nacional e internacional al que se dedican casi todos con excepción de Alvarado que se dedica a la pesca, así también causaría daños a la navegación aérea en los aeropuertos de Minatitlán y Veracruz. Por otro lado los beneficios serían en la agricultura si estas aguas fueran almacenadas en presas para después distribuirlas a los distritos de riego (14), de lo contrario estos torrenciales aguaceros generan inundaciones en los Valles que circundan los principales ríos y que son los campos de cultivo de temporal para gran parte de los agricultores del Estado.

Análisis de frecuencia

Para saber la frecuencia con que han azotado los Huracanes y las Tormentas Tropicales al Estado de Veracruz, fue necesario conocer primero las zonas cercanas a la República Mexicana donde se generan estos fenómenos meteorológicos, las cuales se mues-

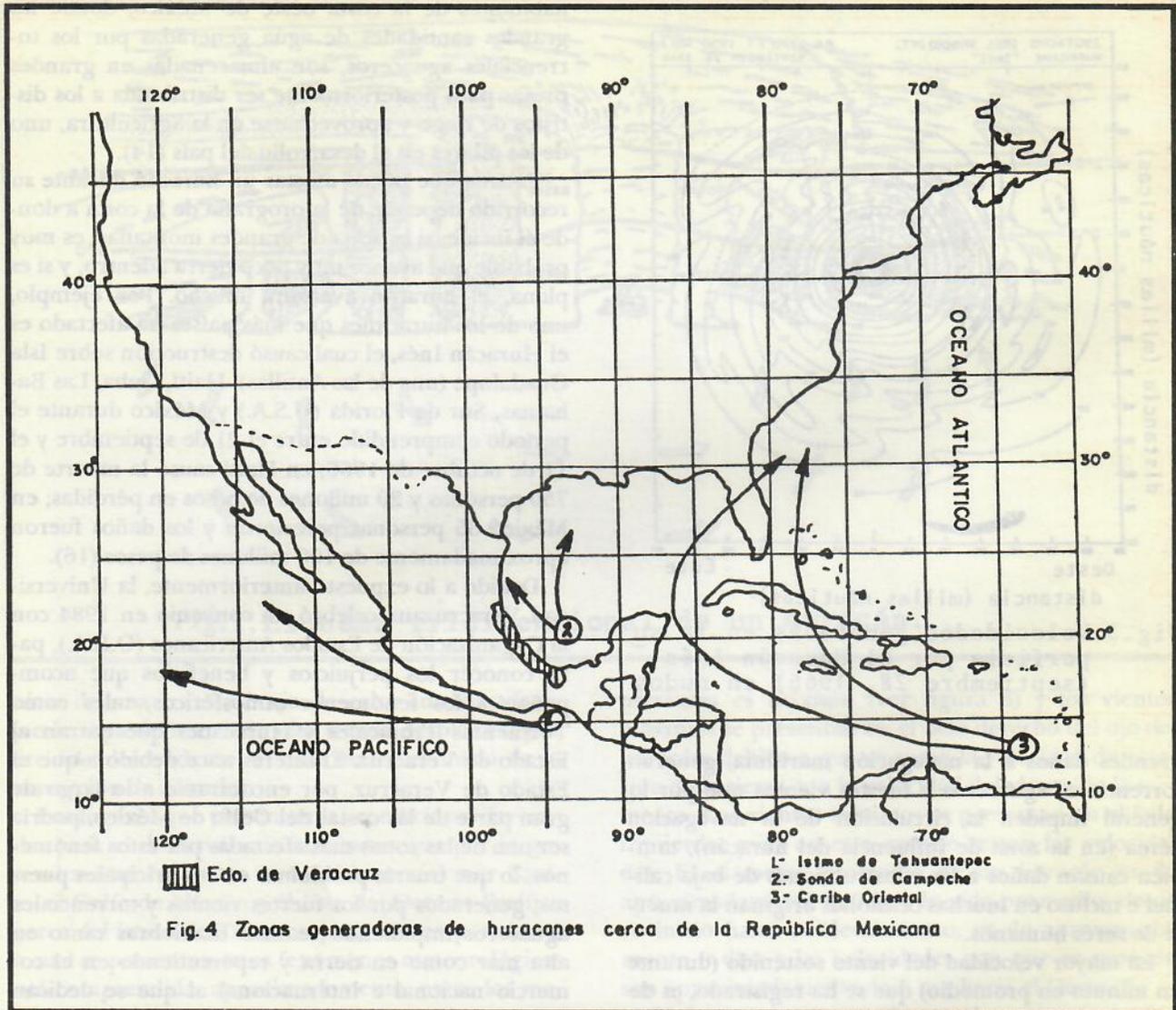


Fig. 4 Zonas generadoras de huracanes cerca de la República Mexicana

tran en la fig. 4, así como la trayectoria de cada uno de los fenómenos antes mencionados. Como se puede ver en la fig. 4, existen tres zonas cercanas a la República Mexicana donde nacen los huracanes, las cuales son: a) Zona del Istmo de Tehuantepec, en el Océano Pacífico, situada aproximadamente a 15°N, con influencia sobre las costas occidentales de la República, así como en el suroeste del Golfo de México y la porción sur del Estado de Veracruz; b) Zona de la Sonda de Campeche, en el Golfo de México, situada aproximadamente a 20°N y con influencia sobre la porción norte del Estado de Veracruz, el Estado de Tamaulipas, así como la parte sur de los Estados Unidos de América; c) Zona del Caribe Oriental, en el Océano Atlántico, situada aproximadamente a 13°N, con influencia sobre la Península

de Yucatán, así como sobre los Estados de Veracruz (porción norte), Tamaulipas y Sur de Estados Unidos.

Las trayectorias seguidas por los fenómenos meteorológicos generados en las tres zonas antes mencionadas durante el período comprendido entre 1960 y 1980 se muestran en la figura 5 (15)

La frecuencia mensual con que se han presentado los fenómenos atmosféricos² cerca de la República Mexicana está representada en los histogramas de la fig. 6, donde se puede ver que para el Océano Pacífico el mes de mayor actividad es septiembre, seguido por junio y octubre; para el Océano Atlántico el mes

² En este estudio se consideran como fenómenos atmosféricos a las Tormentas Tropicales y Huracanes.

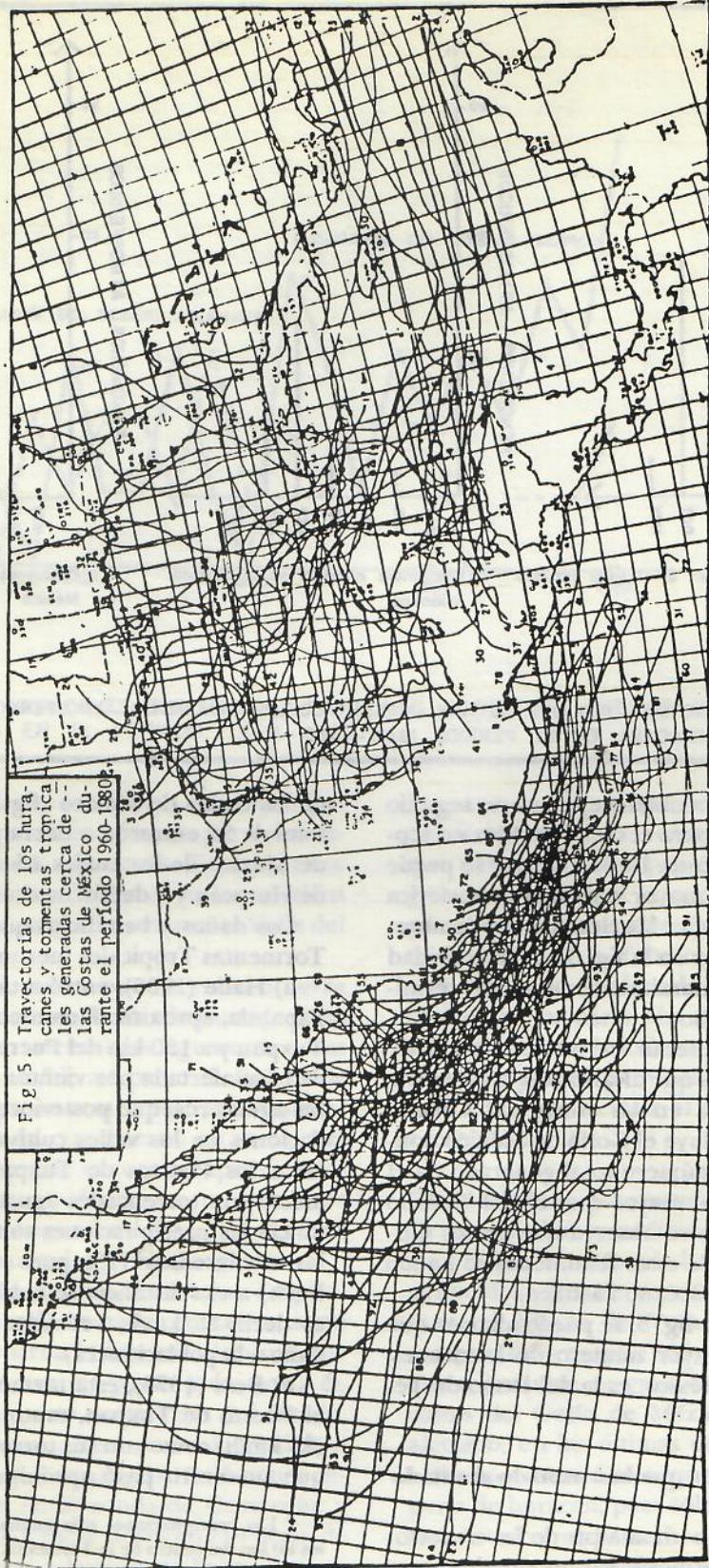


Fig. 5. Trayectorias de los huracanes y tormentas tropicales generadas cerca de las costas de México durante el período 1960-1980.

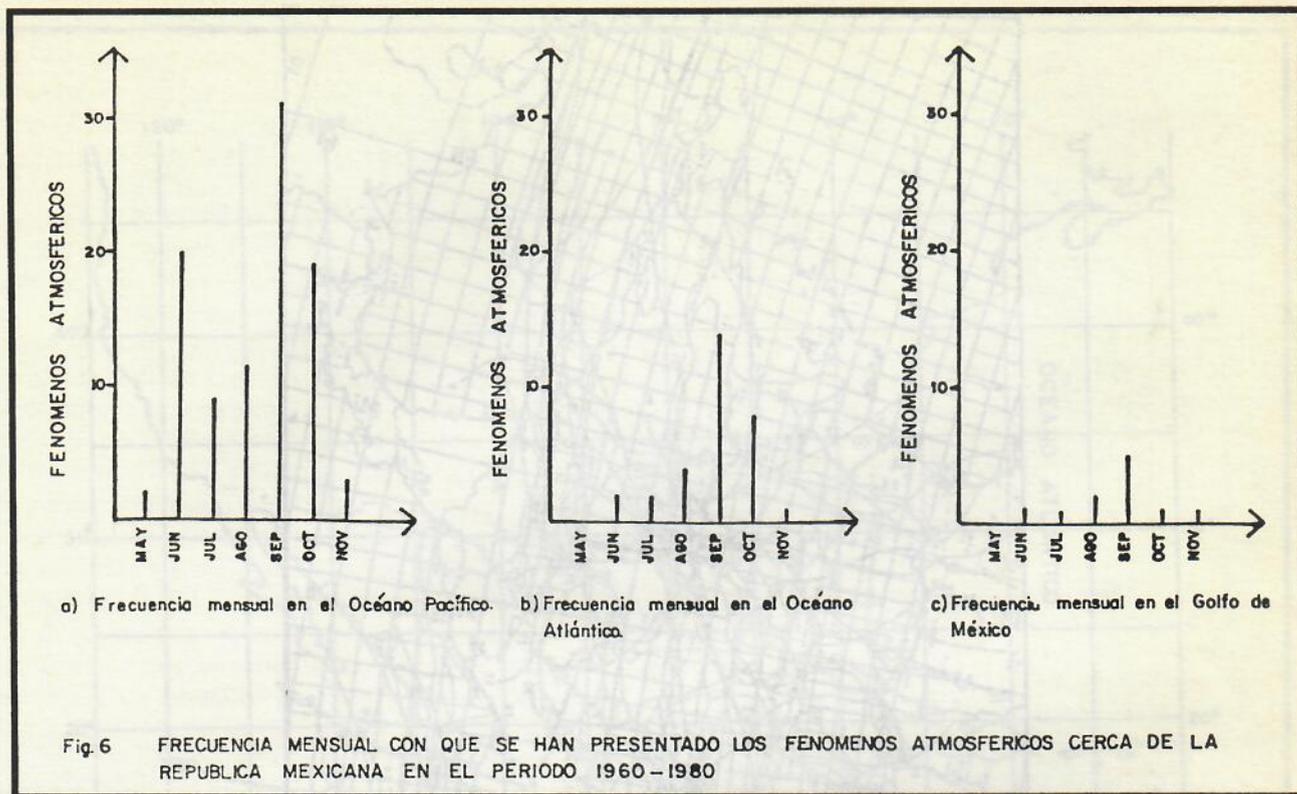


Fig. 6 FRECUENCIA MENSUAL CON QUE SE HAN PRESENTADO LOS FENOMENOS ATMOSFERICOS CERCA DE LA REPUBLICA MEXICANA EN EL PERIODO 1960-1980

de mayor actividad es también septiembre, seguido por octubre y agosto y para el Golfo de México septiembre seguido por agosto. De lo anterior se puede concluir que el mes de mayor actividad atmosférica en las costas de la República Mexicana es septiembre.

También se puede ver en la fig. 6 que la actividad atmosférica empieza generalmente en junio y termina en octubre de cada año.

En la fig. 7 se presenta el número total de fenómenos atmosféricos que alcanzaron la categoría de Huracán, generados en las zonas del Océano Pacífico y Atlántico; incluye el Golfo de México donde se puede ver que el número total generado en el Océano Pacífico (46) es mayor que el del Océano Atlántico (30). También se observa que en los últimos años la presencia de estos fenómenos se ha ido incrementando para el Océano Pacífico.

De lo anterior y de la fig. 5, se puede afirmar que la zona que genera mayor número de huracanes, cerca de las costas de México, es la del Istmo de Tehuantepec (fig.4).

Fenómenos atmosféricos que han azotado al estado de Veracruz

Después de haber hecho un análisis de las trayectorias de los fenómenos atmosféricos generados cerca

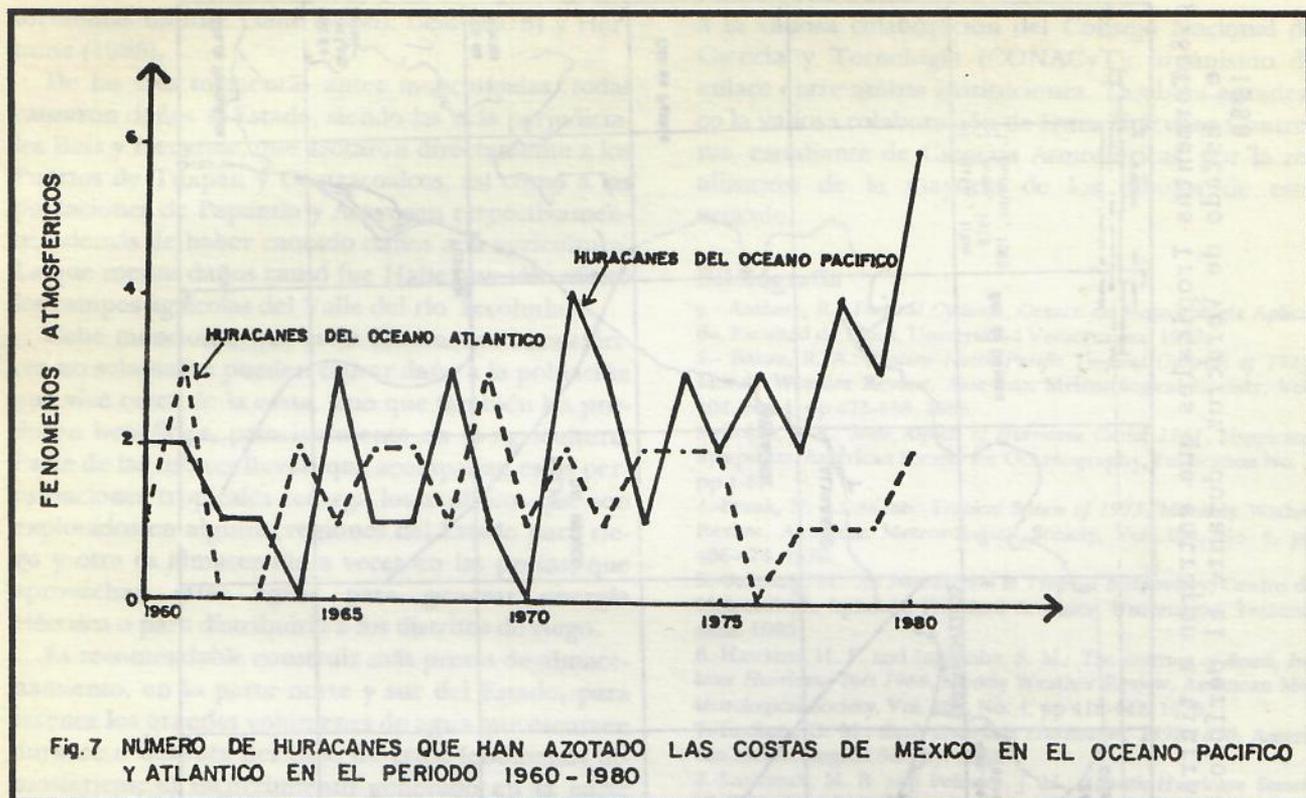
de las costas de México (fig 5), se encontró que un total de 22 entraron a tierra por las costas del Golfo de México de los cuales 15 alcanzaron la categoría de Huracán y 7 de Tormenta Tropical.

Los daños y beneficios que acompañaron a estas Tormentas Tropicales fueron:

a) Halie (1966), entró a tierra en la población de Papantla, aproximadamente a 100 km del Puerto de Tuxpan y a 130 km del Puerto de Veracruz; esta ciudad fue afectada por vientos de 65 km/h y por fuertes aguaceros, que posteriormente originaron inundaciones en los valles cultivables del río Tecolutla; así a los Puertos de Tuxpan y Veracruz sólo los afectó con torrenciales aguaceros, ya que a esa distancia las precipitaciones son del orden del 80% de las más intensas³ (13), pues sus vientos máximos (65 km/h) a esa distancia se habían reducido a un 25%, es decir 15 km/h, velocidad que no causa ningún daño a la población(12).

b) Bess (1978), esta tormenta afectó fuertemente al Puerto de Tuxpan, tanto con sus fuertes vientos (83 km/h) como con sus torrenciales aguaceros, dado que su centro pasó aproximadamente a 20 km de

³ Las precipitaciones más intensas se presentan alrededor de los 80 km del centro de la Tormenta, ver fig. 9.



distancia y posteriormente tocó tierra cerca de la población de Tecolutla, también afectada por sus fuertes vientos y torrenciales aguaceros. Finalmente se disipó en la Sierra Madre Oriental, en cuyas faldas generó fuertes aguaceros que inundaron el Valle del río Tecolutla.

c) Hermine (1980), esta tormenta entró a tierra por la población de Acayucan habiendo causado daño a esta ciudad con sus torrenciales aguaceros y sus fuertes vientos (110 km/h), así como al Puerto de Coatzacoalcos, dado que su centro pasó aproximadamente a unos 45 km de este puerto; en cambio el Puerto de Alvarado, que se encuentra aproximadamente a 110 km. del puerto de incidencia, solamente fue afectado por fuertes aguaceros del orden del 90% de los más intensos generados por la Tormenta.

Cabe mencionar que algunas Tormentas Tropicales y Huracanes a pesar de no haber entrado a tierra por el Estado de Veracruz lo han afectado con sus torrenciales aguaceros cuando pasan próximos a él, esto se presenta en la parte norte y sur del Estado. En la parte norte afectan a las cuencas hidrológicas de los ríos Tecolutla y Tuxpan, los fenómenos atmosféricos que nacen en la zonda de Campeche y Mar Caribe, y que van a tocar tierra en el Puerto de Tampico (especialmente a la zona de Punta Brava).

La parte sur se ve afectada por los fenómenos atmosféricos que nacen en el Istmo de Tehuantepec y que entran a tierra por el Estado de Chiapas; logrando penetrar al Estado a través de la Ventosa, generando torrenciales aguaceros, entre los límites de los Estados de Tabasco, Chiapas y Veracruz, en este último se ve afectada la cuenca del río Coatzacoalcos en su parte alta, lugar apropiado, al igual que las cuencas de los ríos Tecolutla y Tuxpan, para construir presas, para generar energía hidroeléctrica o para aprovechar el agua en la agricultura o acuacultura (11).

Conclusiones y recomendaciones

Después de haber realizado el análisis de la frecuencia con que han azotado los fenómenos atmosféricos, generados cerca de las costas de la República Mexicana, al Estado de Veracruz, durante el período comprendido entre 1960 y 1980, se puede afirmar que a pesar de su gran extensión a lo largo de las costas del Golfo de México, Veracruz no ha sido afectado, en las últimas décadas, por ninguna perturbación atmosférica que haya alcanzado la categoría de huracán, pues sólo han entrado a tierra por este Estado tres perturbaciones atmosféricas que alcanzaron la categoría de Tormenta Tropical; dichas

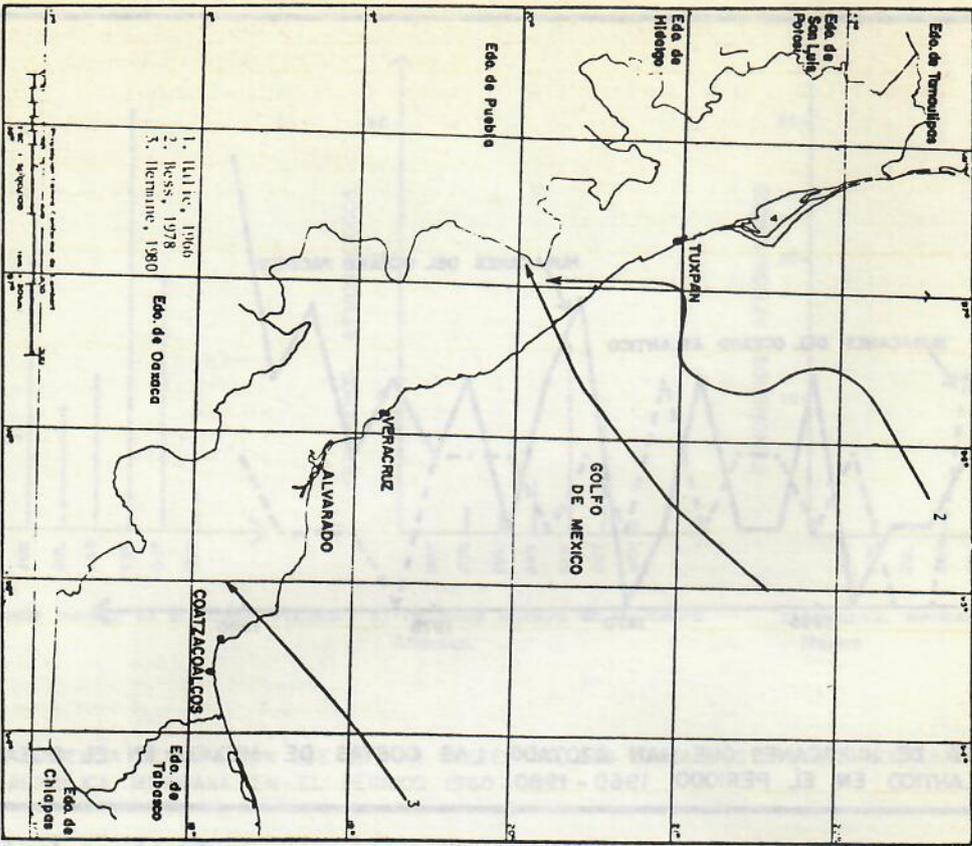


Fig. 8. Tormentas Tropicales que entraron a tierra por el Estado de Veracruz, durante el período 1960-1980.

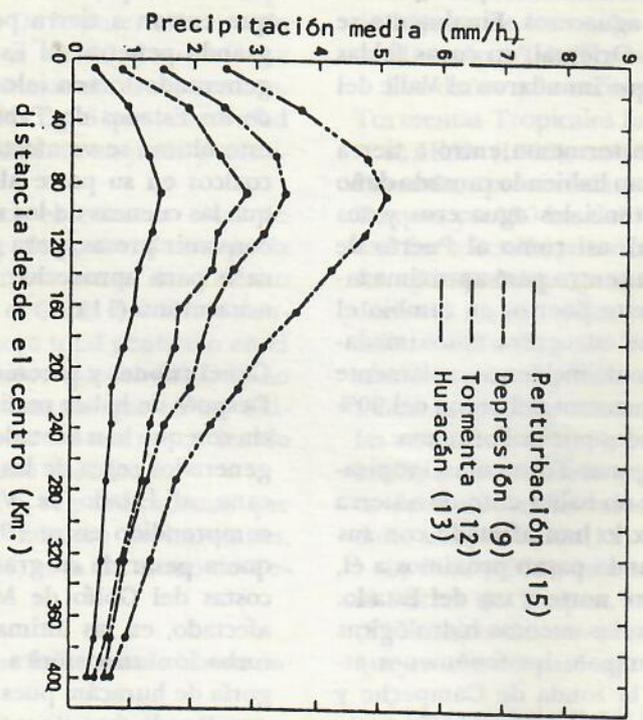


Fig. 9. Precipitación media generada por los huracanes en sus etapas de desarrollo, en función de la distancia radial, desde el centro de la tormenta.

tormentas fueron: Halie (1966), Bess (1978) y Hermine (1980).

De las tres tormentas antes mencionadas, todas causaron daños al Estado, siendo las más perjudiciales Bess y Hermine, que azotaron directamente a los Puertos de Tuxpan y Coatzacoalcos, así como a las poblaciones de Papantla y Acayucan respectivamente, además de haber causado daños a la agricultura. La que menos daños causó fue Halie que sólo afectó los campos agrícolas del Valle del río Tecolutla.

Cabe mencionar que estos fenómenos atmosféricos no solamente pueden causar daño a la población que vive cerca de la costa, sino que también les producen beneficios, principalmente en la agricultura. Parte de las fuertes lluvias que acompañan estas perturbaciones tropicales recarga los acuíferos que son explotados en algunas regiones del Estado para riego y otra es almacenada a veces en las presas, que aprovechan estas aguas para generar energía eléctrica o para distribuirla a los distritos de riego.

Es recomendable construir más presas de almacenamiento, en la parte norte y sur del Estado, para retener los grandes volúmenes de agua que escurren durante o después del paso de estos fenómenos atmosféricos; el escurrimiento generado en la parte norte (cuencas del río Tecolutla y río Tuxpan) se debe al paso de estos fenómenos al ir a tocar tierra, en gran número, al Estado de Tampico. En la parte sur se debe a los que entran a tierra por el Estado de Chiapas y llegan al Estado de Veracruz a través de la Ventosa donde generan torrenciales aguaceros sobre la parte alta de la Cuenca del río Coatzacoalcos, así como sobre los Estados de Tabasco y Chiapas. Cabe mencionar que esta es la parte más lluviosa del país.

Finalmente se recomienda realizar un estudio similar a éste sobre los nortes, ya que estos fenómenos atmosféricos llegan a generar vientos hasta de 120 km/h, los cuales impiden la circulación aérea y marítima.

Agradecimientos

La realización de este trabajo fue posible gracias al patrocinio de la Organización de Estados Americanos (O.E.A.) y la Universidad Veracruzana, así como

a la valiosa colaboración del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), organismo de enlace entre ambas Instituciones. También agradezco la valiosa colaboración de Irma Zitácuaro Contreras, estudiante de Ciencias Atmosféricas, por la realización de la mayoría de los dibujos de este artículo.

Bibliografía

- 1.- Anthers, R.: *Tropical Cyclones*, Centro de Meteorología Aplicada, Facultad de Física, Universidad Veracruzana. 1979.
- 2.- Baum, R. A.: *Eastern North Pacific Tropical Cyclones of 1975*, Monthly Weather Review, American Meteorological Society, Vol. 104, No. 4, pp 475-488. 1986.
- 3.-Colon, J. A.: *Some Aspects of Hurricane Carla, 1961*, Hurricane Symposium, American Society for Oceanography, Publication No. 1 pp 1-33.
- 4.-Frank, N. L.: *Atlantic Tropical System of 1975*, Monthly Weather Review, American Meteorological Society, Vol. 104, No. 4, pp 466-474. 1976.
- 5.-Garstang, M.: *An Introduction to Tropical Meteorology*, Centro de Meteorología Aplicada, Facultad de Física, Universidad Veracruzana. 1980.
- 6.-Hawkins, H. F. and Imbembo, S. M.: *The structure of Small, Intense Hurricane Inés 1966*, Monthly Weather Review, American Meteorological Society, Vol. 104, No. 4, pp 418-442. 1976.
- 7.-Ludlum, D. M.: *Early American Hurricanes, 1492-1870*, American Meteorological Society. 1963.
- 8.-Lawrence, M. B. and Pelissier, J. M.: *Atlantic Hurricane Season of 1980*, Monthly Weather Review, American Meteorological Society, Vol. 109, No. 7, pp 1567-1582. 1981.
- 10.-Petterssen, S.: *Introducción a la Meteorología*. Espasa Calpes, S. A., 5a. edición. 1976.
- 11.-Pereyra, D.D.: *Recursos hidráulicos del Estado de Veracruz*, Cap. 6, del tratado: *Aspectos físicos y recursos naturales del Estado de Veracruz*, Universidad Veracruzana. 1986.
- 12.-Pereyra, D.D. y otros: *Frecuencia con que azotan los huracanes a los Puertos de Alvarado y Veracruz, México*, Centro de Meteorología Aplicada, Facultad de Física, Universidad Veracruzana. 1986.
- 13.-Rodgers, E. B., and Adler, R. F.: *Tropical Cyclone Rainfall Characteristic as Determined from a Satellite Passive Microwave Radiometer*. Monthly Weather Review, American Meteorological Society, Vol. 109, No. 3, pp 506-521. 1981.
- 14.-Serra S.: *Hurricanes and Tropical Storm of the West Coast of Mexico*. Monthly Weather Review, American Meteorological Society, Vol. 99, No. 4 pp 302-308. 1971.
- 15.-S.A.R.H.: *Traectorias Ciclónicas 1960-1980*. Servicio Meteorológico Nacional. 1981.
- 16.-UNESCO: *Annual Summary of Information on Natural Disasters*. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Paris. 1966.
- 17.-UNESCO: *Annual Summary of Information on Natural Disasters*, 1970, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Paris. 1972.

QUIENES SOMOS Y QUE HACEMOS RECURSOS NATURALES (RN)

Ramiro Rodríguez Castillo

El ahora Departamento, originalmente Area, de Recursos Naturales, surge a mediados de 1985 como una necesidad de aglutinar a aquéllos que de alguna manera vinculaban su quehacer científico con los recursos naturales. Inicialmente se integra a este colectivo académico a miembros de lo que fueron, hasta 1984, los grupos de Exploración Geofísica y Percepción Remota, los cuales contaban en ese entonces con 3 investigadores y 2 técnicos. Posteriormente se incorporan a él investigadores y técnicos que no poseían una exacta definición grupal o que no se enmarcaban, del todo, en otros grupos de trabajo; así es como se comprometen con esta idea: personal de gravimetría, geodesia y flujo térmico.

El Departamento de RN postula como objetivos el implementar y desarrollar métodos y técnicas que permitan definir y simular recursos naturales y/o fenómenos geológicos o geofísicos de interés, incidir en investigaciones de frontera y/o aplicada que amplíen el marco teórico que controla la fenomenología asociada a recursos naturales y el conocimiento de sus entes de estudio.

Actualmente RN cuenta con 5 investigadores y 18 técnicos académicos, 6 de los cuales, si bien tienen esta categoría laboral, desarrollan actividades de investigación o encabezan grupos de trabajo. De los investigadores 2 son titulares y el resto asociados, mientras que de los técnicos 5 son titulares.

La estructura de RN se fue dando de manera natural, quedando constituido por secciones y éstas, a su vez, por grupos de trabajo. A la fecha lo forman 3 secciones: Aguas Subterráneas, Exploración Geofísica y la recién redefinida Sección de Servicios de Percepción Remota.

La única sección que ha podido definir grupos de trabajo es la de Aguas Subterráneas, la cual posee cuatro de ellos: Geología, Hidrogeofísica, Hidrogeología e Isotopía Hidrológica.

La definición y postulación de un Departamento de Investigación tiene, necesariamente, que darse en términos de las actividades de investigación que se desarrollan o se piensan desarrollar; así, RN se

define y adquiere razón de ser y de existir por las líneas de investigación que los miembros de RN son capaces de establecer y personalizar. Las principales líneas vigentes son:

- i) Evaluación de sistemas acuíferos.
- ii) Monitoreo geofísico de rellenos sanitarios.
- iii) Contaminación de formaciones acuíferas.
- iv) Procesamiento e interpretación de datos de campos potenciales.
- v) Prospección sísmica de aguas subterráneas.
- vi) Prospección y evaluación de recursos del subsuelo.
- vii) Estudio de manantiales y zonas geotérmicas.

Estas líneas de investigación se han venido retroalimentando y ampliando sus perspectivas científicas con el desarrollo de los diferentes proyectos que se han tenido o tienen en proceso.

La investigación de recursos naturales (minería, petróleo, aguas subterráneas, geotermia) desde la particular óptica de la Geofísica con la vinculación de áreas científicas como la química, modelación matemática y computacional, geología, isotopía e hidráulica, amplía el campo de impacto social y científico de los resultados. El carácter eminentemente multidisciplinario propicia la interacción con otros grupos e incluso con otras instituciones.

Los estudios específicos de recursos naturales, concretamente el agua subterránea, conllevan además, para los grupos ejecutantes, una gran responsabilidad ya que puede darse una pronta implementación de los resultados o hipótesis obtenidas, la cual se traduce en inversiones cuantiosas, no sólo para la verificación de los datos sino para su explotación, la cual genera en su entorno toda una infraestructura social y económica.

La Sección de Aguas Subterráneas (AS) se ha comprometido con el estudio del agua subterránea no sólo como recurso, sino también como fenómeno, logrando definir una metodología para ese fin. El proceso de estudio no se puede considerar del todo establecido, ya que éste depende en buena medida del marco geológico.

AS no sólo se ha dedicado a la prospección, exploración y evaluación de sistemas acuíferos en zonas áridas del país, en donde la presencia del agua es vital, sino también a investigar métodos de monitoreo y detección de plumas contaminantes, principalmente las asociadas a lixiviados provenientes de basureros, no únicamente urbanos sino también se ha diseñado y construido equipo (sondas piezométricas, térmicas y de flujo vertical).

AS lleva a cabo investigaciones sobre fenómenos relacionados con la presencia, movilidad y calidad del agua subterránea y también sobre métodos de prospección geofísica como los eléctricos, cuyos resultados pueden extenderse a otros recursos.

En Exploración Geofísica se trabaja principalmente con métodos potenciales (gravimetría y magnetometría) y se contempla, a corto plazo, la aplicación de sismica de refracción para la detección de recursos naturales.

La Sección de Servicios de Percepción Remota se ocupa del análisis de imágenes de satélite, del mane-

jo de las mismas y generación e implementación de *software* para tal fin.

RN ha realizado importantes investigaciones que han sido consideradas piloto por el ámbito hidrogeológico nacional. Uno de los proyectos más ambiciosos en los que RN, particularmente AS participa, es *Aquifer Development*, cuyo sujeto de estudio es el sistema acuífero de la Cuenca de México, proyecto planificado para una duración de 3-4 años, con la colaboración de la Universidad de Waterloo.

La participación de RN en la docencia se refleja en los cursos de licenciatura y posgrado en que su personal participa. Dos de las opciones del Posgrado en Geofísica que el IGF alberga, están vinculadas con RN (Aguas Subterráneas y Exploración). Dado que el agua es una necesidad humana (por no decir nacional) y que los métodos que mayormente se aplican en su detección son los eléctricos, AS es uno de los grupos que más cursos de capacitación y/o intensivos imparte a solicitud de universidades nacionales y latinoamericanas.

UNION GEOFISICA MEXICANA REUNION ANUAL 1988

La reunión anual 1988 de la Unión Geofísica Mexicana se llevará a cabo en la Ciudad de Colima del 7 al 11 de noviembre bajo la hospitalidad de la Universidad de Colima y el Instituto Oceanológico de Manzanillo.

La fecha límite para la recepción de resúmenes será el 15 de agosto de 1988. Estos deberán ser breves, de una longitud no mayor de 300 palabras, escritos a máquina con cinta nueva para facilitar su reproducción (y en un formato de 14 x 16 cm), los resúmenes deberán estar preferentemente en español pero podrán aceptarse también en inglés. Deberá incluirse junto con el nombre de los autores la filiación completa de cada uno de ellos, subrayar al ponente tentativo, e indicar quien será el responsable de la correspondencia pertinente. Si se prefiere presentación en cartelón, favor de especificarlo. Los tópicos a tratar serán agrupados conforme a las secciones de la Unión: Aeronomía y Espacio Exterior, Exploración Geofísica, Geofísica de Tierra Sólida, Física de la Atmósfera y Oceanografía e Hidrología.

Se planea organizar un simposio sobre el Volcán de Colima. Sin embargo, cualquier interesado en que se trate algún otro tema específico en sesión especial o en mesa redonda, debate, etc., favor de en-

viar su propuesta por escrito a la dirección arriba indicada, antes del 15 de julio o entregarlo personalmente a cualquier miembro de la Mesa Directiva.

La Ciudad de Colima por su posición geográfica se encuentra en una zona de especial interés geofísico. Está comunicada por carretera y ferrocarril hacia diversas ciudades de la República y cuenta también con servicios aéreos desde las Ciudades de México, Guadalajara y Tijuana. A través de la Unión se obtendrán tarifas especiales en los hoteles y servicios turísticos de la localidad. Se tiene pensado organizar al menos una visita hacia la zona del Volcán de Colima, dependiendo del interés de los participantes.

Si desea obtener mayor información favor de comunicarse a la dirección arriba indicada o telefónicamente con:

Dr. José Fco. Valdés
Secretario General, UGM
Tel. (5) 548-10-79

Favor de adjuntar la cantidad de \$ 15,000.00 (Quince mil pesos MN) o \$ EUA 10.00 (diez dólares) con cada resumen enviado, a fin de cubrir gastos de impresión. Los cheques deberán hacerse pagaderos a: Unión Geofísica Mexicana, A.C.

UNION GEOFISICA MEXICANA

Apto. Postal 142-024
16100 México, D.F.

2a. Circular, Julio
Convocatoria

Reunión Anual 1988

Casa de la Cultura

Colima, Col. 7 al 11 de noviembre

I. Resúmenes

Se recuerda a todos los interesados que la fecha límite para la recepción de resúmenes será el próximo 30 de agosto. Estos deberán ser breves, de una longitud no mayor de 300 palabras, escritos a máquina con cinta nueva para facilitar su reproducción (y en un formato de 14 x 16 cm). Los resúmenes deberán estar preferentemente en español pero podrán aceptarse en inglés. Deberá incluirse junto con el nombre de los autores la filiación completa de cada uno de ellos, subrayar el ponente tentativo, e indicar quién será el responsable de la correspondencia pertinente. Si se prefiere presentación en cartelón, favor de especificarlo. Los tópicos a tratar serán agrupados conforme a las secciones de la Unión: Aeromería y Espacio Exterior, Exploración Geofísica, Geofísica de la Tierra Sólida, Física de la Atmósfera y Oceanografía e Hidrología. Se anexa un marco con las dimensiones adecuadas.

Dentro de la reunión se han planeado simposios especiales sobre el Volcán de Colima, Archipiélago Revillagigedo, Geofísica y Programas de Protección Civil, Lagunas Costeras y uno más sobre el Golfo de México. Estos se realizarán siempre y cuando exista suficiente número de trabajos en cada uno de ellos. Solicitamos a los interesados que piensen que su trabajo pertenece a alguno de estos temas lo indiquen claramente en el respectivo resumen.

Los resúmenes deberán ser enviados a la dirección arriba indicada o entregados personalmente en el Departamento de Física Espacial del Instituto de Geofísica, UNAM.

Favor de adjuntar la cantidad de \$15,00.00 (quince mil pesos M.N.) o \$10.00 EUA (diez dólares) con cada resumen enviado, a fin de cubrir los gastos de impresión. Los cheques deberán hacerse pagaderos a: Unión Geofísica Mexicana, A.C.

II. Cuotas de inscripción

Independientemente del costo de producción de los resúmenes, las cuotas de inscripción para los participantes en la Reunión Anual han sido fijadas conforme a la siguiente tabla:

	Miembros al corriente en sus cuotas	No miembros
del 1º de octubre	\$50,000 M.N.	\$85,000 M.N.
en adelante	ó \$25.00 EUA	ó \$45.00 EUA
Antes del 30 de	\$35,000 M.N.	No hay descuento
septiembre	ó \$18.00 EUA	

Las cuotas de inscripción además de proporcionar el derecho a la participación de las sesiones incluyen un boleto para cada uno de los eventos sociales de la Reunión y el derecho a recibir las Memorias, que habrán de publicarse en los primeros meses de 1989.

Los estudiantes pagarán la mitad de los costos en cada caso.

Para los acompañantes no participantes la cuota será de \$20,000.

Cabe hacer notar que se han fijado importantes descuentos para los miembros de la UGM que se inscriban antes del 30 de septiembre. Los miembros reciben además las revistas GEOS y Geofísica Internacional. Quienes no estén al corriente en sus cuotas pueden utilizar la forma anexa para regularizarse pagando sólo la cuota correspondiente a 1988.

III. Hospedaje y transportación

La semana en que se celebrará la Reunión Anual coincide con la Feria de Colima, esto si bien proporcionará entretenimientos para los participantes al final de las sesiones, también puede representar problemas de hospedaje si no se reserva con anticipación. A continuación enlistamos algunos hoteles de Colima y sus números telefónicos:

Cercanos a la Casa de la Cultura

Hotel Ma. Isabel ****	Tels:	262-62 y 264-64
Hotel Candiles ***		232-12
Hotel Villa del Rey ***		229-17
Hotel Costeño ***		219-00

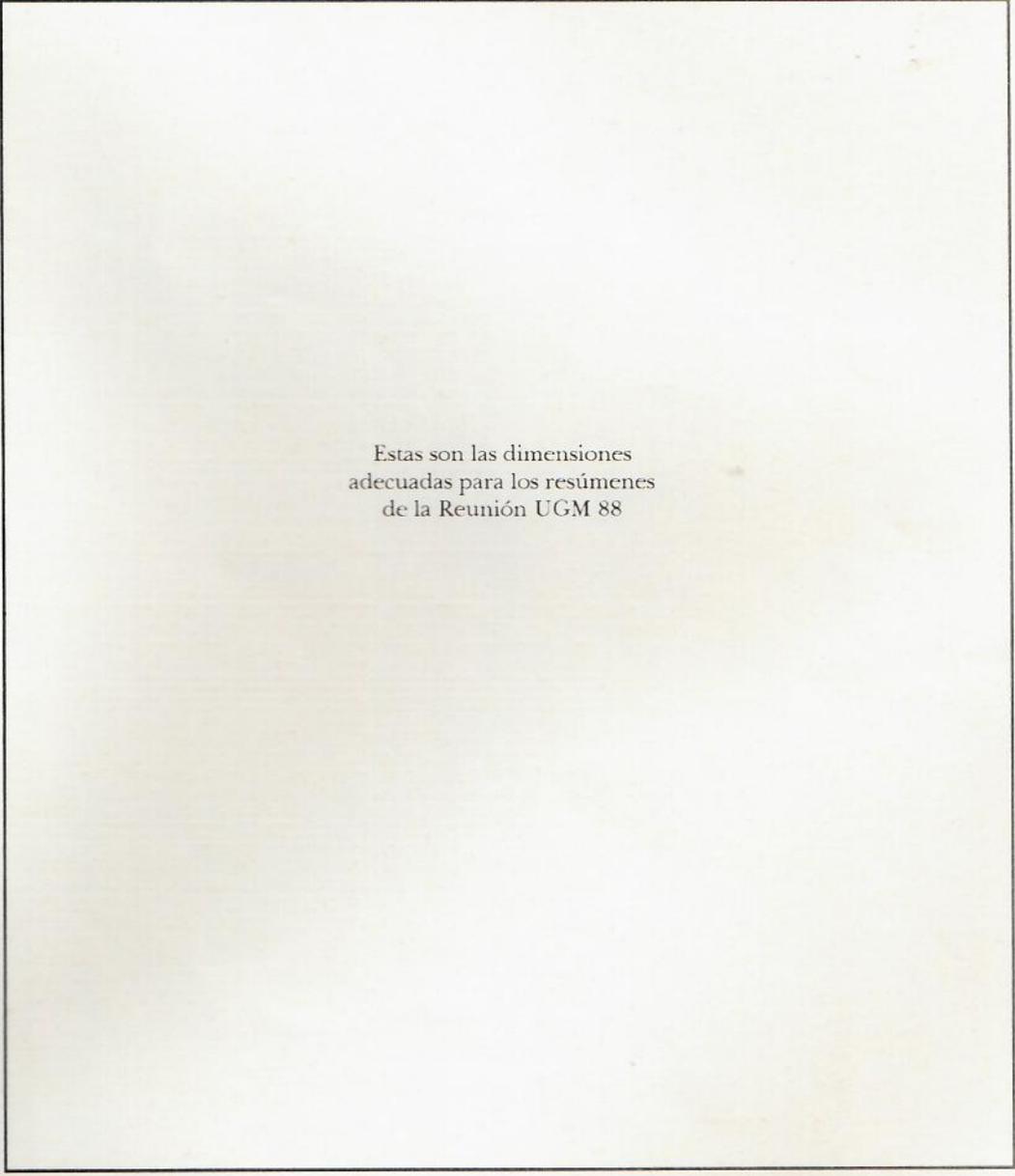
Zona Centro

Hotel América ****		203-66 y 295-96
Hotel Ceballos **		213-54 y 403-88

Colima se encuentra conectado por vía aérea a las ciudades de Guadalajara, La Paz y Tijuana. El aeropuerto de Manzanillo recibe múltiples vuelos nacionales e internacionales y se encuentra a 2 hrs. de la Cd. De Colima en automóvil. La UGM proporcionará a los participantes de la Reunión un servicio diario en autobús desde o hacia el aeropuerto de Manzanillo.

Por vía terrestre, además de los servicios comunes, existe un nuevo servicio de ferrocarril desde la Cd. de Guadalajara denominado "El Colimense", que realiza el trayecto en poco más de 5 hrs.

EL COMITE ORGANIZADOR



Estas son las dimensiones
adecuadas para los resúmenes
de la Reunión UGM 88

