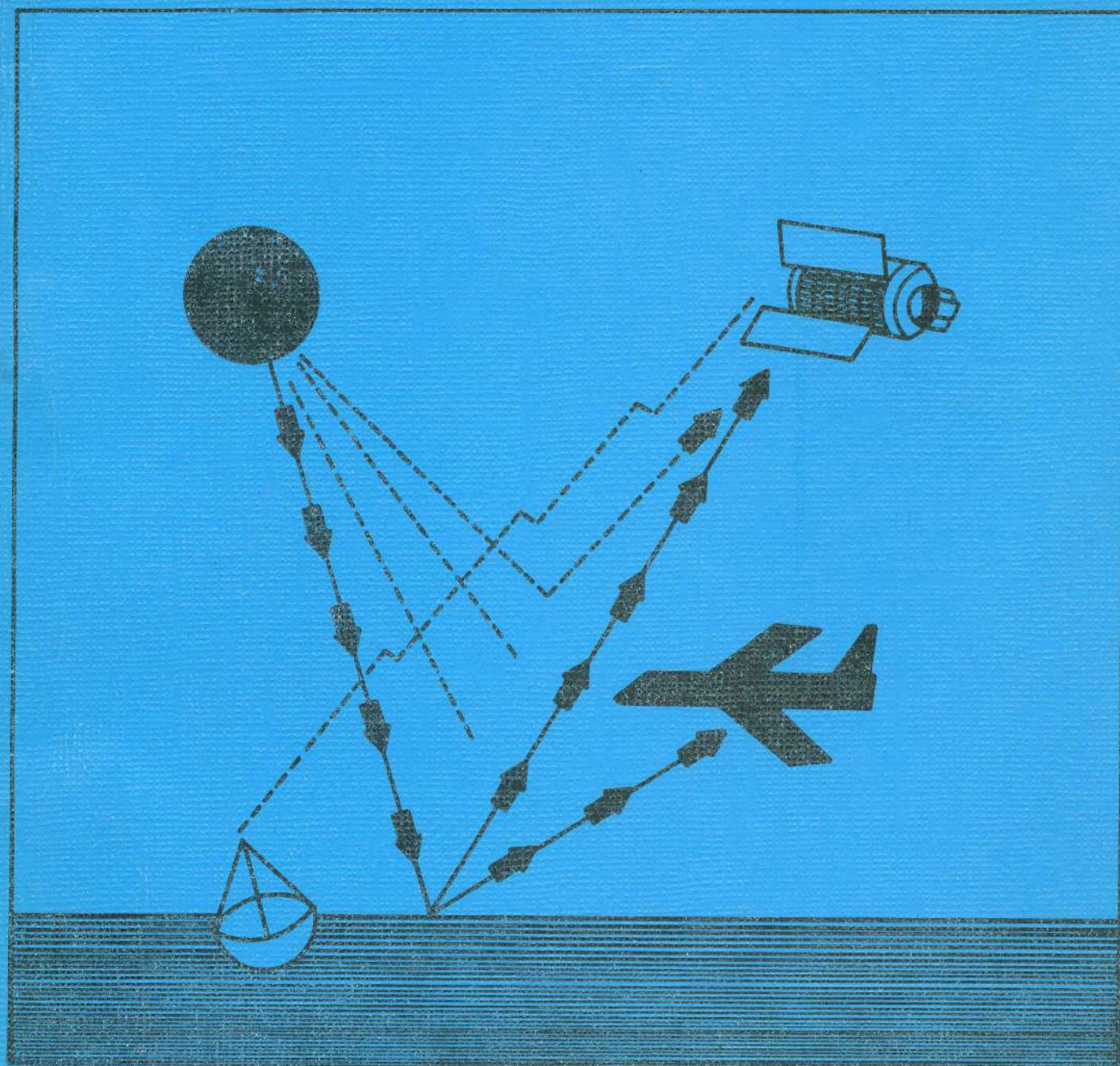


GEOS

boletín, época II
UNION GEOFISICA MEXICANA



GEOS

Órgano Informativo de la Unión Geofísica Mexicana
(ISSN 0186 - 1891)

Editor: Silvia Bravo

Colaboradores: Juan Manuel Espíndola
Francisco Medina
Adolfo Orozco

Apoyo Técnico: Felisa Santiago
Leticia Elizalde

Portada: Selma Campos
Impresión: José Ruiz

UNION GEOFISICA MEXICANA* Mesa Directiva

Presidente: Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi
Vicepresidente: Dr. David Terrell
Secretario General: Dr. Mario Martínez
Tesorero: Dr. Javier Otaola

Secretarios:

Investigación: Dr. Luis Munguía
Docencia: Dr. René Chávez
Difusión: Dr. José Valdés

Vocales:

Noroeste: M. en C. Javier González
Noreste: Dr. Juan Berlanga
Centro: Dr. Luis Delgado

Patrocinadores:

Instituto de Geofísica, UNAM; Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM;
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); Secretaría de Educación Pública (SEP); Coordinación de la Investigación Científica, UNAM

Tiraje de 500 ejemplares

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

GEOS se imprime con ayuda del Instituto de Geofísica
y de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

EDITORIAL	2
ARTICULOS	
RESMAC 1986	3
Alejandro Nava P.	
La Teoría del Clima y los Satélites	9
René Garduño y Julián Adem	
Términos Geológicos: Un Problema a Resolver	19
Jesús Uribe Luna	
Vulcanólogos, Periodistas y Público Local Afectado:	
Un Relato de Dos Crisis en el Este del Caribe	21
Richard S. Fiske	
El Halley Ayer y Hoy	28
Héctor Pérez de Tejada	
Geofísica Para Poetas (IV)	31
Jaime Urrutia	
El Ozono y su Crisis	34
Carlos Gay	
Geofísica: ¿Ciencia o Técnica?	39
Silvia Bravo	
De Sismos Históricos Mexicanos: Los Temblores del	
28 de Marzo al 3 de Abril de 1787	43
Gerardo Suárez	
Urano: El Gigante Aguamarina	45
José Valdés	
NUESTROS GEOFISICOS	
Don Carlos de Sigüenza	49
Adolfo Orozco	
RESUMENES	51
INFORMACION Y NOTICIAS	52

* * * *

Todas las comunicaciones y contribuciones a GEOS, favor de enviarlas a:

GEOS, Apartado Postal No. 142-024
México D.F. 16100. México

EDITORIAL

Ser el tuerto en el país de los ciegos es muy fácil. En un país como el nuestro en el que los niveles de excelencia están muy poco -si es que acaso- poblados, es fácil caer en la tentación de sentirnos satisfechos con una mediocridad que después de todo nos coloca por encima de los demás. En un país como el nuestro, con un alto grado de analfabetismo y un nivel cultural promedio de tercero de primaria, cualquiera que pueda engarzar cinco o seis frases ya se siente poeta, o por lo menos piensa que puede hacer creer a los demás que lo es.

La ciencia, lamentablemente, no está excluida de este patrón. La actividad científica en los países del Tercer Mundo, específicamente en América Latina, tiene mucho de esta tónica de mediocridad recubierta de espuma para dar la apariencia de verdadero profesionalismo a un público que consideramos incapaz de juzgarnos de veras.

Aunque, como toda generalización, la afirmación anterior resulta injusta en algunos casos particulares, no podemos negar que en muchas ocasiones no nos esforzamos lo suficiente en hacer un buen trabajo científico, a conciencia de nuestra falta de cabalidad y con la tranquilidad que da el saber que si bien nosotros somos tuertos, los demás son ciegos.

Si los latinoamericanos fuéramos genéticamente impotentes para realizar el trabajo intelectual y físico que requiere la ciencia bien hecha, mejor haríamos en dedicarnos a la jarana. Pero esto no es verdad y muchos de nosotros hemos probado nuestras fuerzas trabajando con grupos científicos primermundistas y descubierto que podemos hacerlo tan bien y a veces incluso mejor que ellos.

¿Por qué entonces cuando estamos en nuestro país no somos tan exigentes con la calidad y la eficiencia de nuestro trabajo? ¿Es la falta de presupuesto? ¿la escasez de infraestructura? ¿el ambiente de trabajo? ¿la falta de incentivos?... ¿Quién debe hacer algo? ¿ellos? ¿nosotros?

Deberíamos reflexionar un poco sobre esto y buscar soluciones en vez de pretextos; después de todo si tenemos la fortuna de tener dos buenos ojos, es injusto para nosotros mismos el andar por ahí haciéndonos pasar por tuertos.



RESMAC 1986

Alejandro Nava P.*

La Red Sísmica Mexicana de Apertura Continental, RESMAC, es una red de estaciones sísmológicas, cuyos datos digitales son telemetrizados a una base central en el IGF, Ciudad Universitaria, México, D.F., a través de la Red Nacional de Microondas de SCT y líneas telefónicas privadas de TELMEX.

BREVE HISTORIA

La necesidad de que México contase con una red sísmica moderna que permitiera, utilizando las técnicas de electrónica digital más modernas y telemetrización, monitorear eficientemente y con capacidad de respues-

ta inmediata la sismicidad en México, así como obtener registros sísmicos susceptibles de análisis profundos, complementando así la red del Servicio Sísmológico Nacional (SSN), fue reconocida hace unos trece años por el Dr. Cinna Lomnitz, a la sazón jefe de éste.

Un convenio acordado en 1974 entre UNAM (Instituto de Geofísica (IGF) e Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IMAS)), SCT, SOP, SRH, CFE y CONACYT marcó el principio de RESMAC. El diseño de la red comenzó como un proyecto conjunto que aplicaba los conocimientos de vanguardia en electrónica digital y computa-



FIG. 1

* Investigador del Instituto de Geofísica, UNAM.

ción de los investigadores del IIMAS (T. Garza, A. Tubilla, E. Archundia, J. Gil, H. Gómez, E. Pérez, J. Hernández y otros) a las necesidades geofísicas definidas por los del IGF. Después por problemas diversos, RESMAC pasó a pertenecer enteramente al IIMAS, donde empezó a operar en forma preliminar en 1979, y desde entonces ha estado registrando datos de gran valor sísmológico.

Es justo mencionar que RESMAC no podría operar sin el apoyo que le han brindado SCT, para la transmisión de datos, y CONACYT para su financiamiento.

En 1984, RESMAC regresó al IGF oficialmente. El traslado físico se llevó a cabo en mayo de 1986, y tras un tiempo de problemas causados por el cambio, RESMAC se encuentra operando normalmente. El proyecto cuenta actualmente con 2 sísmólogos (C. Lomnitz y A. Nava), 1. lecturista (D. Santamaría), 2. computólogos (S. Cameo y Tan Yi) y 2 electrónicos (J. Valadez y J. Ceja); aquí se puede hacer notar, que un proyecto de la magnitud de éste requiere, para una operación óptima, de recursos materiales y humanos mucho mayores, y es un enorme esfuerzo el que su personal técnico debe hacer para lograr que RESMAC pueda operar regularmente.

CONFIGURACION

Actualmente RESMAC tiene estaciones en el centro y sur del país, estas estaciones se indican como triángulos en la figura 1. Aunque la distribución actual no es óptima, RESMAC tiene actualmente la capacidad para registrar la mayor parte de los sismos con magnitudes de Richter mayores de 3.5 ocurridos en la parte mexicana de la Trinchera Mesoamericana.

Cada estación de RESMAC consta de sísmómetros (sensores) y una "estación T" que es un aparato que amplifica, filtra, digitaliza y modula la señal de los sísmómetros; y la entrega a la Red Nacional de Microondas que la transmite hasta la Ciudad de México. La estación T está diseñada para trabajar con las señales de tres sísmómetros, 1 de periodo corto (frecuencia natural de 1Hz) muestreado 36 veces cada segundo y tres (vertical y dos horizontales) de periodo largo muestreados 4 veces cada segundo. En la actualidad sólo la estación MEX (C.U., México, D.F.) opera tres periodos largos.

Además de las estaciones RESMAC propiamente dichas, el sistema recibe la información de tres estaciones de la red SISMEC del Instituto de Ingeniería (II), UNAM. Estas señales son telemetrizadas por radio hasta el II y allí son digitalizadas y enviadas al IGF. Estas estaciones, III, IIT e IIC, aunque de bajo rango dinámico, son muy confiables y han aportado cantidad de valiosos datos a RESMAC.

La señal de las estaciones llega a la unidad central de registro y procesamiento situada en el IGF en Ciudad Universitaria. Allí, es demodulada, decodificada y entregada a una computadora PDP11-40 que guarda los eventos sísmicos. Periódicamente, los eventos registrados son trasladados a otra computadora PDP11-40, en donde son accesibles para su procesamiento rutinario y para todo tipo de análisis especiales.

OPERACION

A diferencia de las redes sísmicas convencionales, RESMAC no pretende registrar todos los eventos, por pequeños que sean que ocurran cerca de alguna de sus estaciones; tratar de hacerlo requeriría una enorme capacidad de memoria. Para que un evento sea registrado por RESMAC necesita ser lo suficientemente grande como para "disparar" tres o más estaciones. Actualmente una estación se dispara cuando el nivel de la señal de entrada aumenta súbitamente hasta rebasar un umbral determinado por el nivel de ruido previo.

En las redes sísmicas convencionales, cada estación registra en sismogramas de papel o de película fotográfica. La información recuperable de estos registros es relativamente poca, y el aplicar procesamiento matemático para enfatizar la señal, eliminar el ruido, estudiar la dispersión, observar en dominio de frecuencias, etc., es difícil o imposible. En cambio, los registros de RESMAC son series de tiempo, almacenadas en la computadora, a las cuales es muy fácil aplicar todo tipo de procesamiento matemático usando la misma computadora. La figura 2 muestra un ejemplo de análisis espectral de la onda P del sismo mostrado en la figura 4.

Todos los procesos que se pueden llevar a cabo usando sismogramas de papel, como de-

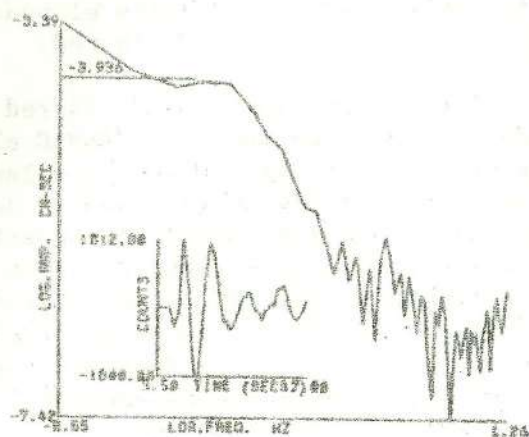


FIG.2

terminar tiempos de arribo de las fases sísmicas, amplitudes máximas de los registros, etc., pueden llevarse a cabo más cómoda y fácilmente en pantalla, ya que en ésta pueden desplegarse varias señales a la vez, y pueden agrandarse, estirarse, etc., a voluntad. Naturalmente, es posible graficar en papel los registros de RESMAC que se deseen tener como sismogramas convencionales, como los que se muestran en las figuras 3 y 4, que ilustran cómo es posible obtener "close-ups" que facilitan la interpretación de las señales, así como el gran rango dinámico de las estaciones de RESMAC (en este caso ACX).

La definición de los tiempos de arribo y medición de amplitudes se hacen rápidamente en pantalla mediante cursores, y las cantidades leídas quedan guardadas en disco, de donde son tomadas por los programas de localización, magnitudes, etc., los cuales, a su vez, escriben sus resultados a disco. Finalmente, un programa lee, del disco, todos los parámetros determinados rutinariamente y produce a partir de ellos un boletín.

El mapa mostrado en la figura 1 es tomado de uno de estos boletines. En él se muestran los epicentros de la sismicidad local y regional y los telesismos se representan como rayas, cercanas al margen, que indican la dirección de la cual llegaron las ondas y, si fue posible determinarla, la distancia aproximada (en grados) al epicentro.

Hasta el año pasado el boletín de RESMAC era distribuido a observatorios sismológicos, universidades y organismos oficiales encargados de estudiar sismología y riesgo, del mundo entero. Los datos aportados por este boletín eran usados y reportados regularmente por centros geofísicos internacionales. Ahora el IGF decidió incluir los datos de RESMAC en el boletín del SSN, también de amplia difusión internacional, y publicar solamente éste.

Una vez terminado el procesamiento de rutina, los eventos registrados son guardados en

FIG.3

7 JUL 85 23:57:22 HRS

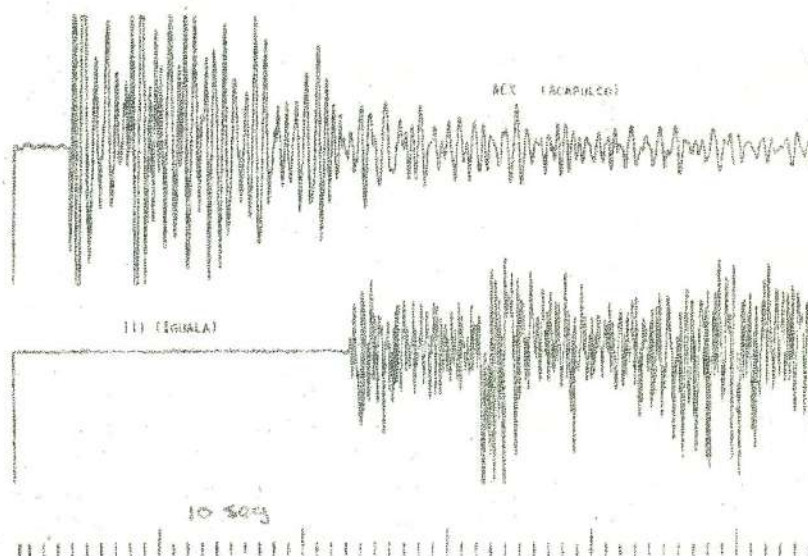
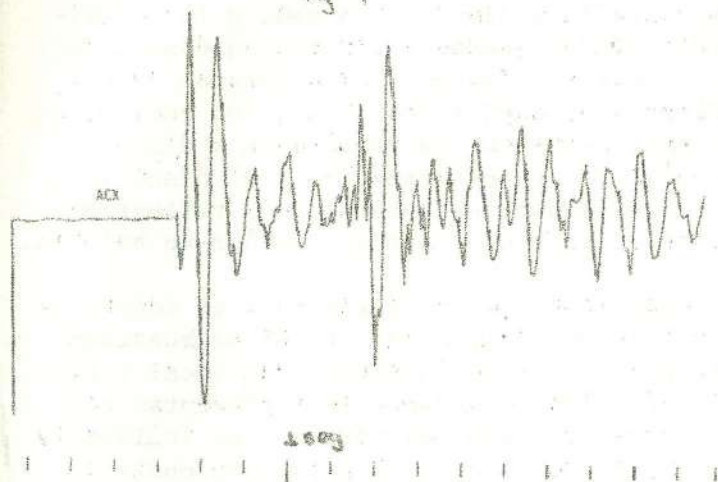


Fig. 4



cinta magnética, junto con su localización, magnitud, etc., de donde pueden ser bajados a la computadora cada vez que se desee estudiarlos.

A la fecha, RESMAC ha registrado MILES de sismos. Estos registros, los programas para su manejo y varios programas para procesamiento de datos sísmicos, están a la disposición de cualquier persona interesada en trabajar con ellos. Estos registros son una veta casi inexplorada de valiosa información sismológica.

PROBLEMAS

Aunque RESMAC ha tenido grandes logros, también ha tenido, y tiene, graves problemas. Algunos de ellos se mencionan a continuación.

Falta de recursos y apoyo. Por razones varias, entre ellas la crisis económica por la que atraviesa el país, RESMAC se ha encontrado, ocasionalmente, sin presupuesto para reparar estaciones, comprar repuestos, etc. Tres estaciones tenían problemas, pero no se habían ido a reparar, por falta de medios, en septiembre de 1985.

Distribución geográfica de las estaciones y transmisión de datos. Como se puede apreciar en la figura, las estaciones de RESMAC cubren solamente la región centro y sur de México. La gran separación entre estaciones hace que no estén monitoreados adecuadamente los extremos noroeste y sureste de esta región. Para lograr un monitoreo adecuado de

la sismicidad de México, RESMAC necesita un número mucho mayor de estaciones, distribuidas de tal manera que se optimice el poder de detección y localización de la red.

Desgraciadamente, por depender de la red de microondas, no está en manos de RESMAC el resolver estos problemas. Desde hace largo tiempo se ha solicitado un gran número de canales para el establecimiento de nuevas estaciones, pero la mayor parte de ellos no ha sido concedida. También la transmisión de los datos, a través de líneas telefónicas privadas, desde la torre de comunicaciones hasta C.U., ha sido fuente constante de fallos y pérdida de información.

En particular se puede mencionar que, por alguna razón (probablemente la Ley de Murphy en acción), dejaron de llevar las señales de las estaciones foráneas de RESMAC que estaban operando el 19 de septiembre de 1985, justo antes de la ocurrencia del terremoto, por lo cual sólo se registraron las señales de la estación instalada en C.U. y de las estaciones de SISMEC que llegan a C.U. por radio.

Es pertinente el señalar aquí que RESMAC ha sido un proyecto de investigación, no un servicio que tenga obligación de registrar todo el tiempo (aunque sí es deseable); los registros de sismos pequeños y medianos pueden ser tan o más valiosos que los de un sismo muy grande (probablemente saturados) para la investigación sismológica.

Desgraciadamente, la opción de transmitir datos por medio de radios propios no es factible actualmente dados los escasos recursos de personal técnico y de fondos con que se cuenta.

Por otro lado, SCT ha propuesto el uso de canales de los satélites Morelos para la transmisión de datos de RESMAC. Si esto se logra, podrá resolver la mayor parte de estos problemas.

Senectud de las computadoras. Las computadoras PDP11-40 ya tienen un gran número de años de operación, y por lo tanto presentan problemas a menudo. El mantenimiento es, por la misma razón, incosteable. Por ello se decidió, hace ya algún tiempo, remplazar las computadoras originales por una computadora más moderna y poderosa; para este

fin se compró una computadora MASSCOMP MC500. El cambiar el sistema a la nueva computadora requiere escribir, o adaptar, nueva versión de todos los programas, y no está claro que esto pueda llevarse a cabo antes de que sea necesario discontinuar el servicio de las antiguas computadoras. Además, queda el problema de tener servicio y respaldo para caso de falla en la MASSCOMP.

RESMAC necesita también más periféricos para respaldar y archivar datos y programas, así como facilidades de graficación e impresión. Tal vez algunas de estas necesidades pueden ser, al menos parcialmente, satisfechas mediante la cooperación con el Centro de Cómputo del IGF.

Ruido en las estaciones. Varias de las estaciones de RESMAC se encuentran en lugares con altos niveles de ruido sísmico, por lo que es necesario cambiarlas a lugares más callados. Como la transmisión de los datos es a través de las torres de microondas, y no todas las repetidoras tienen facilidades para la entrada local de señales, una manera de resolver este problema es mediante el uso de enlaces locales de radio, entre la estación de microondas y el lugar donde se instale la estación.

Este proceso, necesario en varias estaciones, está siendo implementado actualmente en dos lugares: la estación que opera en Ciudad Guzman (Jal.) se moverá al Volcán de Nieve, y la estación que actualmente opera en Tapachula (Chis.), donde también está una estación convencional del SSN, se moverá al Volcán Tacaná; estos cambios se están llevando a cabo, como se mencionará más adelante, en cooperación con la Sección de Vulcanología del IGF.

Subutilización. El número de investigaciones llevadas a cabo basándose en datos de RESMAC es muy pequeño, considerando la cantidad de información que éstos contienen. Esto es debido, probablemente, a que no se ha dado la difusión suficiente a las facilidades que existen para que todo investigador interesado use estos datos. Es necesario, una vez solucionados los problemas de falta de confiabilidad del hardware, hacer propaganda, dentro y fuera de México, para el uso de los datos de RESMAC, tanto nuevos como antiguos RESMAC.

POTENCIAL

El potencial de RESMAC, sobre todo considerado como una extensión y modernización del SSN, es enorme; y será muy interesante ver qué caminos sigue RESMAC en el futuro, bajo una nueva dirección. Aparte de sus aplicaciones actuales mencionadas arriba, el sistema RESMAC puede ser utilizado para muchos fines geofísicos, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

Fuente de datos analógicos para el SSN. Es posible, mediante demodulación y transformación digital/análogica de las señales recibidas en la central de RESMAC, obtener señales que podrían ser monitoreadas por el SSN. De esta manera el SSN podría obtener sismogramas convencionales de las estaciones remotas de RESMAC, de manera que sea posible estudiar aún la sismicidad pequeña cercana a ellas; complementando así los registros de RESMAC para sismos de gran magnitud. Además, los sismogramas obtenidos por el SSN constituirían un gran respaldo para el caso de fallas en las computadoras de RESMAC.

Respuesta rápida automática para grandes sismos. Actualmente se está trabajando en RESMAC en el desarrollo e implementación de algoritmos de detección y lectura automática de fases sísmicas, capaces de obtener localizaciones y magnitudes preliminares automáticamente; e inclusive de accionar alarmas para el caso de grandes terremotos.

Complemento de gran rango dinámico para el SSN. El uso de registros de RESMAC permitirá la evaluación de magnitudes para sismos que saturan los registros analógicos convencionales.

Aplicaciones vulcanológicas. Además de ser usadas para el monitoreo sísmico de la actividad volcánica local, las estaciones de RESMAC pueden transmitir otros datos de interés vulcanológico: señales de inclinómetros, medidores de radón, termómetros, extensómetros, etc., para su monitoreo en C.U.. Esta aplicación ya se está implementando en los volcanes de Nieve y Tacaná.

Subredes locales. Mediante el uso de modems y, posiblemente, de minicomputadoras locales, se podrían operar redes (o arreglos) locales de sensores, que serían de gran utilidad para el estudio de microsismicidad local, ré-

plicas de grandes eventos y, posiblemente, verificación nuclear.

Estas son sólo algunas de las posibles aplicaciones de RESMAC; su implementación en caso de ser aprobadas, depende primor-

dialmente de los recursos que puedan dedicarse al desarrollo y mantenimiento de esta red sísmica que, a más de diez años de su inicio, es aún una de las más modernas y avanzadas del mundo entero,

* * * * *

REUNION ANUAL UGM 1987

Para nuestra próxima reunión anual se han superido como sedes las ciudades de Ensenada, Jalapa y Guanajuato. Invitamos a todos nuestros socios a manifestar su preferencia por alguno de estos lugares o a sugerir alguna otra sede donde se sepa que se cuenta con apoyo local. Favor de manifestarnos sus preferencias por escrito, antes del 20 de enero de 1987, dirigidas al: Comité Organizador de la Reunión Anual 1987, Unión Geofísica Mexicana, A.C., Ando. Postal 142-024 México, D.F. 16100, México.



LA TEORIA DEL CLIMA Y LOS SATELITES*

René Carduño** y Julián Adem**

1. INTRODUCCION

La era espacial ha implicado notables ventajas para las ciencias atmosféricas. Los satélites meteorológicos registran gran cantidad de datos que contribuyen a disponer de información oportuna y completa a escala global. Particularmente valiosos son los datos de océanos remotos y zonas despobladas. Por otra parte, los satélites de comunicación permiten concentrar y distribuir en forma expedita las mediciones hechas por diversos medios en todas partes del mundo.

En 1960 se tomaron las primeras fotos de nubosidad por satélite, en 1969 se incorporaron espectrómetros infrarrojos y posteriormente radiómetros. Sin embargo, en cada caso hubieron de pasar algunos años para disponer automáticamente de información consistente y reciente, útil a las ciencias atmosféricas.

La información de satélite fue esencial para transformar la climatología, que ha devenido teoría del clima. En su sentido tradicional la climatología era (básicamente) descriptiva y (a lo más) correlativa. La comprensión científica del sistema climático sólo fue posible con el progreso tecnológico. Aunque sus fundamentos físico-matemáticos eran ya conocidos, la complejidad del problema llevaba a ecuaciones diferenciales que requerían para su solución enormes cálculos y muchísimos datos. Los satélites y las computadoras de gran capacidad y rapidez fueron dos avances indispensables para cerrar el problema de la modelación climática, formar los archivos de datos y resolver las ecuaciones.

* Ponencia presentada en el Simposio sobre Evaluación y Perspectivas de la Era Espacial en México, mayo 1986.

** Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

El Modelo Termodinámico del Clima de Adem es pionero en la teoría del clima. Fue formulado en los años 60s y es uno de los más conocidos a nivel internacional.

Esta ponencia trata de las relaciones entre la teoría del clima y los satélites, principalmente en lo referente al Modelo Termodinámico y algunas de sus aplicaciones.

2. RELACION ENTRE SATELITES Y MODELOS

Los satélites miden las siguientes variables: nubosidad, albedo planetario, radiación solar incidente, radiación de onda larga saliente y radiación neta.

Uno de los problemas fundamentales para usar la información obtenida por satélite consiste en transformar las cantidades observadas a datos meteorológicos útiles.

Podemos considerar que el sistema climático está formado por: la troposfera -que es la capa atmosférica inferior, escenario principal del clima-, la capa superficial térmicamente activa -de 50 ó 100 m de espesor en océano y de unos centímetros en continente- y la criosfera -cubierta parcial de hielo y nieve sobre la superficie-.

Si queremos expresar la información de satélite en términos de otras variables, debemos considerar el sistema climático. Al aplicamos la ley de conservación de energía térmica y, además de usar ciertos resultados empíricos, suponemos conocida la distribución vertical de algunas variables. A continuación postulamos que, a pesar de las distribuciones verticales prescritas, las anomalías horizontales que mide el satélite son -vía balance de energía- reflejo de las temperaturas superficial y troposférica, además de otras variables, y pueden usarse para calcular anomalías de

estas variables con precisión aceptable.

Los datos de satélite pueden usarse para probar qué tan realista es el balance de radiación generado internamente en un modelo climático. La comparación de las observaciones por satélite con los cálculos del modelo puede permitir mejorar la parametrización del balance de radiación usada en el modelo; pero también tiene otro uso posible: mejorar los valores de satélite sugiriendo un ajuste en su calibración.

3. EL MODELO TERMODINAMICO DEL CLIMA

A lo largo de 5 lustros de existencia, el modelo climático de Adem ha sido ampliado y mejorado, y sus aplicaciones se han diversificado.

Su primera versión tuvo la finalidad de reproducir los perfiles latitudinales de los valores normales mensuales de temperatura y viento, incorporando únicamente la radiación y el transporte horizontal turbulento de calor.

Estos trabajos de simulación de las condiciones normales del sistema climático progresaron en varios aspectos: el modelo se volvió bidimensional en el sentido de tratar ya no sólo con perfiles en latitud sino con las dos coordenadas geográficas y una distribución realista de continentes y océanos; además se incorporaron otros mecanismos de calentamiento y transportes como la memoria térmica del océano, la evaporación, la condensación y el flujo vertical de calor sensible; asimismo las retroalimentaciones por nubes y por casquetes helados.

El siguiente paso en la evolución del modelo fue generar adicionalmente al estado normal del sistema, las condiciones de un mes y año particular; es decir, además de reproducir la climatología, predecir las anomalías del clima.

Posteriormente se incorporó el transporte de calor por vientos y formuló un submodelo para predecir temperatura de océano, el cual incluye transportes turbulento y por corrientes.

El modelo se fundamenta en la hipótesis de que a escala de tiempo climática los proce-

sos relevantes son los termodinámicos, a diferencia de la escala meteorológica en que domina la dinámica. Para el clima los procesos dinámicos están subordinados a la termodinámica, en cambio los procesos meteorológicos se consideran adiabáticos.

Estas dos hipótesis extremas son buenas; pero existe una escala intermedia, que va de unos 3 días a unas 2 semanas, en que la dinámica y la termodinámica coexisten con importancia similar. En esta escala la modelación se vuelve muy compleja.

En el Modelo Termodinámico del Clima la ecuación de pronóstico es la Primera Ley de la Termodinámica o ecuación de conservación de la energía térmica, la dinámica entra en el modelo diagnósticamente y se hace uso de parametrizaciones semiempíricas para cerrar el problema.

4. PREDICCIÓN CLIMATICA

Al hablar de pronóstico de condiciones atmosféricas hay que tener presente que el plazo de anticipo es del mismo orden que el periodo de tiempo al cual se aplica. Así, el pronóstico mensual debe entenderse como la predicción, al inicio del mes, de las condiciones medias de ese periodo; de ningún modo se refiere al pronóstico de las condiciones de un día particular con 30 días de anticipo.

Un plazo de un mes o una estación es una escala temporal que puede considerarse de meteorología extendida o también como la escala climática mínima. En estos términos podemos decir que el Modelo Termodinámico ofrece un método objetivo de pronóstico meteorológico a largo plazo, que también puede llamarse pronóstico climático a corto plazo.

El pronóstico climático se hace para anomalías, más que para valores absolutos; es decir, se refiere a las desviaciones que las condiciones del sistema climático presentan en algún mes y año particular respecto a los valores normales de ese mes calendario. Por normal se entiende el promedio en un periodo reciente de muchos años. Por ejemplo, es normal que enero sea un mes muy frío, pero una anomalía positiva en enero de un año particular significa que

ese mes es menos frío de lo normal. Naturalmente la situación real siempre es anómala, la norma es una abstracción.

A fin de cancelar errores sistemáticos en una predicción, el modelo calcula tanto la situación anormal como la situación normal, ambas teóricas, su diferencia es la anomalía que constituye la predicción y que, para evaluación, ha de compararse con la anomalía observada en la realidad.

Aparte de varias normales observadas, para calcular una predicción se requieren 3 anormales observadas en el mes anterior a la predicción, ésta son: las temperaturas del océano y de la troposfera media, y la cubierta de hielo y nieve. Con estos ingredientes el modelo predice varias anomalías, siendo las más significativas las temperaturas de la superficie y de la troposfera, y la precipitación.

En su versión básica el modelo se aplica al Hemisferio Norte; sin embargo, puede particularizarse a áreas de interés más reducidas. Así, se ha refinado y evaluado con múltiples aplicaciones en el territorio de Estados Unidos. Recientemente hemos iniciado aplicaciones al territorio nacional, de lo cual tenemos resultados preliminares.

5. CAMBIOS CLIMATICOS

Las predicciones de que hemos hablado se refieren a fluctuaciones alrededor del promedio denominado clima actual. Estas son las variaciones climáticas a corto plazo. Hay otras a largo plazo, llamadas cambios climáticos y determinan otros climas, distintos del actual.

Los cambios climáticos pueden ser de origen natural o antropogénico. Damos enseguida algunos ejemplos ilustrativos, mencionando sus escalas temporales.

Uno de origen antropogénico es el debido a la industrialización, que altera la composición química de la atmósfera; p.ej. el CO₂ aumenta. Esto ocurre a escala de décadas,

Una causa natural de cambios climáticos es el vulcanismo; que inyecta gas y polvo a la atmósfera. Debido a que este fenómeno puede presentarse y desaparecer a corto plazo (del orden de meses), es posible incluirlo tam-

bién entre las causas de fluctuaciones climáticas.

Otros cambios climáticos de origen natural son los causados por las variaciones de la órbita de la Tierra (del orden de decenas de miles de años) y los debidos a la deriva de los continentes (escala de decenas de millones de años).

El Modelo Termodinámico del Clima también ha sido usado para el estudio de los cambios climáticos. Este problema es diferente al de predicción de fluctuaciones. El estudio de cambios climáticos consiste en hallar la nueva situación de equilibrio inducida por un forzamiento externo; es decir, perturbar al sistema y calcular su relajamiento. La predicción, en cambio, es un problema de condiciones iniciales. En estos términos, debemos entonces pensar que los valores normales también varían y que un cambio climático implica normales nuevas.

El estudio de los cambios del pasado es un diagnóstico o posdicción; es decir, se trata de explicar objetivamente por qué pasó lo que pasó (y lo que pasó lo conocemos por observaciones de la realidad); tal es el caso del paleoclima o edades glaciales.

Para los cambios climáticos hacia el futuro, la idea es diferente. Se trata más bien de estudios de sensibilidad del modelo frente a alteraciones de parámetros aislados. El planteamiento del problema es de este tipo: ¿Cómo sería el clima si el CO₂ se duplicara, permaneciendo invariable todo lo demás? El resultado de este cálculo no es una predicción del clima del año 2030 aún cuando en esa fecha se tuviera el incremento de CO₂ postulado. No lo es porque para entonces no sólo se habrá alterado el CO₂, sino también otros parámetros. Un estudio de sensibilidad no se puede asociar al tiempo real.

Por otro lado, para las condiciones futuras no se tienen observaciones y naturalmente no es posible confrontar los resultados teóricos con la realidad. Lo que se hace es comparar entre sí los resultados de diversos modelos. Sin embargo, estas comparaciones pueden eventualmente ser más concluyentes sobre la certeza de los resultados. De allí que se hagan también estudios de sensibilidad por parámetros básicos con el fin expreso de calibrar los modelos. Para esto se

usa mucho el incremento de 1% en la luminosidad del sol como forzamiento de referencia.

6. DATOS DE SATELITE

Para calcular una predicción mensual el Modelo Termodinámico se inicializa con las siguientes variables:

- a) El albedo de superficie basado en la distribución de hielo y nieve en la última semana del mes previo.
- b) La temperatura de la superficie del mar en el mes previo.
- c) La temperatura de la troposfera media en el mes previo.

Actualmente esta información procede de diversas agencias estadounidenses.

Para las temperaturas de océano y troposfera usamos los datos preparados por NMD-NOAA y para la configuración de la cubierta congelada los datos de NESS-NOAA, basados en observaciones de satélite. Sin embargo, esto sólo ha sido posible en años recientes; la razón es que tuvimos que esperar a que se acumularan observaciones de varios años para determinar los valores normales a partir de los cuales se evalúen las anomalías.

El método de predicción requiere calcular teóricamente tanto el caso anormal como el normal y su diferencia es la anomalía pronosticada. Para este fin necesitamos calcular el caso normal con valores iniciales normales que sean consistentes con los valores iniciales anómalos. De otra manera podemos introducir errores en las anomalías iniciales mismas.

Por lo tanto, para usar datos de satélite en pronóstico climático es necesaria una larga serie de observaciones con las mismas características y calibraciones, de manera que se puedan establecer promedios a largo plazo, los cuales constituyen la climatología básica, que servirá de referencia para las anomalías. Cualquier cambio que afectara la uniformidad de las observaciones introduciría errores en las anomalías. Esta uniformidad implica que cualquier sesgo o error sistemático aparecerá también en las normales, de modo que se cancela al determinar las anomalías. Por consiguiente, es permisible a las observaciones tener

errores de este tipo, aún de tamaño similar o mayor que las anomalías.

Los datos de distribución de hielo y nieve de NESS-NOAA están disponibles por semanas y con resolución de 3 categorías de reflectividad. Esta información es confiable desde 1974 ó 1976.

En años recientes hemos usado la información de la temperatura superficial del mar preparada por NMC-NOAA a partir de observaciones de barcos, boyas y satélites. Dado que las anomalías de esta temperatura son pequeñas comparadas con sus normales, es particularmente importante tener para ella normales consistentes.

7. ILUSTRACIONES

Para terminar, mostramos algunos resultados ilustrativos del Modelo Termodinámico del Clima. Ver figuras en las hojas siguientes.

8. REFERENCIAS

- Adem, J., 1964. On the physical basis for the numerical prediction of monthly and seasonal temperatures in the troposphere-ocean-continent system. *Mon. Weather Rev.*, 92, 91-104.
- Adem, J., 1970. On the prediction of mean ocean temperatures. *Tellus*, 22: 410-430.
- Adem, J. and W.L. Donn, 1981a. Comparison of the earth-atmosphere radiation budget and albedo determined by a climate model and by satellite observations. *Proceedings of the Fifth Annual Climate and Diagnostic Workshop*, PB81-222200, CAC, NOAA, Washington D.C. p. 319.
- Adem, J. and W.L. Donn, 1981b. Progress in climate forecasting with a physical model. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 62: 1666-1675.
- Adem, J., R. Garduño y M. Giral. 1985. Aplicación del Modelo Termodinámico a la predicción climática sobre el territorio nacional. *Memorias de la Reunión UGM en Oaxaca, Oax.*

* * * * *

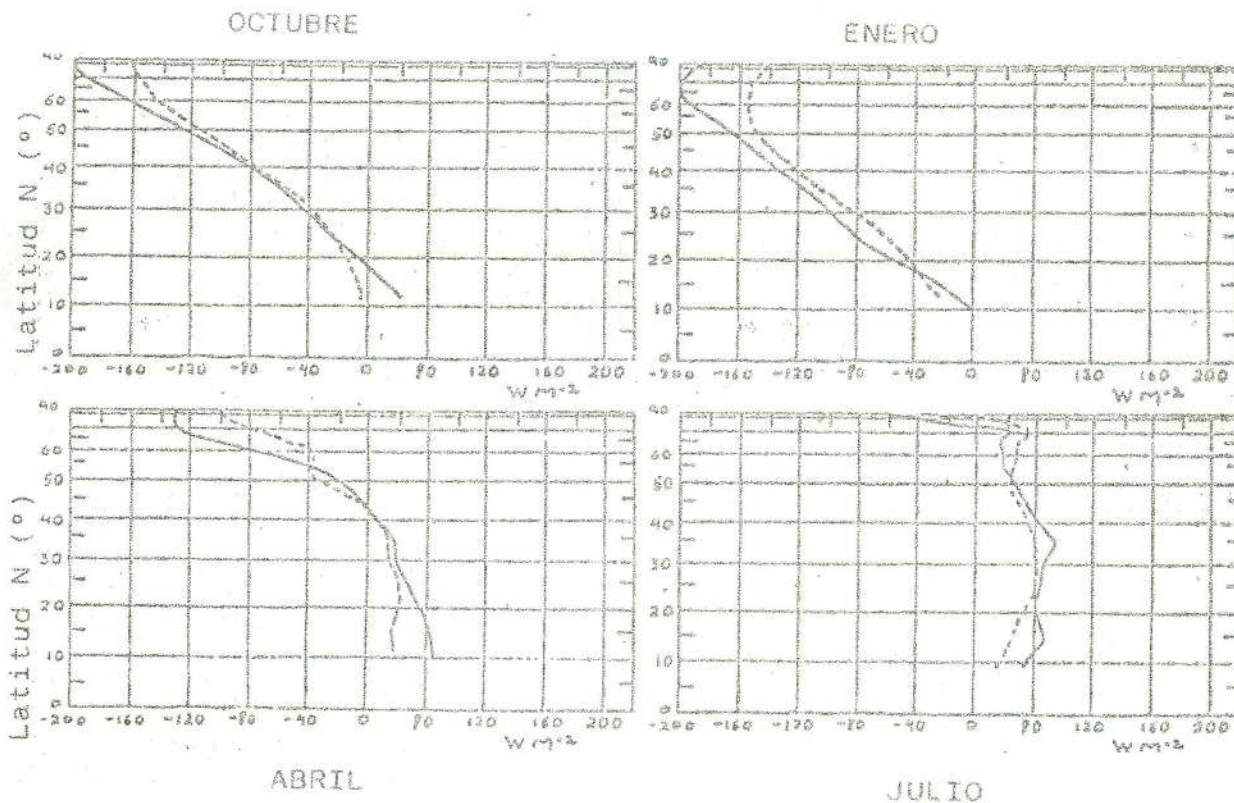


FIG. 1. Perfil latitudinal en el Hemisferio Norte de la radiación neta normal determinada por observaciones de satélite (línea continua) y calculada por el modelo (línea cortada). (Adem y Donn, 1981a).

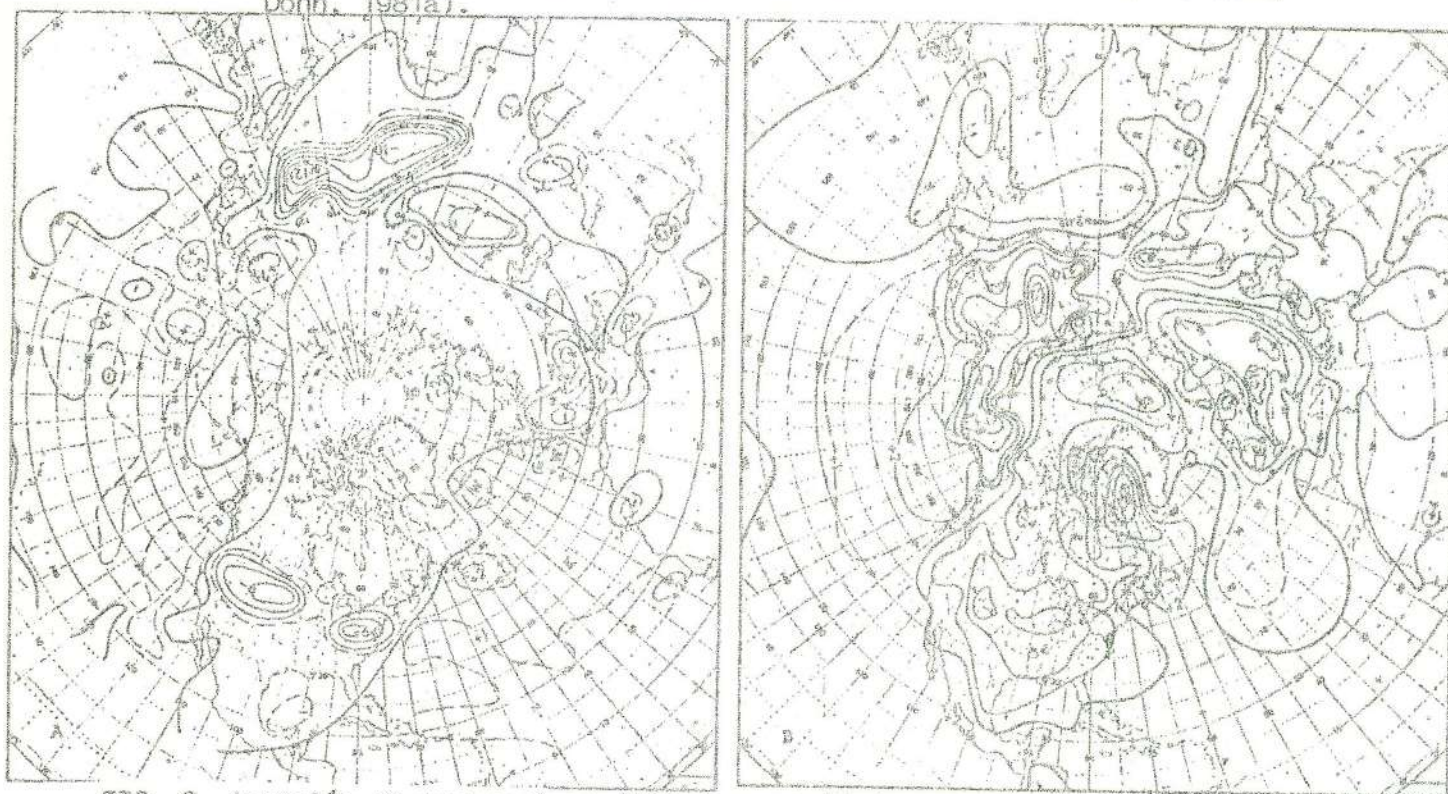


FIG. 2. Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de superficie en enero de 1963. (A) predicha por el modelo, (B) observada. (Adem, 1964).

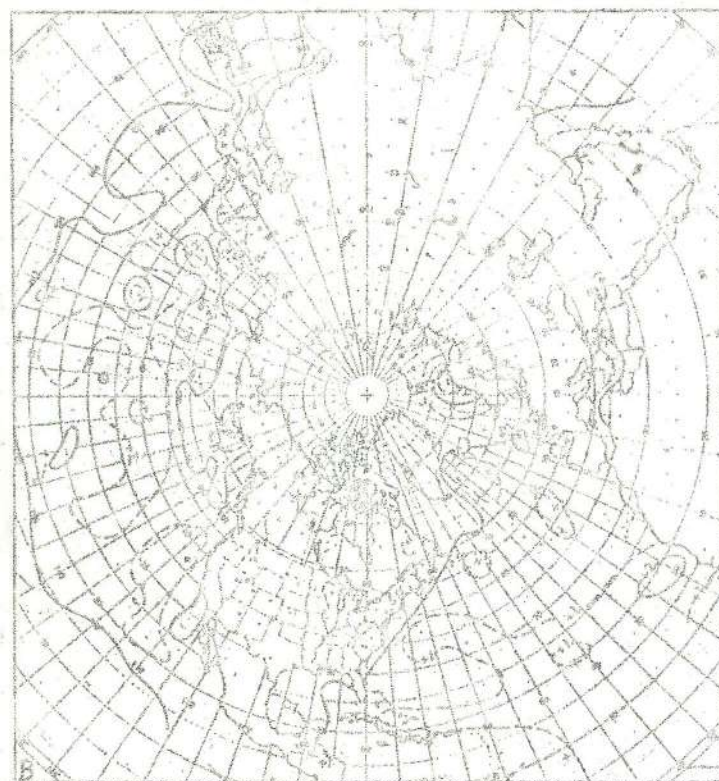
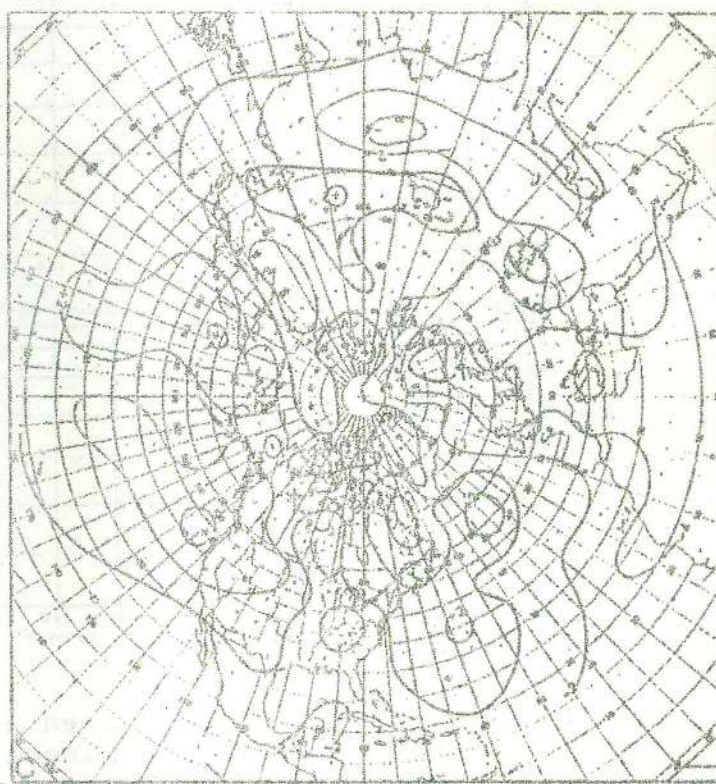
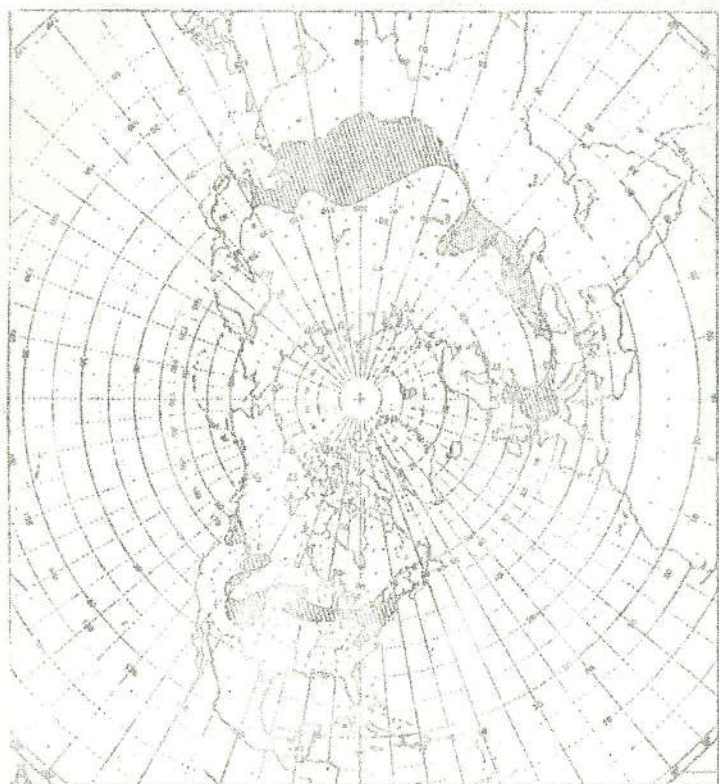
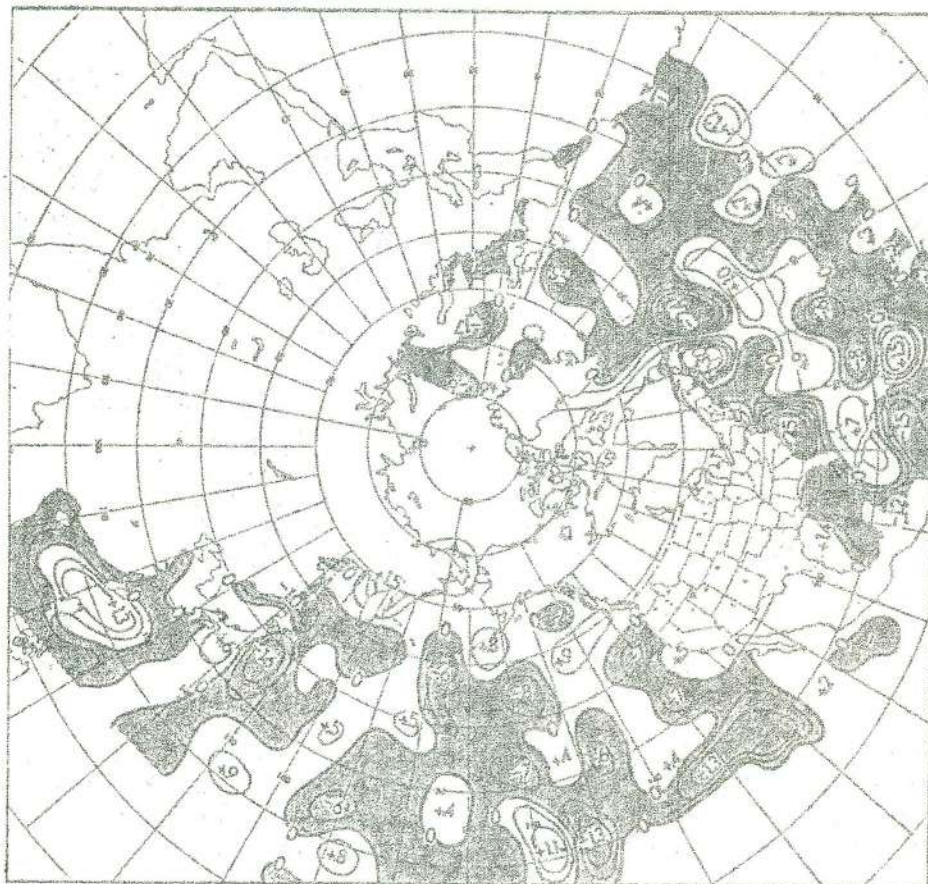
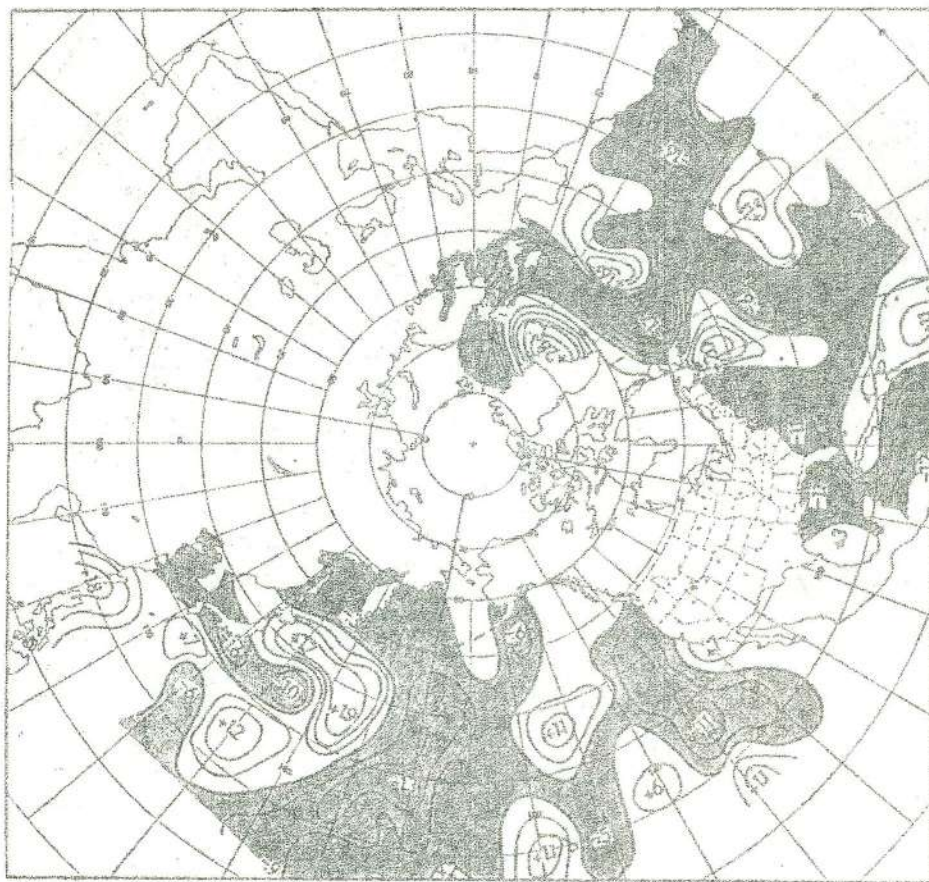


FIG. 3. Datos usados en la predicción de enero de 1963 (Fig.2). (A) muestra la frontera (línea cortada) de la cubierta de hielo y nieve en la última semana de diciembre de 1962 y la frontera (línea continua) normal en enero; entonces el sombreado rayado es superavit y el punteado déficit. (B) y (C) muestran, respectivamente, la anomalía ($^{\circ}\text{C}$) de las temperaturas del océano y de la troposfera media en diciembre de 1962. (Adem, 1964).



A



B

FIG. 4. Cambio de la anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) superficial del océano de diciembre de 1967 a enero de 1968. (A) predicha por el modelo, (B) observada. El sombreado indica que la anomalía en diciembre era mayor que en enero. (Adem, 1970).

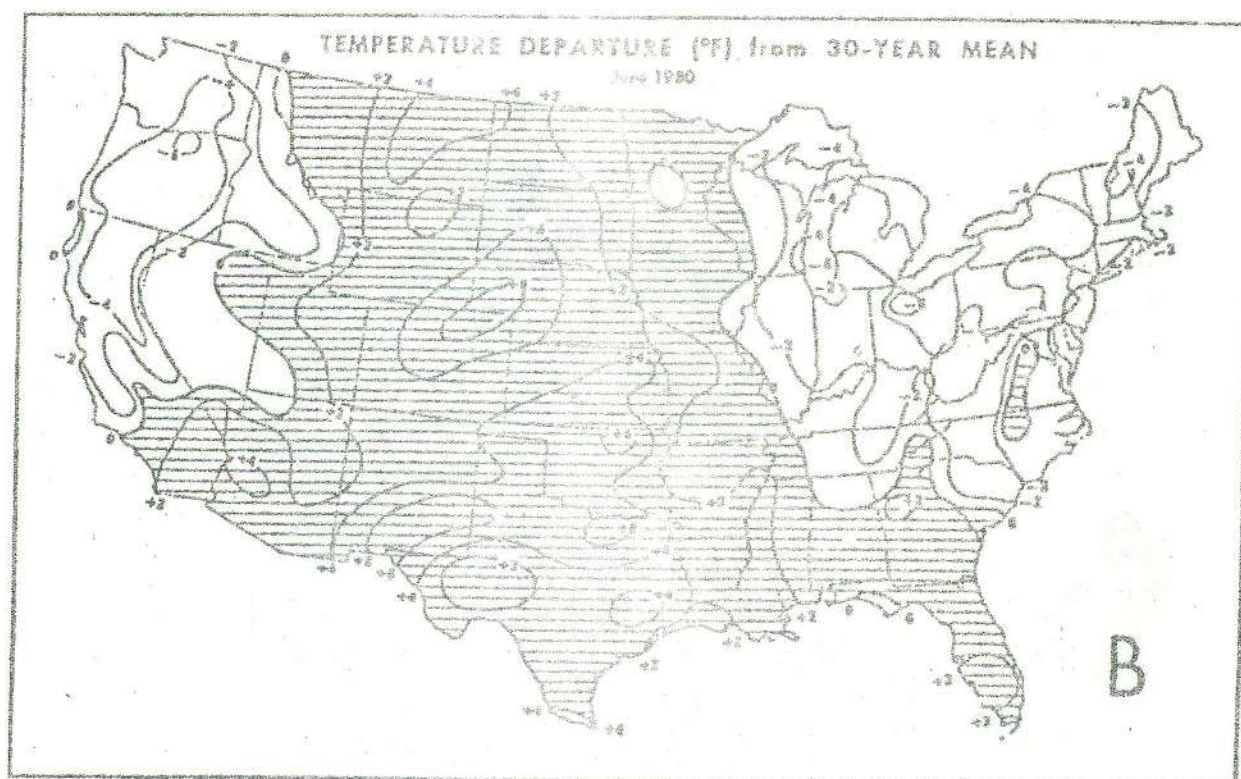
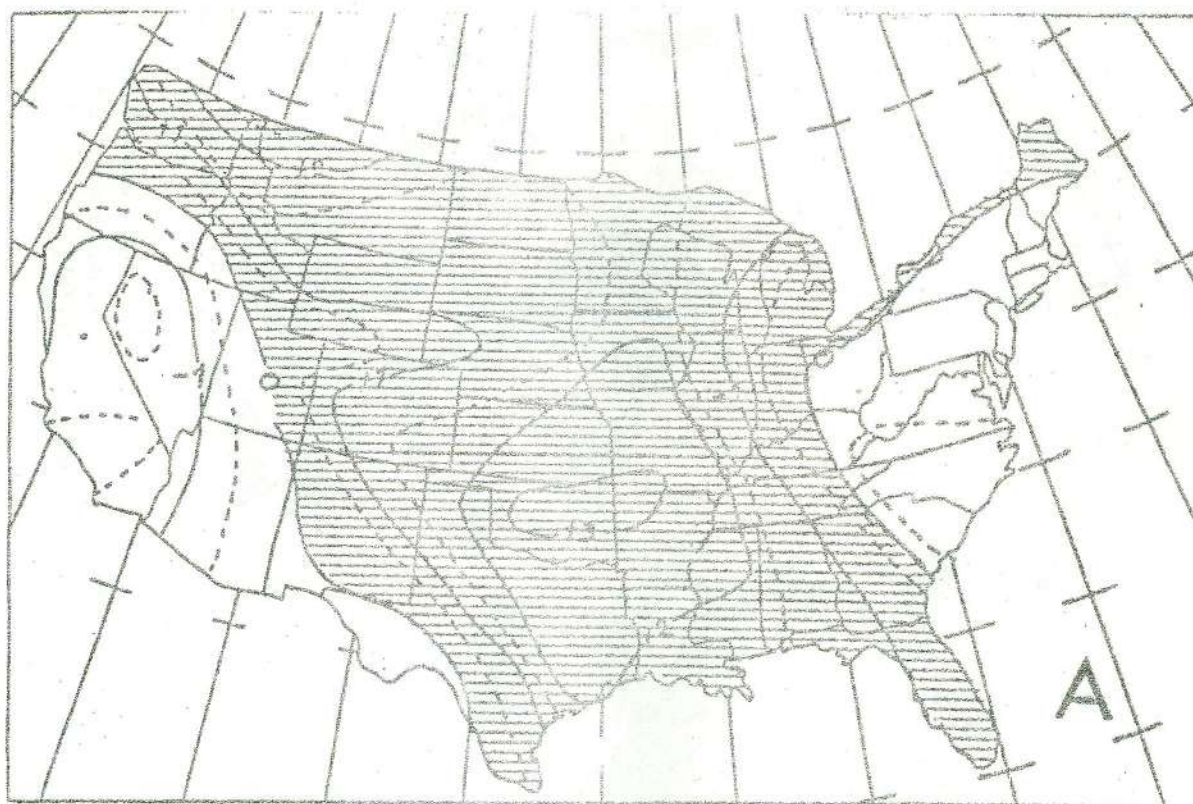


FIG. 5. Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{F}$) de superficie en junio de 1980. (A) predicha por el modelo, (B) observada. El sombreado indica condiciones arriba de lo normal. (Adem y Donn, 1981b).

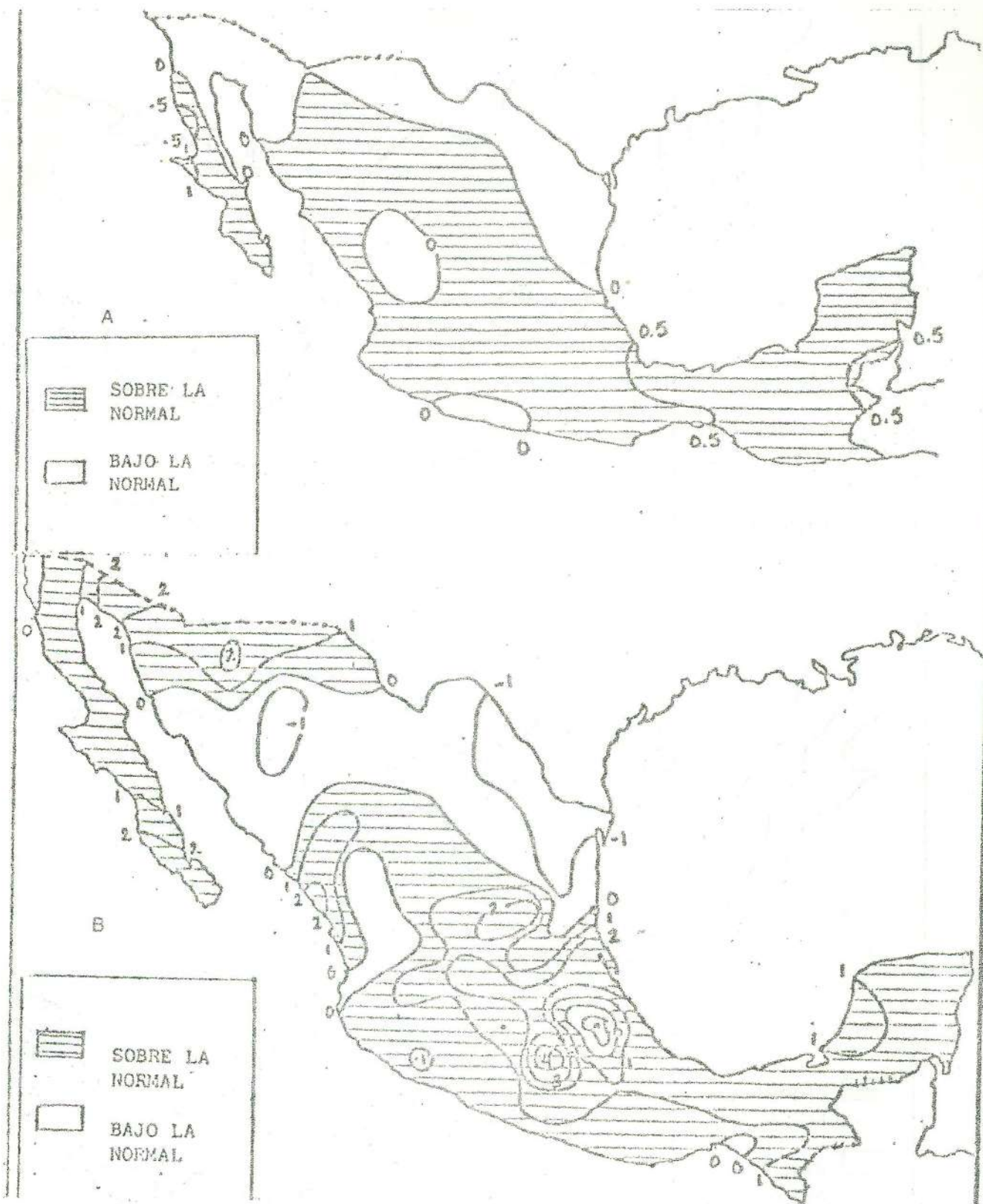


FIG. 6. Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de superficie en junio de 1983. (A) predicha por el modelo, (B) observada (por el Servicio Meteorológico Nacional). (Adem, Garduño y Giral, 1985).

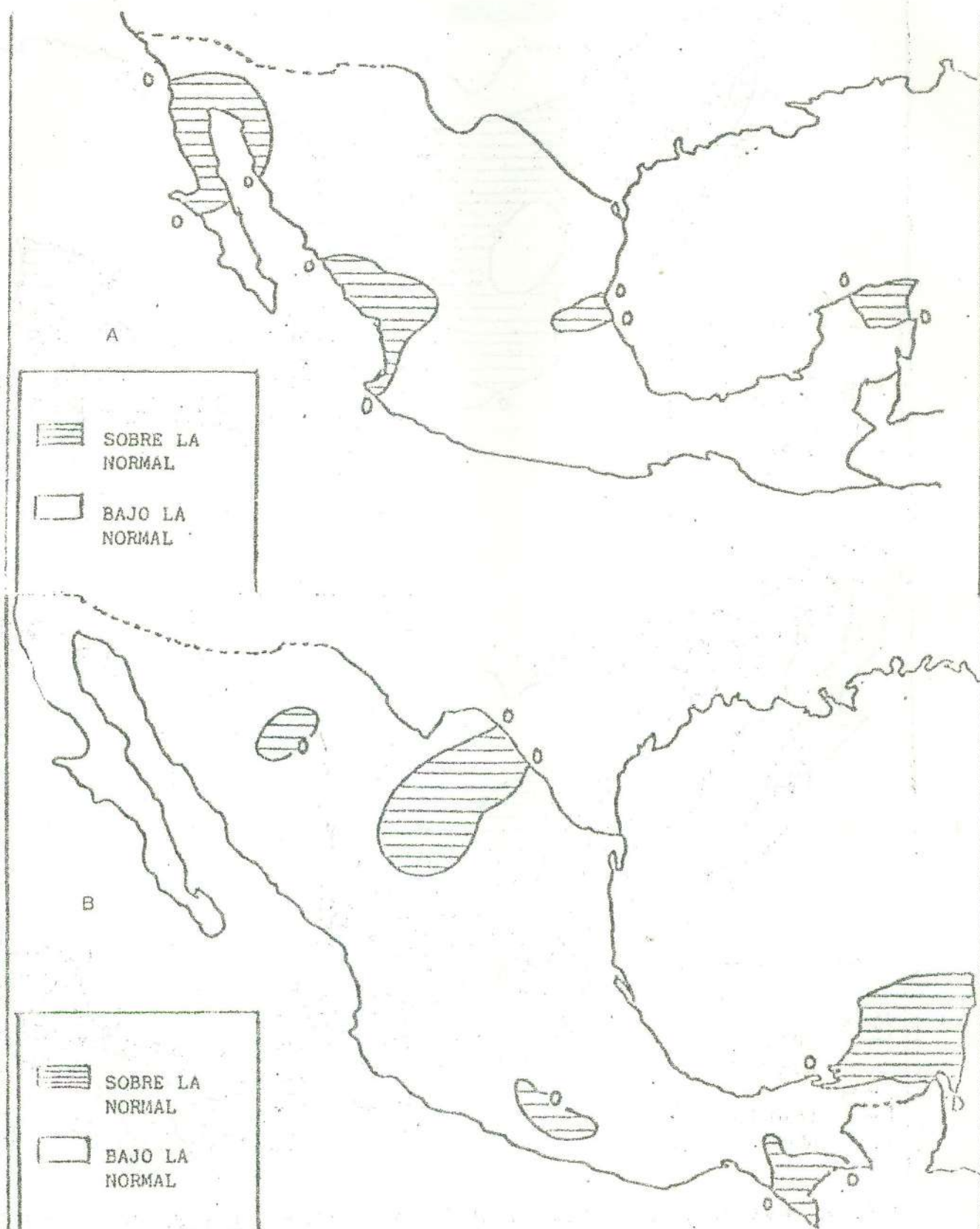


FIG. 7. Signo de la anomalía de precipitación en junio de 1983. (A) predicho por el modelo, (B) observado (por el SMN). (Adem, Garduño y Giral, 1985).

TERMINOS GEOLOGICOS: UN PROBLEMA A RESOLVER

Jesús Uribe Luna*

Dentro de la concepción de la Ciencia a través de la historia, la expresión del pensamiento mediante la escritura, generó un lenguaje que debido a sus características, diversidad y cambios constituye un ente vivo.

En un sentido ontológico, el lenguaje constituye una expresión nacida de la necesidad de manifestarse en un ambiente que cambia constantemente.

El profesionista necesita manifestar sus ideas utilizando el lenguaje escrito que se ajuste mejor a las necesidades de sus investigaciones; en Ciencias de la Tierra, el investigador desarrolla esta disciplina ajustándose al uso de términos geológicos ya establecidos. Sin embargo, aquella persona que escribe se enfrenta a un problema al usar palabras y términos que concuerden con aquello que quiere dar a entender.

El idioma español proviene fundamentalmente del latín y tiene influencia de otras lenguas importantes como la griega, de ahí que, para conocer el verdadero significado de las palabras, la etimología nos permitirá hablar y escribir correctamente (ἐπὶ τῆς ἀληθείας, significa verdadero y λόγος, estudio; etimología significa estudio verdadero de las palabras).

El que hace Ciencia está obligado a conocer el origen, la estructura y los cambios de las palabras técnicas que usa para transmitir ideas y pensamientos concernientes o relacionados a su profesión.

Así, el geólogo deberá recurrir a la etimología para estudiar el verdadero significado de las palabras que utilizará en sus estudios como es la intención del presente artículo.

Si revisamos algunos términos geológicos utilizados actualmente en la literatura, ve-

ríamos que es conveniente analizarlos, ya sea para utilizarlos adecuadamente en trabajos futuros o para la posibilidad de su introducción en publicaciones técnicas y científicas.

Por ejemplo, revisemos la palabra "geología" la cual está compuesta de dos raíces que son: γῆ, Tierra y λογος, del verbo griego λέγω que significa hablar y cuya pseudosinencia "logía" significa estudio, tratado o ciencia. Por lo tanto la palabra Geología, etimológicamente significa la Ciencia que estudia la Tierra.

Así mismo, el término geólogo está compuesto de las raíces γῆ, Tierra y el vocablo λογος que a su vez procede del verbo λέγω que significa hablar lo que piensa. Por lo tanto la palabra geólogo significa la persona que piensa o razona acerca de la Tierra.

Sin embargo el técnico en geología debe denominarse geologista pues el sufijo ista (ιστής), de origen griego, significa actividad, ocupación u oficio, que unido convenientemente a la raíz γῆ produce una idea precisa: geologista es aquel que tiene por profesión a la Geología.

Esta "derivación" es producto de la composición de dos raíces cuyo significado resulta del producto de las palabras unidas.

Otro ejemplo. Si revisamos la palabra compuesta "paleomagnetismo" observamos que está formada de las raíces παλαιός, antiguo; magnetos, nombre que a su vez proviene de la región de Magnesia, en el Asia Menor, y el sufijo (ισμός, que significa sistema o doctrina, por lo cual la palabra paleomagnetismo significa etimológicamente, el sistema o procedimiento para estudiar el magnetismo antiguo.

A fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX, surgieron las corrientes filosóficas que intentaron explicar el origen y la evolución de la Tierra, como el neptunismo, establecido por la escuela de A.G. Werner, el plutonismo y el uniformitarismo de la es-

* Departamento de Geología, Dirección General de Geografía.

cuela de J. Hutton.

Otras doctrinas como el Catastrofismo y el Diastrofismo durante el siglo XIX constituyeron importantes aportaciones al conocimiento sobre la naturaleza de la Tierra, pero las limitaciones científicas y tecnológicas de su tiempo, así como sus errores conceptuales no permitieron que avanzaran más allá para llegar a constituir un método científico.

El estudio del magnetismo antiguo consta actualmente de un fundamento teórico que permite considerar a ésta disciplina como un estudio formal y no como una doctrina o corriente filosófica.

Entonces sería conveniente denominar paleomagnetología al estudio o tratado del magnetismo antiguo fósil de las rocas.

Es necesario hacer notar que el uso de los términos geológicos constituye un problema serio y que para el caso de los técnicos en Geología, es un problema aún mayor debido a las cuestiones propias del idioma español, de neologismos y extranjerismos.

El sentido práctico que cada persona da a su expresión, constituye el estilo, el cual, en el caso de los geólogos puede pulirse en virtud de su experiencia profesional y puesto que ésta se adquiere con muchos años de trabajo, queda obligado a utilizar más bases con respecto a la etimología.

Planteando de una manera más directa, la etimología queda como una herramienta en la literatura geológica y como un recuerdo obligado para aquellos geólogos susceptible a la afemia. De esta manera, el estilo del profesionalista de la Geología, además de ser personalísimo, deberá tener un estilo científico. La percepción de los fenómenos naturales y de los materiales que

forman la corteza terrestre nos permite adquirir ideas y conceptos que pueden expresarse a través de la escritura con la sencillez que proporciona el estilo científico o demostrativo.

Esta actitud no debe ser ajena a los técnicos en Geología y ciencias interdisciplinarias como los técnicos en Geofísica.

La palabra Geofísica tiene como raíces las siguientes γῆ, Tierra, φύσις, naturaleza y propiedades de los cuerpos; (κῆ, forma femenina del adjetivo κω, que sobre entiende el sustantivo τέχνη, arte o ciencia. Así, Geofísica significa etimológicamente, la ciencia que estudia las propiedades de los materiales de la Tierra.

Aún hay mucho que hacer en cuanto a escritura geológica, cuya labor está a cargo de los geólogos y aún de aquellos técnicos en ciencias interdisciplinarias de la Geología, como los geofísicos, pues convendría utilizar adecuadamente vocablos técnicos y científicos de uso corriente.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA Y RECOMENDADA

Novo y Fernández C.- Diccionario de Geología y Ciencias afines. 1951. Tomo I II Editorial Labor, S.A. Madrid.

Mateos M.A.- Compendio de etimologías grecolatinas del español, duodécima edición, 1977. Editorial Esfinge 408 p.

Martín V.G.- Curso de redacción. Teoría y práctica de la composición y del estilo. XIX edición, 1982. Editorial Paraninfo. 495 p.

Cochran W., Fenner P., Hill M.- Geo-escritura. Una guía para escribir, editar e imprimir en ciencias de la Tierra. 1ª edición en español, 1980. Editado por C.F.E. 85 p.

* * * * *

VULCANOLOGOS, PERIODISTAS Y PUBLICO LOCAL AFECTADO: UN RELATO DE DOS CRISIS EN EL ESTE DEL CARIBE*

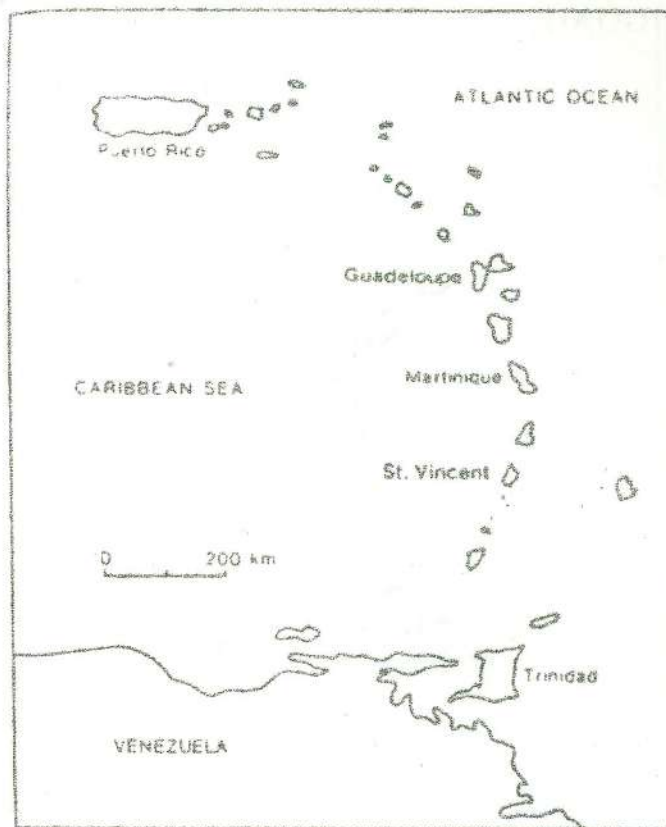
Richard S. Fiske
(Smithsonian Institution)

INTRODUCCION

Las explosiones volcánicas han sido desde hace tiempo un tema de gran interés para los científicos; testimonio de ello es la variedad de reportes contenidos en este volumen. Pero mas obvio, sin embargo, es el hecho de que las explosiones volcánicas han sido siempre de vital interés para la gente y para los gobernantes afectados directamente por dicha actividad. Cuando un volcán potencialmente explosivo entra en un periodo de crisis, se produce lo que eufemísticamente podría ser llamado un cambio de relaciones entre científicos interesados y una afectada, si no es que aterrorizada comunidad local.

Este artículo analiza el cambio de relaciones que se desarrolló entre científicos, autoridades civiles y periodistas durante dos crisis volcánicas que tuvieron lugar en el este del Caribe -en Guadalupe en 1976 y en San Vicente en 1979 (Ver figuras 1 y 2)-. A pesar de la muy próxima cercanía geográfica de estas dos islas y de la estructura geológica similar sobre la cual los volcanes eruptivos estan situados, la relación entre científicos y varios aspectos del "mundo real" fueron notablemente diferentes. Breves consideraciones de estas relaciones pueden ser ilustrativas, no solo para entender lo que sucedió en el este del Caribe durante los años setenta, sino también para mejorar las relaciones científico/mundo-real durante las crisis volcánicas que pudieran presentarse en años posteriores.

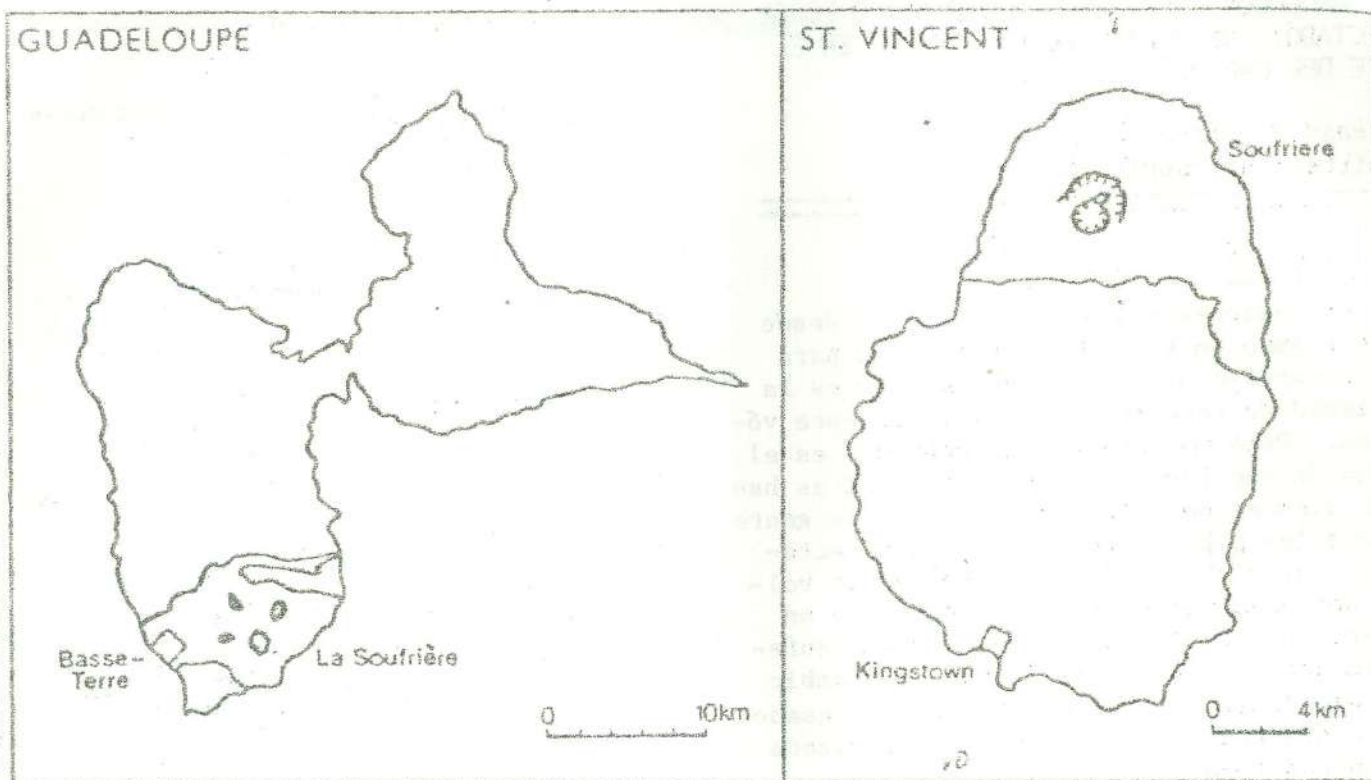
- * Tomado de N.R.C. *Studies in Geophysics, Explosive Volcanism: Inception, Evolution and Hazards*. Traducción de Edgar A. Muñoz Méndez y Marco M. Mota Martínez.
- ** En: N.R.C. *Studies in Geophysics, Explosive Volcanism: Inception, Evolution and Hazards*.



Guadalupe, 1976

Cuando el Volcán "La Soufriere" en el este del Caribe, en la isla de Guadalupe, entró en actividad el 8 de julio de 1976, uno de los más interesantes capítulos en la vulcanología moderna empezó a desarrollarse. A mediados de agosto de 1976, servicios telegráficos y periódicos de todo el mundo estuvieron informando los diarios acontecimientos de una crítica situación, un aparente desastre volcánico estaba por ocurrir. Un comunicado oficial francés anunciaba: "Hemos empezado lo que pensamos es el con-teo. El volcán no puede retroceder". El temor se extendió desde Guadalupe, y gente que vivía en lugares tan lejanos como Puerto Rico y América Central empezaron a alejarse de la furiosa oleada que pensaron sería iniciada por una larga y desastrosa erupción. Los preocupados isleños, y desde luego el mundo, esperaron el inicio del paroxismo, el cual nunca ocurrió.

La primera indicación de que La Soufriere había regresado a la vida fue proporcionada por un aumento en el número de temblores menores que se originaban debajo del volcán. Durante un mes normal podían haberse registrado de 1 a 10 temblores pero en julio de



1975 el número de eventos aumentó a 30. Después los niveles se volvieron normales por muchos meses, los temblores registrados en noviembre de 1975 aumentaron a 209. En marzo de 1976, fueron registrados 607 temblores locales, un número bastante grande de ellos fueron sentidos por habitantes locales. Anormalmente, la sismicidad permaneció en altos niveles durante la primavera y el inicio del verano de 1976, pero aproximadamente a las 9 a.m. del 8 de julio de 1976 la situación tomó un cambio dramático para lo peor.

El volcán, que hasta ese momento no había hecho erupción, repentinamente empezó a arrojar vapor y cenizas. Crecientes nubes de hirviente ceniza gris provenientes de fisuras en la cima del volcán, y vientos prevalecientes llevando este material hacia el oeste, podían ser observados desde la ciudad de Basse Terre, la capital de Guadalupe. La tremenda emisión de vapor y ceniza era acompañada por continuos sacudimientos de tierra, los cuales se sumaban a la consternación de los residentes cercanos. Como las nubes de ceniza se volvían mas densas, el sol del medio día estaba casi completamente oscurecido, y una misteriosa sombra se asentó en el flanco de Sotavento

del volcán. Los aterrorizados residentes, casi a tientas en el pesado aire, saltaron en carros y camiones y de alguna manera emprendieron la bajada del volcán. Muchos de ellos, los que colgaban por fuera de los vehículos fueron completamente cubiertos por una gruesa capa de ceniza gris, y a su decir, aparentaban estatuas vivientes cuando llegaron al pie del volcán -sin lesiones pero terriblemente asustados-.

El ritmo de actividad en La Soufriere siguió aumentando. Las emisiones de vapor eran ahora continuas en la cima del volcán, y en muchas ocasiones arrojaba grandes cantidades de ceniza gris. El número de temblores locales continuó aumentando -1220 eventos en julio, casi 6000 en agosto-. Cada vez mas número de temblores sacudían la tierra y eran fácilmente sentidos por los habitantes de los lados del volcán.

El 12 de agosto de 1976 los científicos que estudiaban La Soufriere emitieron una declaración que indudablemente influenció el curso de los eventos en Guadalupe. Anunciaron que la ceniza que salía cada vez en mayores cantidades del volcán, ahora contenía una cantidad importante de vidrio volcánico juvenil. La clara implicación fue que el

magma nuevo habría subido a altos niveles dentro del volcán, y que pequeños fragmentos de este material habían sido llevados hacia la superficie con las plumas de vapor. Como estos cristales no habían sido identificados en la ceniza anterior al 12 de agosto, esto aparentemente parecía indicar que el volcán estaba por entrar en una muy peligrosa fase de actividad.

En esta atmósfera de siniestra expectación y con la advertencia de un grupo de científicos franceses, el prefecto (gobernador) de Guadalupe, Jean Claude Arroseau, ordenó la inmediata evacuación de las 72 000 personas que vivían en las pendientes del volcán. Esta orden inició una serie de sucesos que involucraban a científicos y autoridades civiles en argumentos y confrontaciones que se volvieron mas amargas durante la evacuación que duró casi 4 meses. La identificación del vidrio volcánico juvenil en la ceniza lanzada -la cual parecía indicar que el volcán estaba a punto de hacer erupción violentamente- fue un error que alteró el curso de los acontecimientos en aquellos días de creciente aprehensión. Después de algunos estudios se descubrió que la ceniza volcánica no contenía material juvenil, y que no había una clara evidencia de que el magma fuera a salir a la superficie en una erupción. Las autoridades de Guadalupe, por supuesto, no conocieron esto a tiempo, y entonces se pensó que el volcán sería mucho más peligroso de lo que realmente era.

La evacuación se llevó a cabo con considerable eficiencia. En dos días aproximadamente un cuarto de la población de la isla 72 000 personas, fueron cambiadas de los flancos del volcán a otras partes de la isla alejadas del peligro. Además, en el desplazamiento de personas, la evacuación tuvo muchos problemas económicos y políticos. Se pidió mucha ayuda financiera a Francia con el fin de proporcionar abrigo y comida a las personas evacuadas, y los impuestos sobre la renta colectados por el gobierno de Guadalupe se vieron reducidos críticamente debido a la caída en la productividad de la isla. Además de esto el turismo a Guadalupe cesó por completo. La noticia de que La Soufrière estaba a punto de hacer erupción se había difundido tanto en Norte América como en Europa y los turistas optaron por mantenerse alejados del lugar.

La tranquilidad de las ciudades y pueblos evacuados de los alrededores del volcán contrastaban dramáticamente con la agitación de la actividad científica sobre las pendientes del volcán. La mayoría de los científicos presentes eran franceses, agrupados principalmente en dos equipos, pero después también llegaron geólogos y geofísicos de Trinidad y de los Estados Unidos. En ocasiones estaban presentes de 20 a 25 científicos, muchos de los cuales nunca habían trabajado en las pendientes de un volcán activo. Un observatorio vulcanológico fue establecido en las profundas cámaras como calabozo del siglo XVII en Fort St. Charles, en el flanco suroeste del volcán, y un sistema muy sofisticado de monitoreo volcánico fue puesto en operación. La red de sismómetros, instalados para monitorear la sismicidad local, fue expandida. Magnetómetros con registro fueron desplazados y estos empezaron a dar información sobre los cambios internos del volcán.

Gas volcánico fue colectado y analizado. Se iniciaron mediciones precisas de nivelación (la llamada técnica de inclinometría seca) para detectar la posible inflación del volcán que frecuentemente precede a las erupciones. Pero a pesar de la diversidad de este programa científico, es importante notar que la mayoría de estas técnicas de monitoreo no fueron desplegadas en La Soufrière sino hasta julio o agosto de 1976 -aproximadamente un año después de que los primeros fueron instalados-.

Así, ya que no existía un adecuado registro de observaciones contra los cuales se pudieran comparar los cambios observados, hubo siempre un entendimiento incompleto para entender los cambios físicos que pudieron haber tomado lugar dentro del volcán durante los primeros estados de actividad. Si estos primeros cambios hubieran sido monitoreados, el riesgo que el volcán tenía podría haber sido evaluado correctamente.

En cierta forma, el 30 de agosto de 1976, podría ser visto como el climax de la erupción, cientos de temblores eran registrados cada día y una pluma cargada de cenizas volcánicas como arena se deslizó casi constantemente de la cima del volcán. En la mañana del 30 de agosto, 12 científicos subieron a la cima para investigar la actividad. Antes de las 10 a.m. inmediatamente después

de que el grupo había regresado. De las fisuras abiertas de lo alto del volcán, vapor y ceniza empezaron a volar a la superficie, viajando a tan alta velocidad que bloques de 1 m. de diámetro fueron lanzados a gran altura en el aire. Cuando estos fragmentos cayeron a la tierra, lo hicieron tan cerca de los científicos que tuvieron que buscar lugares seguros. Cuatro miembros del grupo fueron golpeados ligeramente por pequeños fragmentos, y de no haber sido porque traían bien sujetos los cascos a sus cabezas, sus heridas podrían haber sido mas serias.

Esta emisión explosiva de vapor y fragmentos fue ciertamente impresionante para aquéllos que tuvieron la desgracia de verla de cerca, pero desde el punto de vista vulcanológico representó mas bien una explosión trivial. Sin embargo, una o dos horas después del evento, y especialmente durante el período cuando aún no se conocía el grado de las lesiones sufridas por el grupo que subió a la cima, los periodistas enviaron noticias diciendo que el volcán había entrado en un serio período de actividad eruptiva. En Norte América, debido a lo confuso de la historia que había sido transmitida desde Guadalupe, al público americano se le informó con los encabezados de los periódicos diciendo que La Soufriere había iniciado la erupción tan largamente esperada. El extravío y lo exagerado de las historias hicieron que un grupo de reporteros se trasladaran apresuradamente a Guadalupe, -solamente para escuchar, durante el curso de una entrevista filmada conmigo a la 1 a.m. que la erupción, aunque había generado una agitación momentánea era en realidad un evento volcánico trivial y que de ninguna forma debía ser confundido con el esperado "big bang".

Tiempo después, los periodistas norteamericanos se comportaron como si de alguna manera alguien los hubiera defraudado con lo sucedido en La Soufriere. Frustrados por la ausencia de alguna catástrofe y sin pérdidas de vidas y propiedades, los reporteros relegaron la historia a segundas páginas de los diarios. Para Norte América, desde su punto de vista, la crisis simplemente había cesado.

En Guadalupe, este no era el caso. Aproximadamente 72 000 ciudadanos continuaban evacuados, la economía de Guadalupe estaba

en serios problemas, y el volcán continuaba lanzando vapor y cenizas. La situación era tan crítica que las discrepancias entre los dos principales equipos de científicos franceses aumentaron y éstas fueron conocidas por el público por medio de artículos de revistas y periódicos y por debates de televisión.

Un equipo estaba de acuerdo con la evacuación y argumentaba que el volcán continuaba siendo peligroso. El otro equipo argumentaba desde el principio que el volcán presentaba poca peligrosidad y que sólo sería adecuado tomar algunas precauciones por si la situación empeoraba. En esta atmósfera de controversias científicas, las autoridades civiles no sabían a quien creer y rápidamente la evacuación se volvió una pesadilla.

A mi juicio, no hay duda de que la situación se empeoró por el hecho de que los periodistas parecían tener acceso irrestricto a las discusiones de los científicos durante el período de crisis. Aunque se suponía que la evacuación estaba bajo control, raramente pasaba un día sin que personal de la radio o la televisión apareciera en el campamento de los científicos en Fort St. Charles. Los científicos eran entrevistados individualmente o en grupos, y los periodistas buscaban ansiosamente diferencias en las opiniones sobre el estado y la peligrosidad que el volcán tenía. En muchas ocasiones, se prestaba mayor atención a los desacuerdos entre los científicos que a lo sucedido en el volcán.

Conforme las semanas pasaron, en septiembre y octubre de 1976, aumentó la agitación para que se permitiera regresar a sus hogares a las 72 000 personas. La situación empeoró cuando claramente por mediados de octubre los tiempos de erupción empezaron a disminuir, el número de temblores registrados fue disminuyendo y el volumen de ceniza lanzada a la superficie fue reduciendo notablemente. Pero el volcán aún mostraba señales de actividad, y algunos de los mas respetados científicos franceses se enfrascaban públicamente en fuertes discusiones sobre el manejo de la crisis.

En lo que debe ser considerado si no ya desusual al menos sin precedente, las autoridades en París decidieron buscar la consulta

de científicos extranjeros, y un comité "ad hoc" (Comité Scientifique International sur La Soufriere) de 6 científicos franceses fué reunido en París en noviembre de 1976. Dos americanos fueron nombrados a dicho Comité, el Profesor Frank Press (quién fue el presidente) y yo mismo. Otros incluidos fueron Franco Barbari y Paulo Caparini de Italia, Gudmundur Sigvaldason de Islandia y Shigeo Aramami de Japón. El comité oyó las proposiciones de varios científicos franceses que habían estado involucrados en la situación de La Soufriere, y al final de 3 días prepararon un reporte sobre la situación del volcán, diciendo que aún era necesario un continuo monitoreo. Pocas horas después de la recepción de este reporte, el ministro de territorios de ultramar, Oliver Stirn, anunció el fin de la evacuación.

La gente regresó a sus casas y la vida diaria fue regresando gradualmente a la normalidad en Guadalupe. El número de temblores locales y la emisión de vapor continuó disminuyendo, y a principios de 1977 terminó. La crisis vino y se fué y el desastre nunca ocurrió.

San Vicente, 1979

Fué una sorpresa considerable que justamente 3 años más tarde, en abril de 1979 el volcán Soufriere de Saint Vincent entrara en actividad repentinamente, al inicio de otra crisis volcánica en el este del Caribe. En contraste a La Soufriere, Guadalupe, en este caso era absolutamente indudable que el volcán La Soufriere de San Vicente constituía un peligro para los habitantes de los alrededores. De abril 13 al 26 una serie de potentes explosiones verticales sacudieron el lago e isla que anteriormente ocupaba el cráter del volcán y nubes de escorbos fueron lanzadas a alturas de 20 km, un pequeño flujo de piroclastos y de lodo fue producido por esta actividad, y lanzados a varios de los valles. Para fines de abril de 1979 la fase explosiva de la erupción finalizó y una nueva fase comenzó, caracterizada por la emisión silenciosa de un domo de andesita basáltica en el piso de la cima del cráter. Este domo continuó creciendo hasta octubre de 1979.

En contraste con la Isla de Guadalupe, donde relativamente pocas mediciones geofísicas

fueron hechas antes de 1976, un número de tales mediciones pre-eruptivas fueron hechas en San Vicente. Durante los 70's una red sísmica fue establecida en las Antillas por el personal de la Unidad de Investigación Sísmica de la University of West Indies, y señales sísmicas de San Vicente y otras islas en las Antillas rutinariamente enviadas teleméricamente a Trinidad para monitoreo en tiempo-real e interpretación. En 1977, 25 meses antes de la erupción, dos medidas de inclinometría seca se establecieron en el flanco este de La Soufriere, San Vicente, y estas estaciones proporcionaron los primeros indicios de que el volcán había comenzado a "inflarse". Rutinarias mediciones de temperatura fueron hechas en el lago del cráter del volcán durante los 70's y éstas revelaron indicios de que antes de abril de 1979 el volcán se había comportado anómalamente.

Cuando el volcán estalló en las primeras horas en la mañana del 12 de abril, las 22 000 personas que vivían en las laderas del volcán no tuvieron que esperar por una orden de evacuación. Recordando la historia de la erupción desastrosa de 1902 de La Soufriere, San Vicente, cuando más de 1 500 isleños murieron, la gente que vivía en las laderas del volcán se apartaron rápida y eficientemente ellos mismos de las áreas de peligro. El grupo de San Vicente hizo continuar con esta evacuación hasta el fin de la fase explosiva de la erupción, mientras el volcán poseyera obviamente peligrosidad.

Sólo de 5 a 7 científicos estuvieron trabajando en San Vicente durante la fase explosiva de la erupción y esta gente constituye un grupo o equipo simple. La mayoría del grupo de científicos pertenecía a la Unidad de Investigación Sísmica de la University of West Indies, aunque el grupo aumentaba ocasionalmente con científicos de Estados Unidos e Inglaterra. Este equipo suministró un flujo continuo y único de información al gobierno de Saint Vincent vía conversaciones telefónicas y comunicados escritos. Esta información fué franca en contenido, representó solo un consenso de eventos del volcán y ofreció un mínimo de especulación en cuanto a lo que acontecía.

Especialmente notable fue la manera en que las autoridades en San Vicente trataron con los periodistas quienes acudieron a la isla cuando

la erupción comenzó; a los periodistas les fué absolutamente prohibida la entrada a la zona peligrosa, ya que el establecimiento de un observatorio vulcanológico fue colocado a solo 9 km de el volcán, dentro del área de evacuación, los periodistas no pudieron visitar el observatorio o entrevistar a los científicos en el campo. Los miembros de la prensa recibieron información sobre el volcán del gobierno oficial en la ciudad capital Kingstown, quienes simplemente pasaban información suministrada a ellos por el equipo de científicos. Según sé, solo un periodista insistió en que se le permitiera entrar a la zona evacuada. Este había indicado que si tal permiso no le era otorgado podría escribir artículos describiendo la censura de información en Saint Vincent, mas que los eventos que tuvieran lugar en el volcán. No estuve enterado de los detalles que tuvieron lugar entre este periodista y el gobierno de San Vicente, pero mas tarde supimos que fue deportado sumariamente.

Discusión

Existen desde luego muchas diferencias entre la crisis de 1975-1977 de La Soufriere en Guadalupe y La Soufriere de Saint Vincent. Las mas pertinentes quizás, cuando se considera la relación entre científicos, periodistas y el público aparecen en la tabla adjunta.

No hay mucha duda de que la crisis volcánica fué más ardua en Guadalupe que en Saint Vincent. Si hubiera habido mas información geológica y geofísica de referencia en Guadalupe, las anomalías observadas en 1976 podrían haber sido evaluadas de mejor manera. Además, el relativamente lento aumento de la actividad y el retraso en la amenaza de violencia en Guadalupe dieron tiempo suficiente para que aumentaran la aprensión y las especulaciones. No hay nada inherentemente desventajoso en el que haya habido mas científicos en Guadalupe y tenerlos en dos grupos principales. Tampoco el que tuvieran diferentes interpretaciones de lo que era mas probable que ocurriera en La Soufriere. El problema principal fué que esos grupos no se comunicaron efectivamente y dieron información marcadamente diferente a periodistas en competencia. Como estos últimos tuvieron acceso irrestricto a todos los niveles de la jerarquía científica local la cobertura de los medios de

comunicación fue a menudo disímbola y conflictiva. En la cacofonía que rodeó todo el asunto de Guadalupe, se pasó por alto que sus ciudadanos y especialmente los 72 000 evacuados fueron expuestos con relatos confusos de la situación que se presentaba en el volcán, relatos que estaban adornados con reclamos entre los científicos participantes. Esto hizo peor una situación ya de por sí mala.

Considerando estos aspectos de la experiencia de Guadalupe y Saint Vincent, la comunicación entre científicos, periodistas y público en el caso de una crisis «no sólo volcánica sino cualquiera que presente un peligro a la población» puede ser mejorada si se toman las siguientes medidas:

1. Contar con al menos alguna información sobre los volcánes peligrosos *antes* de que se presente una crisis, de manera que los científicos tengan base para evaluar patrones anormales de conducta volcánica. Por supuesto no sería factible mantener un programa de monitoreo continuo en todos los volcanes de este tipo pero programas modestos que solo requieren la adquisición intermitente de datos tales como sismicidad deformación y temperatura ofrecen enormes dividendos especialmente en volcanes potencialmente dañinos y cercanos a centros de población.

Si se da uno cuenta además que "el pasado es prólogo del futuro" hay una gran ventaja en saber con anterioridad los patrones de conducta eruptiva por medio de estudios de campo como gufa de lo que puede ocurrir en el futuro.

2. Una vez que una crisis evoluciona, contar con un científico jefe que, aunque no suprima los desacuerdos científicos, coordine las actividades de los científicos participantes en un solo esfuerzo de grupo, aumente la comunicación entre ellos y se asegure de que la información proporcionada a las autoridades civiles y a periodistas sea a través de un canal único y completo. Las crisis en los países desarrollados con frecuencia atraen investigadores de varios organismos y la responsabilidad del jefe es la de estimular las actividades de los diferentes equipos y hacerlos sentir participantes de un esfuerzo de grupo. Una crisis volcánica hace necesaria la atención de diferentes especialistas que trabajen en conjunto y se comuniquen libremente.

Cierta redundancia en el campo científico no es desventajosa porque permite reunir grandes cantidades de información en corto tiempo. Sin embargo, *la competencia entre los equipos científicos por obtener atención periodística es simplemente irresponsable*. Tal competencia puede conducir a reportes noticiosos subjetivos e incompletos que ciertamente aumentan la ansiedad de la ya de por sí aprensiva población.

3. Los científicos que recolectan los datos que forman parte del cuerpo de conocimiento científico deberían darse cuenta que sus responsabilidades a menudo se extienden mas allá de sus actividades científicas, especialmente por lo que concierne a su relación con los periodistas. En general los científicos deberían reconocer que no necesariamente poseen una visión balanceada de todas las investigaciones que se realizan en un momento dado de una crisis. Así, cuando se realiza una entrevista en que se busca un ángulo o aspecto exclusivo, tanto el científico como el periodista deberían darse cuenta que el énfasis indebido en la parte de la que el científico es especialista puede conducir a reportes desbalanceados y confusos. A esto se añade la tentación demasiado humana del científico a pontificar mas allá de los confines de su campo de conocimiento en respuesta a la de alguna manera, intoxicante influencia que ejerce el tener la atención de un periodista.

Yo mismo me he encontrado haciendolo en mas de una ocasión solo para alarmarme de los resultados en el periódico del día siguiente.

4. Los periodistas no deberían creerse en el derecho de presenciar las discusiones de los científicos durante tiempos de crisis. Estos, necesitan discutir una multitud de posibilidades y la mejor manera es en su propia jerga sin cuidarse de malas interpretaciones por parte de no especialistas. La mera presencia de la prensa limita la libre comunicación, vital en tiempos de crisis.

5. Si la crisis es de tal proporción que atrae a numerosos periodistas, un vocero oficial debe ser nombrado (si es posible un científico). Este, debe trabajar conjuntamente con el científico jefe para proporcionar información completa y única. Como es común que los científicos disientan, aún esta información debe ser proporcionada pero en una forma balanceada y sin personalizar.

En conclusión hay que recalcar que los dos ejemplos presentados representan extremos de interacción entre científicos y periodistas. Poca gente apoyaría la política de puertas abiertas de Guadalupe o la de puertas cerradas de St. Vincent. Permanece la búsqueda del terreno medio mas apropiado. En tiempos de crisis volcánica genuina se debe buscar maximizar el flujo de información de los científicos al público de manera tal que los periodistas (que juegan un papel esencial) puedan acrecentar el proceso. Es cuestión nuestra presentar el flujo de información en forma oportuna, balanceada y veraz. Si hay alguna lección que aprender por la comunidad científica de la crisis mencionadas es que el reto que presentan las relaciones científico/periodista las debemos resolver nosotros.

T A B L A

Diferencias entre las actitudes durante las crisis de La Soufriere (Guadeloupe 1975-1977) y la Soufriere (St. Vincent 1979)

	Guadeloupe	St. Vincent
Datos de fondo:	Menos completos	Mas completo
Aumento de actividad	rápido	lento
Violencia	amenazas	demostrada
Número de científicos	20-25 en varios equipos	5-7 en un sólo equipo
Interpretación del fenómeno	varias	una
Comunicación entre científicos	pobre	buena
Acceso de la prensa	ilimitado	sin acceso

EL HALLEY AYER Y HOY

H. Pérez de Tejada*

Apenas pasados unos meses de su acercamiento a las proximidades del Sol es evidente que el Cometa Halley dejó súbitamente de generar el interés que alcanzó antes de su aparición. Fuera de los círculos científicos especializados, en donde se debaten furiosamente los resultados de las observaciones hechas con los vehículos espaciales que lo visitaron, el Cometa Halley ha dejado prácticamente de pertenecer al dominio público y son hoy en día escasos los comentarios sobre su reciente visita.

Buena parte de la razón de tan desacelerada pérdida de popularidad es el hecho de que el espectáculo que el fenómeno ofreció al observador común fue bastante modesto y no dejó una impresión que pudiera durar 76 años (el tiempo que le tomará volver a la vecindad del Sol). Desgraciadamente la visita de tan famoso cometa no fue muy favorable para ser observada por los habitantes actuales de nuestro planeta pues la distancia mínima a que llegó a estar de la Tierra fue de unos sesenta millones de kilómetros (comparable a la que nos separa, por ejemplo, del planeta Venus). Sin embargo, en el pasado han ocurrido tránsitos del Cometa Halley por la vecindad del Sol en los que su posición con respecto a la de la Tierra ha sido mucho mas cercana. Tal fue el caso de su visita anterior, en 1910, cuando por razones totalmente fortuitas la Tierra parece haber cruzado la estela del Cometa.

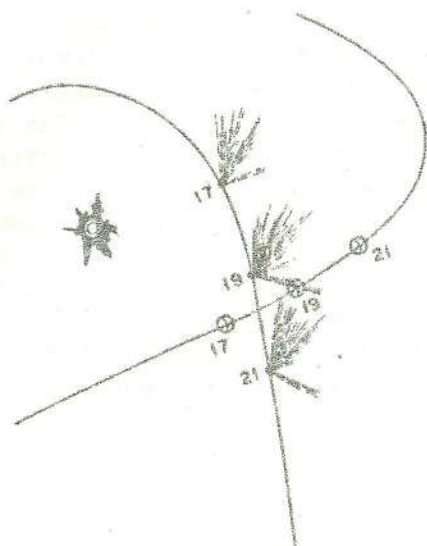
La posibilidad de que tan interesante fenómeno llegara a ocurrir había sido predicha por varios astrónomos de la época pues inclusive se anticipó que el núcleo del cometa llegara a cruzar la línea Sol-Tierra a unos veinte millones de kilómetros por delante de ella. Tal evento ocurrió a las 3h 34m 37s del día 19 de Mayo de 1910 (Tiempo Universal) y fue causa de que se hicieran minuciosas observaciones del disco solar con la esperanza de poder identificar alguna sombra que delatara al núcleo cometa. Tales esfuerzos resultaron totalmente infructuosos y solo fueron utilizados

para inferir que el núcleo no podía tener unos cien kilómetros de diámetro (como se pensaba entonces) sino a lo mucho unos diez o veinte kilómetros (hoy día sabemos que el Cometa Halley tiene una forma irregular que semeja una costilla de unos quince kilómetros de largo y unos ocho kilómetros de ancho en su parte mas gruesa)

Mucho mas dramática que esta observación fueron los reportes de fenómenos luminosos inusitados que tuvieron lugar entre las dos y las tres de la mañana del día 19 de Mayo. De las informaciones proporcionadas por varios observadores independientes en toda Europa (que en ese momento se encontraba en el hemisferio noche de la Tierra) se desprende que algún evento especial ocurrió sobre la atmósfera de nuestro planeta. Muchos de ellos coinciden en la descripción de un gran pilar vertical de luz con una extensión de unos cincuenta grados hasta su base. En muchos lugares la observación de este fenómeno fue limitada por la Luna. Sin embargo, aun cuando la forma y dimensiones de la estructura reportada difiere de observador a observador es claro que un fenómeno luminoso tuvo lugar aquella noche y que coincidió (anticipándose por una hora) con el momento del tránsito del cometa por el eje Sol-Tierra.

Como sucede en eventos reportados en la prensa o através de comunicaciones verbales, el mundo científico de entonces adoptó una posición cautelosa y se expresó duda de que el evento hubiera sido debido al cruce de la Tierra por la estela del Cometa Halley. Las razones que se esgrimieron eran que la mencionada estela permaneció en el mismo sitio del cielo en donde se había venido observando, y fue hasta el día 21 de Mayo cuando apareció proyectada al otro lado de la esfera celeste. La razón de tan repentino viraje puede apreciarse en la Figura 1. En su movimiento de alejamiento desde el Sol, el cometa Halley cruzó el plano de la eclíptica (el plano en el que se mueve la Tierra) desde el norte del hemisferio celeste hacia el Sur. Antes del cruce, la estela del cometa quedaba proyectada en el cielo del amanecer (hacia el este), pero al pasar al hemisferio sur su posición co-

* Instituto de Geofísica, UNAM
Ensenada, Baja California.



respondió a la de las horas anteriores al anochecer (hacia el oeste). Este argumento fue utilizado en los círculos científicos para concluir que el momento de mayor acercamiento de la Tierra a la estela del Cometa Halley ocurrió entre los días 20 y 21 de Mayo, y no el día 19. Esta tesis era además apoyada por el conocimiento, que ya se tenía entonces, de la curvatura de las estelas de los cometas en dirección opuesta a su movimiento. Tal circunstancia se debe al hecho de que las partículas del gas que emana del núcleo quedan rezagadas con respecto al movimiento del mismo. Según se puede apreciar de la Figura 1 era razonable esperar que la cauda curvada del Cometa Halley quedara proyectada hacia el Este (al norte de la eclíptica) aún después de que el núcleo hubiera atravesado (el día 19) el plano de la eclíptica, de manera tal que un posible cruce debía haber ocurrido hasta después de esa fecha.

A 76 años de distancia podemos señalar que los argumentos utilizados por la comunidad científica de entonces eran ciertamente correctos, pero incompletos. De hecho, poco se sabía de la compleja estructura de las caudas cometarias y menos aún de que hubieran otros fenómenos que controlaran la formación de las mismas. Hoy día sabemos que, en realidad, hay dos tipos de caudas en los cometas y que una de ellas, formada por material ionizado de la atmósfera cometaria, se extiende por muchos millones de kilómetros por atrás del núcleo sin mostrar nin-

guna curvatura. La razón de la diferente geometría de esta cauda radica en su diferente origen pues, a diferencia de la cauda de gases neutros, la cauda de material ionizado resulta del arrastre de estas partículas por el viento solar (del cual no se supo de su existencia sino hasta la segunda mitad del siglo). Debido a que, en general, la cauda de material ionizado (plasma) es mucho más débil que la cauda (curvada) de gases neutros no había en 1910 razón para pensar en ella como una entidad independiente sino, posiblemente, como una componente variable de la segunda. De cualquier manera no nos es muy difícil hoy día el considerar que los reportes de observaciones visuales de la madrugada del día 19 de Mayo no fueron producto de la imaginación popular sino descripciones de efectos asociados con el cruce de la Tierra por la cauda de plasma del Cometa Halley. El hecho de que tal evento haya ocurrido tan solo una hora antes del cruce del cometa por el eje Sol-Tierra se ajusta muy aproximadamente a la dirección (aberrada) del viento solar y coincide con el concepto de que dicha cauda se extiende por detrás del núcleo sin ninguna curvatura.

Toda esta información nos conduce a plantear una pregunta de mucho interés: ¿Cuáles fueron los eventos que condujeron a la generación de las estructuras que fueron observadas visualmente en el cielo de Europa la madrugada del 19 de Mayo de 1910? En realidad no es difícil plantear, en base al conocimiento que hoy día se tiene sobre la atmósfera superior y la magnetósfera terrestres, la secuencia de fenómenos que pudo haber ocurrido al cruzar la Tierra por la cauda de plasma del Cometa Halley. Se puede pensar, por ejemplo, que al acercarse a dicha cauda nuestro planeta fue sujeta a un intenso bombardeo de partículas eléctricamente cargadas, y que al incidir éstas sobre la magnetósfera de la Tierra dieron lugar, muy probablemente, a que se generara un estado de saturación de partículas dentro de la misma. Como ocurre ocasionalmente bajo condiciones normales, la magnetósfera de la Tierra puede almacenar solamente una cierta cantidad de partículas. Cuando sucede ocurren fenómenos explosivos (de reconexión magnética) en los que un gran número de electrones y protones son inyectados desde la cola magnetosférica hacia las regiones polares de la Tierra a lo largo de las líneas de campo geomagnético. El fenó-

meno conduce a una fuerte precipitación de partículas en las capas superiores de la atmósfera para dar lugar a la impresionante actividad auroral que es común en altas latitudes. Es posible, entonces, que una versión intensificada de este fenómeno pudo haber ocurrido al cruzar la Tierra, y su magnetósfera, la estela de plasma del Cometa Halley. En este caso la intensidad del proceso pudo haber sido tan alta que la excitación de la atmósfera superior de la Tierra se extendió, por lo menos, hasta las latitudes de los países europeos en donde

se observó el fenómeno. Es necesario hacer notar que el interés que despiertan los relatos de las observaciones visuales hechas en 1910 muestra cuán diferente fue la impresión que causó la anterior visita del Cometa Halley. A diferencia de esa ocasión la que nos tocó vivir en 1986 obviamente no será recordada por su espectacularidad sino por las muy afortunadas y exitosas investigaciones realizadas con los vehículos espaciales que interceptaron al cometa en su largo peregrinar por el espacio.

* * * * *

CUOTAS PARA 1987

Las cuotas para 1987 serán las siguientes:

Miembro	<u>Nacionales:</u>	
	Ordinario	\$ 10,000.-
	Estudiante	\$ 5,000.-
	Institución	\$ 10,000.-
<u>Extranjeros:</u>		
	Ordinario	\$ 20.00 Dls. USA
	Estudiante	\$ 10.00 Dls. USA
	Institución	\$ 20.00 Dls. USA

Si las cuotas se pagan durante 1986 habrá una reducción para los miembros nacionales de la siguiente manera.

Miembro ordinario	\$ 8,000.-
estudiante	\$ 4,000.-
institución	\$ 8,000.-

Las personas que no hayan sido miembros en 1986 por favor llenen la forma adjunta y entreguénla con su pago. Los pagos pueden hacerse directamente con el Tesorero de la Unión o por correo a nuestro apartado postal enviando cheque (si es de un banco del D.F.) o giro postal. ¡No dejes para Mañana lo que Puedes Hacer Hoy!



Jaime Urrutia*

- ¿Qué cual es la velocidad relativa de acercamiento de dos partículas de masas m y M ...?, pues, ¿qué no dijo que venía de la Revista Quipu¹?
- + Bueno, vengo de Chispa, y si queremos conocer la velocidad de acercamiento de dos partículas de masas m y M , inicialmente en reposo y sujetas a su atracción gravitacional, justo en el momento de encontrarse.
- Vaya, bueno en fin. La velocidad relativa de acercamiento v de las dos partículas situadas a una distancia cualquiera d , está dada por:

$$v = \sqrt{\frac{2 G (M + m)}{d}}$$

en donde G es la constante de gravitación universal². De aquí tenemos que, cuando d tiende a cero y las partículas se encuentran, la velocidad tiende a

$$\lim_{d \rightarrow 0} v^2 = \lim_{d \rightarrow 0} \frac{2G (M + m)}{d}$$

vaya, pues tiende a infinito...

- + Oiga, y eso de que la velocidad de la luz es la velocidad máxima posible en el Universo...
- Mire eso es algo más complejo y ... Bueno, ¿a qué me dijo que había venido?
- + Ah, sí. La razón de esta visita es enseñarle un manuscrito encontrado hace unos meses en el viejo continente, en una isla. Este desafortunadamente ha desaparecido -su destino constituye un misterio- y deseamos averiguar por qué ocurrió y quiénes son los responsables. Una de las personas que pudo examinar el manuscrito nos ha dejado estas notas sobre su contenido.
- ¿Dejado?... a ver por favor.

- + Aquí están. El también desapareció.
- Vaya, vaya. Esto sería algo así como... y esto podría ser el símbolo para... La notación es algo vieja, quizá del siglo XVI o XVII, pero algo simple. Esto parece mal copiado, ... ¿qué será? -bueno a ver que es esto, pasándolo así y así tenemos que... mm, bueno, parece que queda así.
- Pero mire nada más, que interesante está esta parte -y esta y esta otra-. Es sólo mi interpretación y necesitaré revisar estas notas con mayor cuidado, claro está, pero parece que son sobre...

(3)

- La relación es, oiga mire, sería la fuerza de atracción F entre dos partículas de masas m y M separadas una distancia dada d , en las relaciones antiguas de espacio euclidiano:

$$F = G \frac{Mm}{d^2 + \frac{2G (M + m)}{c^2} d}$$

y con todo y su explicación. Aquí está c representa una velocidad límite claramente. Para la fórmula me permití usar la c por razones obvias -sería la velocidad de la luz- nuestra velocidad límite. Y mire, puesta así las unidades son consistentes; en nuestro sistema de notación quedarían como:

$$\frac{[M^{-1} L^3 T^{-2}] [M^2]}{[L]^2 + [M^{-1} L^3 T^{-2}] [M] [L^{-2} T^2] [L]} \rightarrow [MLT^{-2}]$$

* Lab. de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM, D. Coyoacán 04510 D.F. MEXICO

1 N. del A., Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología.

2 N. del A., $G = 6.673 \cdot 10^{-11} \text{ N-m}^2/\text{kg}^2$

(3) N. del E., Segmento retirado por indicaciones del árbitro académico de esta revista GEOS.

Y mire, esto podría ser la velocidad de acercamiento de dos partículas y ...

Su pregunta inicial, eh ¿Cómo supieron esto antes?

- + Bueno, mire, parece que venían unos diagramas en el manuscrito. Estos no fueron copiados, pero alguien los vio y pensó que eran sobre esto.

- La fórmula queda así

$$v = \sqrt{2G \frac{(M+m)}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}}}$$

Y qui, cuando d tiende a cero y las partículas se encuentran, tenemos que

$$\lim_{d \rightarrow 0} v^2 = \lim_{d \rightarrow 0} 2G \frac{M+m}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}}$$

¡Qué le parece! La velocidad relativa de acercamiento es la velocidad de la luz.

- + Interesante, sólo que esto parece que va a complicar las relaciones.
- Pero, y esto que sigue es más interesante. Aquí se incluye al tiempo t como un campo escalar. Con ello se divide al espacio-tiempo en 'regiones espaciales' de geometría euclidiana, esto es en el 'espacio absoluto' en el que la física marcha al paso del 'tiempo absoluto', pero que se curva y se tienen desviaciones geodéticas al entrar y salir de las 'regiones espaciales' de geometría plana (con t constante) con métrica tridimensional y base de coordenadas ortonormal.
- + Vaya y eso qué es.

- Pues es algo así como relacionar el espacio y el tiempo, unidos en la física relativística, pero en una física newtoniana. Como poner la teoría gravitatoria newtoniana en una forma geométrica, independiente de coordenadas. La simplicidad geométrica de la relatividad general en un lenguaje geométrico independiente del sistema de coordenadas, es uno de los atractivos mayores de la teoría. En este lenguaje la teoría newtoniana es bien compleja, y en el punto de vista estético predominante hoy en día, indica falta de elegancia y belleza.

- + ¡Cómo!, pero si las relaciones newtonianas son bien sencillas. Son tan simples, que hasta yo las entendí en la escuela.
- Bueno, sí, son elegantemente simples en un sistema de coordenadas galileano, pe-

ro ...

- + Y las relativísticas en ese sistema...
- Ah, en un sistema específico de coordenadas, las relaciones relativísticas expresadas por ejemplo como ecuaciones diferenciales para los coeficientes métricos, son mucho más complicadas.

+ ¿Qué entiende por esas divisiones de 'regiones espaciales' y cómo es que para una geometría plana en cada una de ellas, se pueda incluir la curvatura del espacio-tiempo asociada con la gravedad?

- Aquí el espacio-tiempo está 'estratificado', y transporte en circuitos cerrados dentro de cada región permite regresar al punto de partida; en estas regiones las geodésicas paralelas permanecen paralelas. Sin embargo si se mueve en tiempo digamos ΔT al momento del transporte y luego se regresa $-\Delta t$, ya no se regresa al punto de partida. ... Luego lo piensa en su casa. Mire, aquí hay otras cosas interesantes en su manuscrito.

Aquí hay una energía potencial E_p

$$E_p = \frac{Mmc^2}{2(M+m)} \ln \left\{ \frac{d}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}} \right\}$$

y acá una energía cinética E_c para dos partículas

$$E_c = \frac{1}{2} (M+m) \left\{ \frac{2G (M+m)}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}} \right\}$$

que en el límite cuando $d \rightarrow 0$ y $M = m$ da:

$$E = mc^2$$

Y esto de la masa relativística m_r , en términos de la energía cinética E_c y una masa inicial m_0

$$m_r = \frac{E_c}{c^2} = \frac{1}{2} \frac{m_0 v^2}{c^2}$$

Aquí cuando $v \rightarrow c$ se tiene la mitad de m_0

$$\lim_{v \rightarrow c} m_0 \left(\frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)^2$$

$$v \rightarrow c$$

- + ¿Esto por qué es importante?

- Tradicionalmente, la masa relativística está dada por:

$$m_r = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

que cuando $v \rightarrow c$, se tiene $m_r \rightarrow \infty$

$$\lim_{v \rightarrow c} \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- Y en esta parte estas relaciones se usan para contactos de partículas y antipartículas, y quizá para asociar otras energías como la eléctrica y la magnética. Y después de varias tazas más de café... Seguidas de más tazas de café, combinadas con algunas de té.

+ Y bien, ¿cual es su opinión?

- Todo es sueño, y los sueños, sueños son. Y no mencione mi nombre por favor -usted y yo nunca nos hemos visto, ¿está claro? -Pero déjeme una copia de esto, - es sólo para convencerme de que no sueño.

REFERENCIAS

Misner, C.W., Thorne, K.S. & Wheeler, S.A., 1973, *Gravitation*, W.H. Freeman & Co., San Francisco, Calif., EE.UU., 1279 pp.

* * * * *

BECAS PARA ESTUDIANTES

REUNIÓN ANUAL 1987

Como para esta última Reunión muchos estudiantes decidieron ingresar a la UGM en el último momento para poder solicitar beca para asistir, la Mesa Directiva acordó que las becas para la Reunión Anual 1987 sólo se otorgarán a estudiantes que hayan pagado su cuota anual por lo menos 6 meses antes.



Carlos Gay*

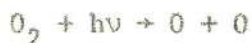
En 1930 (1) Chapman propuso lo que ahora conocemos como la teoría clásica del ozono estratosférico basada en la existencia del oxígeno en la atmósfera. Comprende cinco reacciones básicas.

El ozono se forma fundamentalmente a través de lo que conocemos como una colisión de tres cuerpos



donde O y O_2 son oxígeno atómico y molecular respectivamente, y M es un tercer cuerpo necesario para que esta reacción sea energéticamente posible.

El oxígeno molecular que se encuentra en la atmósfera da origen al oxígeno atómico al ser disociado por la absorción de la radiación proveniente del sol



donde $h\nu$ es un cuanto de radiación solar.

El ozono a su vez es destruido por dos mecanismos. El primero

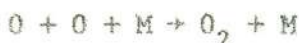


es por fotodisociación, y el segundo



reacción bimolecular.

Por último se puede considerar una reacción que destruye oxígeno atómico a través de una colisión de tres cuerpos



que restituye una molécula de oxígeno.

Esta reacción puede ser despreciada cuando la región considerada de la atmósfera está por debajo de 50 ó 60 km.

Este sistema de ecuaciones representa los procesos de producción y destrucción de los diferentes componentes de oxígeno (O , O_2 y O_3).

Cuando suponemos que la producción y la destrucción están en balance, estamos hablando de un estado de equilibrio fotoquímico, y las concentraciones para los diferentes componentes pueden ser determinadas.

El modelo de Chapman explicaba muy bien algunas características del ozono que se conocían desde los años 20 (2). Por ejemplo, que el ozono formaba una capa, y que el máximo de concentración se encontraba a unos 25 km de altura. Por otro lado, las concentraciones calculadas por el modelo para las regiones por encima del máximo resultaban exageradas. De cualquier manera, no era de esperarse que un modelo tan simple explicara todas las características del ozono. Sin embargo una cosa muy importante quedaba clara, que el ozono es el producto de mecanismos de creación y de destrucción y que su concentración podría alterarse al perturbarse cualquiera de ellos.

El modelo de Chapman también explicaba otras características de la atmósfera que se conocían desde los experimentos de Teisserenc de Bort en 1898 que demostraban la existencia de una región isoterma por encima de los 10 ó 12 km de altitud y que conocemos como la estratosfera. En efecto, posteriormente se encontró que la temperatura de la estratosfera aumenta con la altura.

La explicación a este aumento de temperatura es que para disociar tanto oxígeno molecular como ozono es necesario absorber fotones solares y esto tiene como consecuencia que la estratosfera se caliente. En particular la absorción por parte del ozono produce un máximo de temperatura a una altura aproximada de 50 km. Debemos mencionar que la rapidez

* Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

con que se llevan a cabo las reacciones fotoquímicas depende de la temperatura (3) de aquí que se presente un fuerte acoplamiento entre el ozono y la temperatura estratosférica y que una perturbación en uno de ellos conlleva a una perturbación en el otro.

También se explica en términos de la absorción por el ozono el abrupto corte alrededor de los 3000Å (.3um) en el espectro de la radiación solar medida en la superficie. Esto era conocido desde 1880, a partir de los estudios de Hartley sobre el espectro solar.

Las discrepancias entre las predicciones del modelo de Chapman y las observaciones condujeron, en los años 50, a que se investigara los efectos que gases como el monóxido de carbono (CO), el metano (CH₄), el óxido nítrico (N₂O) y el radical hidroxilo (OH) tendrían sobre el ozono.

Por esas fechas, Bates y Nicolet desarrollan la primera teoría fotoquímica del ozono, y Craig (3) publica una monografía en donde se compendian las observaciones y se discuten las diferencias con la teoría fotoquímica basada en el esquema de Chapman.

El hecho de que el modelo de Chapman sobreestimara las concentraciones de ozono por arriba de los 25 km indicaba que otros mecanismos de destrucción deberían estar presentes.

La investigación continuó despertando interés, aunque no hizo furor sino hasta los años 70 cuando la destrucción catalítica del ozono se vuelve una posibilidad real. Las reacciones catalíticas se pueden resumir como:



donde la X puede ser óxido nítrico (NO), cloro (Cl), hidroxido (OH) o bien hidrógeno (H).

El resultado neto es:



la destrucción del ozono y la permanencia del XO.

Las posibles fuentes del NO y OH son el dióxido de nitrógeno y el agua al reaccionar con átomos de oxígenos excitados respectivamente. Las fuentes del cloro más importantes son de origen humano y son los clorofluorocarbonos (CFC). Debería mencionarse aquí, que actualmente la fotoquímica del ozono comprende más de 150 ecuaciones.

La posibilidad de destrucción del ozono a través de reacciones catalíticas representa un grave peligro para la vida. El ozono absorbe el 99 por ciento de la radiación ultravioleta que proviene del sol, y nos protege de sus efectos nocivos.

La agencia de protección del ambiente de los Estados Unidos (E.P.A.) por ejemplo, ha estimado que una disminución de 2.5% en el ozono podría significar para los EEUU, 15,000 casos más de cáncer de piel. Por otro lado, incrementos importantes en la radiación ultravioleta que llegaran a la superficie podrían alterar todos los ciclos biológicos al perturbar los elementos que lo componen y causar una catástrofe planetaria. Son estos factores sobre los que por cierto no quiero insistir, los que a fin de cuentas hacen muy importante el estudio de la capa de ozono y que son el origen de las crisis a las que nos vamos a referir.

LA PRIMERA CRISIS

No fue sino hasta los años 70, como ya mencionamos, cuando el interés sobre el ozono vuelve a reavivarse con la introducción en la aviación comercial de aviones del tipo Concorde, que viajan a una altura de aproximadamente 17 km y a mayor velocidad que el sonido,

La preocupación de los investigadores se dirigía a los efectos que los gases de combustión producidos por los aviones supersónicos tendrían sobre la capa de ozono.

Se investigaron los posibles efectos que el vapor de agua tendrían sobre el ozono y se

llegó a la conclusión que serían despreciables, teniendo en cuenta el tamaño de la flota de aviones que estaría en servicio, y por tanto los excesos producidos de vapor de agua.

Sin embargo, la acción de los óxidos de nitrógeno (producidos por los motores de los aviones) sobre el ozono sería muy importante. A partir de un esquema algo simplista (ver la primera sección), los óxidos de nitrógeno, a través de las reacciones catalíticas descritas anteriormente podrían destruir la capa de ozono.

Los estudios realizados en los Estados Unidos condujeron en parte a la suspensión de la construcción del avión estratosférico americano.

Mientras tanto, la sociedad europea que se encargó de la construcción del Concorde, sospechando que los estudios realizados sobre el impacto que los transportes estratosféricos tendrían en la capa de ozono, podrían constituir una conspiración contra su construcción, decidieron encargar más estudios a científicos europeos.

Tres descubrimientos, en opinión de los europeos, vinieron a calmar la situación: primero, se encontró en los fertilizantes una fuente natural para los óxidos de nitrógeno (hemioxido de nitrógeno N_2O), y segundo, los modelos fotoquímicos que incluían al dióxido de nitrógeno (NO_2) detectado en la atmósfera en 1969 a través del análisis de la luz solar en la región del infrarrojo, indicaban que existía un equilibrio entre los óxidos de nitrógeno y el ozono. Un poco más tarde, el descubrimiento de ácido nítrico en la atmósfera demostraba la existencia de un sumidero natural, es decir un mecanismo de destrucción para los óxidos de nitrógeno, que haría que éstos no fueran una amenaza para el ozono. En conclusión, los resultados de los estudios indicaban que si acaso el Concorde contribuyera a la destrucción del ozono, estos efectos serían de cualquier manera muy pequeños. Cabe indicar que estos resultados no fueron universalmente aceptados.

LA SEGUNDA CRISIS

No bien habíase acabado el furor acerca del impacto de los transportes estratosféricos sobre la capa de ozono, cuando una nueva amenaza se presentó. Esta la constituía la presencia de los clorofluorocarbonos (también conocidos como "Freones") en la atmósfera. Estas sustancias se emplean en refrigeración artificial, en la producción de espumas plásticas, y como impulsores en lantatomizadoras y por lo tanto, representan un gran interés comercial.

El problema con los freones es que aunque a nivel troposféricos son sustancias bastante estables y por lo tanto con tiempos de residencia largos, una vez que llegan a la estratosfera por el transporte vertical, son destruidos. La radiación solar los disocia liberando átomos de cloro, que al igual que los óxidos de nitrógeno atacan al ozono a través de reacciones catalíticas; sólo que en este caso con mucho mayor eficiencia, un átomo de cloro puede destruir 10,000 moléculas de ozono. A partir de los estudios de Rowland y Molina realizados en 1974 que demostraban estos hechos, y de trabajos posteriores, algunos países como EEUU, Canadá y Suecia, preocupados por las posibles influencias negativas de los freones sobre la capa de ozono, tomaron acciones para el control de estas sustancias.

Otra vez y debido a las implicaciones de tipo económico que el control representaría, se inició, al igual que con el avión supersónico estratosférico, una polémica. Por un lado, los Estados Unidos proponían acciones inmediatas de control, como la eliminación del uso de freones no fundamentales como pulverizadores (que en efecto adoptó), y por otro, la comunidad económica europea proponía esperar a que hubiera evidencia clara de que la capa de ozono estuviera siendo afectada. De cualquier manera, se plantearon dos enfoques diferentes bajo una misma limitación, que sería la de establecer un control una vez que se llegara a un tope que correspondería a una vez y media la producción de 1980 (4).

Los dos enfoques representan una diferencia de alrededor de 13 años en llegar a dicho límite siendo la proposición americana la que busca este lapso extra.

LA CRISIS MAS RECIENTE

A pesar de que los estudios más conservadores que son los producidos por los europeos y que de acuerdo a diferentes condiciones y según ellos, de acuerdo a los escenarios más adversos indican que los efectos al ozono se empezarían a dejar notar hacia el primer tercio del Siglo XXI, recientemente han sido publicados estudios que resultan alarmantes. En un trabajo publicado por Hutton et. al., en 1985 (5), en la revista Nature, se demuestra que la concentración de ozono estratosférico sobre el polo sur sufre una dramática disminución durante los octubres del periodo 1980-1984, significando para 1984 una disminución del 40% cuando se compara con los promedios obtenidos para el periodo entre 1957 y 1973. Con el propósito de encontrar alguna explicación a esta disminución, estos autores muestran que para el mismo periodo (1980-1984), la concentración de CFC (clorofluorocarbones) fue en aumento. En ese trabajo se busca una explicación basada exclusivamente en términos fotoquímicos, pues causas debidas a cambios en la circulación pueden desecharse por la evidente ausencia de éstos.

Así pues, la explicación se encuentra en términos de la destrucción del ozono producida por los átomos de cloro liberados de los CFC.

Una explicación como la presentada por Hutton y colaboradores apunta de hecho al origen básicamente humano de la perturbación provocada en la capa de ozono.

Es interesante notar que aunque la ocurrencia del ahora llamado agujero, se venía observando desde 1977. Los resultados se publicaron en 1985; esto se debió a la cautela y cuidado con que se realizan los análisis y que, en el caso del ozono, condujo a los investigadores a pensar que las lecturas muy bajas eran el resultado de mediciones erróneas. Sin embargo; después de revisar los datos se ha confirmado la existencia del mencionado agujero.

Las importantes implicaciones para los humanos de la existencia de una disminución notable en la capa de ozono, hacen que ésta se convierta en sujeto de encabezados, así que recientemente apareció en los diarios la noticia de que una expedición de científicos

porteamericanos estaba realizando experimentos en el Polo Sur midiendo las concentraciones de ozono. Sus resultados son otra vez alarmantes, pues indican que se ha vuelto a producir una disminución del 50 por ciento.

En esta ocasión, la explicación adelantada por los investigadores está basada nuevamente en la fotoquímica del ozono pero siendo el agua el mayor causante de la disminución. El vapor de agua es producido, según ellos, por la evaporación de las nubes polares durante la primavera. Este razonamiento parece indicar que las causas son naturales. Sin embargo, no nos parece que sean las únicas, pues de ser así, las disminuciones deberían haberse presentado también en el periodo previo al de las disminuciones drásticas, ya que la evaporación de las nubes polares debe ser un acontecimiento normal y no sujeto al periodo de los ochenta.

LOS PELIGROS

Una pregunta que se ocurre, y que de hecho está implícita en el trato que los medios de difusión aplican a estos estudios científicos es: ¿estas disminuciones representan algún peligro inmediato para los humanos?. O poniéndolo de otra manera, ¿nos vamos a freír? La respuesta es: lo más probable es que no representa un peligro inmediato.

Ahora bien, por inmediato entendemos ahora o mañana, o el mes que viene, incluso el año que viene. Sin embargo, los resultados de las observaciones recientes deberían tomarse como las advertencias que la naturaleza nos está haciendo. Ya hemos mencionado que estudios recientes pronostican que disminuciones importantes pueden producirse (bajo condiciones actuales en cuanto a producción de CFC), para los años treinta del siglo que viene, lo que no representaría ahora algo alarmante. Pero si tomamos en cuenta que existen parámetros que en la teoría no son bien conocidos y que no se conocen bien las condiciones bajo las cuales procesos destructivos podrían dispararse en procesos no lineales, deberíamos ser mucho más cautelosos en cuanto a la producción de CFC de lo que somos ahora, teniendo en cuenta que los CFC producidos durante los últimos 10 años, aún no llegan a la estratosfera. Las drásticas disminuciones observadas recientemente pueden significar que lo que

se consideraba como escenarios muy pesimistas resultan aún optimistas, y que un mayor control debería imponerse de inmediato.

El argumento de que las observaciones (aparte de las correspondientes a los eventos polares), no indicaban cambios importantes, y que las teorías que pronosticaban estos cambios no eran entonces definitivas, y que por lo tanto se podrían dejar las cosas como están, no es válido por dos razones. En primer lugar, aunque los modelos contengan algunas incertidumbres, no hay duda de que todos apuntan hacia la posible destrucción de la capa de ozono, y como las implicaciones son tan graves, se debería actuar de manera preventiva sin esperar a que se produjera la prueba que de por sí sería catastrófica.

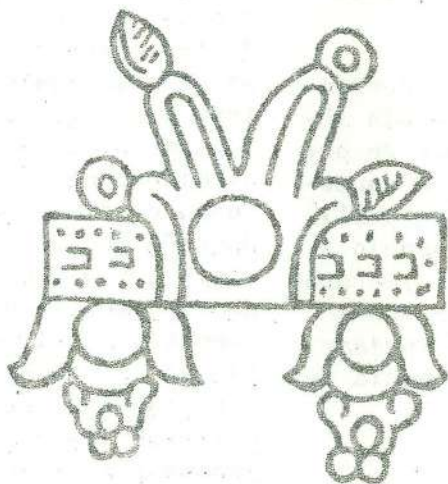
En segundo lugar, es posible que la evidencia experimental que se estaba buscando se haya presentado ya con las observaciones realizadas en el Polo Sur.

Mi último comentario es que la naturaleza ha sido tan sabia que los avisos recientes nos los ha dado sobre regiones despobladas del planeta, pues otra cosa hubiera sido si estos agujeros se hubieran producido encima de Nueva York o de la ciudad de México.

BIBLIOGRAFIA

1. Kuo-Nan Liou. An introduction to Atmospheric Radiation. Academic press. New York, pp. 392, 1980.
2. Christian Muller. El ozono de la atmósfera. Mundo Científico. Vol. 2, No. 13, 372-382, 1981.
3. Craig, R.A. The observation of photochemistry of atmospheric ozone and their meteorological significance. Meteorological Monographs Vol. 1, No. 2, 1-50, 1950.
4. Anna Lubinska, Europe Takes a cheerful view. Nature Vol. 313, 727-728, 1985.
5. Farman, J.C. Gardiner, B.G. and Shanklin, J.D. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction. Nature Vol. 315. 207-209. 1985.

* * * * *



*Silvia Bravo**

Hace algunos años surgió entre algunos profesionales de las áreas Geofísicas el interés por crear en la Facultad de Ciencias de la UNAM un Departamento de Ciencias de la Tierra. Se proponía que este Departamento se encargara de administrar diversas licenciaturas y posgrados relativos al estudio de la Tierra y sus alrededores desde un punto de vista "científico". Aunque en este proyecto intervinieron muchos intereses políticos y personales (los cuales finalmente dieron al traste con él), algunas personas participamos con legítimo entusiasmo, creyendo que era buena idea.

Hubo también muchas reacciones opuestas a este proyecto, la mayoría muy furiosas, y movidas también por intereses políticos y personales (¡la gran peste!). Pero había, creo yo, un cuestionamiento académico legítimo en algunos de los contendientes de la oposición: ¿para qué crear otro Departamento de Ciencias de la Tierra si ya había uno en la Facultad de Ingeniería?

Efectivamente, este Departamento tenía ya entonces algunos años de haberse creado y había producido ya un número considerable de Ingenieros Geofísicos, algunos de ellos realmente brillantes. Además, entre las carreras que se pensaban impartir en la Facultad de Ciencias estaba la de "Geólogo", que tampoco parecía justificada siendo que existe desde hace muchísimos años la carrera de Ingeniero Geólogo en la Facultad de Ingeniería.

Como los intereses políticos y personales son "inconfesables", todas las discusiones que se dieron respecto a este proyecto pretendían estar en el plano académico, aunque no faltaron también argumentos "moralistas" que pretendían destacar lo "dañino" que sería para la pureza inmaculada de la Facultad de Ciencias contaminarse con una ciencia tan "reaccionaria" como la Geofísica. De estos argumentos no hablaré más y sólo

* Departamento de Estudios Espaciales
Instituto de Geofísica, UNAM.

los recordé aquí para amenizar un poco la lectura; pero si quisiera ahondar en el argumento de la *duplicidad* de funciones entre el Departamento propuesto y el ya existente, pues fue éste, además, sobre el que más se discutió (dolosa y honestamente). El aspecto doloso de esta discusión tampoco tiene importancia, pues se reduce simplemente al tapujo que se le tenía que poner a los inconfesables, pero en el aspecto honesto creo yo que había legítimamente una confusión, por parte de los ingenieros, en cuanto a la función que se pretendía cumplir con este nuevo Departamento. Creo que tampoco para los defensores de él estuvo muy clara la idea, pero siempre se escudaron tras la declaración enfática de que no es lo mismo un científico que un ingeniero, y de que aunque la "técnica" de la Geofísica ya se enseñaba en la Facultad de Ingeniería, la "ciencia" de la Geofísica debía enseñarse en la Facultad de Ciencias. Yo participé entusiastamente en la defensa de esta diferencia y quisiera exponer aquí algunas de mis apreciaciones.

¿QUE ES UNA CIENCIA?

Primeramente debo confesar que yo soy física y que mi contacto con la Geofísica se inició cuando ya había terminado la carrera, la cual está orientada fundamentalmente a la física atómica y áreas afines. En la Facultad de Ciencias nunca me hablaron de lo que es la ciencia ni de cómo la ciencia debe hacerse; las ideas que tengo al respecto las he ido forjando en la brega. En esto realmente fui muy afortunada pues ahora sí se habla y se discute sobre estos temas... ¡y deberían oír lo que dicen! Así pues, asumo toda la responsabilidad de la descripción que voy a tratar de hacer.

La ciencia, como yo la entiendo, es una búsqueda de imágenes coherentes, de patrones regulares, de "leyes" generales de comportamiento que se puedan atribuir a la naturaleza y que surgen de nuestras observaciones y experimentos. Las ciencias físicas, en particular, buscan además la elaboración de modelos matemáticos que representen el esta-

de del conocimiento que poseemos o nuestra actual "visión del mundo", y no voy a entrar aquí en detalles respecto a la importancia de esta matematización, ni respecto a la consistencia y poder que ella proporciona a las teorías físicas, pues considero que todos los lectores los conocen de sobra.

La ciencia requiere de herramientas de observación, de exploración, de experimentación, y las ciencias modernas requieren herramientas en general muy complejas. Estas herramientas han podido extender el alcance de nuestros sentidos en una medida que no hubiera sido posible prever hace sólo algunas décadas, y nuestra confianza en su ulterior desarrollo es absoluta.

La ciencia es una constante inquisición respecto a los mecanismos que operan en la naturaleza y trata de producir un conocimiento estructurado que se refuerce a sí mismo de manera coherente y que pueda también servir como herramienta que permita prever, y tal vez conducir, el curso de los sucesos. La ciencia pretende describir el universo de manera tal que esta descripción sirva para intervenir en él.

Es posible que haya tantas definiciones de ciencia como científicos, o tantas como seres pensantes, y la dada aquí no pretende ser ni la mejor ni la más clara, pero es con la que yo funciono y en base a ella voy a discutir lo que sigue.

¿CIENCIA O INGENIERIA?

Lo que a mí me llevó a participar con entusiasmo en el proyecto de creación de otras carreras sobre aspectos "GEO'S", en particular la carrera de "Geofísico", en la Facultad de Ciencias no fue que creyera que en Ingeniería lo estaban haciendo mal, sino que creía, y creo, que están haciendo otra cosa.

No conozco con exactitud el curriculum de la carrera de Ingeniero Geofísico pero sí se que las expectativas de un ingeniero son muy distintas a las de un científico, en cuanto a su profesión, claro está. Un ingeniero es una persona que se prepara para dominar una serie de técnicas (instrumentales, matemáticas, etc.) para aplicarlas en la realización de un proyecto. Hasta aquí

lo mismo podría decirse de un científico, pero la diferencia es que los proyectos de un ingeniero no están inspirados por la filosofía que hemos descrito en la sección anterior al hablar de ciencia. Los ingenieros buscan resultados concretos, particulares; utilizan las relaciones generales para aplicarlas a casos específicos. Procuran sacarle jugo al conocimiento que tenemos del mundo, ponerlo a trabajar, pero en general no es su intención producirlo.

Al decir esto no pretendo disminuir el valor de los ingenieros -¡los respeto y admiro profundamente!- y si hemos de ser sinceros, habrá que admitir que ellos son los que hacen "caminar al mundo". Se habla de todos los frutos que la ciencia ha brindado al mejoramiento de la vida, pero son los ingenieros los que han sabido cosechar los frutos. Si puntualizo diferencias es simplemente por eso, porque quiero destacar que su intención profesional es diferente, que su interés es diferente, que el resultado de su trabajo no es ciencia.

Es cierto que siempre ha habido "científicos-ingenieros" e "ingenieros-científicos", pero eso no invalida el que ambas cosas sean diferentes. Y aunque el conjuntar los dos tipos de actitudes y habilidades en una misma persona ha producido frutos maravillosos, esto es cuestión de personalidades, más que de planes de estudio. Por esto es que creo, y la experiencia me ha confirmado, que para hacer investigaciones geofísicas desde el punto de vista de la ciencia es más fácil orientar hacia ellas a un físico, que tratar de convencer a un ingeniero de que se dedique a otras cosas, de que busque otros fines. Y si ese físico se orienta desde la licenciatura -que es lo que se quería hacer con la carrera de Geofísico- tanto mejor. La intención no era desplazar a nadie, sino reforzar el área científica con un plan de formación de recursos humanos más eficiente, pues nuestro país no cuenta más que con unas cuantas decenas de personas realmente dedicadas a hacer ciencias de la Tierra. El plan fracasó, pero el argumento sigue en pie.

INSTITUTO DE GEOFISICA: ¿INVESTIGACION O SERVICIO?

En el Instituto de Geofísica de la UNAM, los físicos iniciados en la Geofísica hasta el posgrado coexistimos pacíficamente con los

ingenieros iniciados en la Geofísica desde la licenciatura -es mas, ¡somos buenos amigos!-.

Nuestro instituto es un instituto de investigación científica, donde los conductores de los proyectos tienen el nombramiento de "investigadores" y en el que se pretende hacer ciencias de la Tierra*. La mayor parte de los investigadores provienen de la Facultad de Ciencias, pero hay también ingenieros de origen dedicados a hacer legítima investigación geofísica (aunque representan un porcentaje infinitesimal entre el total de egresados). Además, hay también personas de ambos bandos que se dedican a contratar sus servicios, a hacer exploraciones de las características geofísicas de ciertas localidades, financiadas por instituciones o compañías que desean conocer esas características.

Las políticas dependen del director en turno y si en la administración pasada se puso mucho énfasis en que el instituto no era una compañía que contrataba sus servicios, en la administración actual se enfatiza lo contrario; debe producirse lo que se pueda vender. Ultimamente se ha hablado mucho (bien y mal) de la idea de un "nacionalismo científico" que pretende ser la política rectora y según la cual debe hacerse "ciencia nacional", es decir investigar solo lo nuestro y en función de un servicio a nuestro país, de una colaboración a la solución de nuestros problemas nacionales. No tengo nada en contra de que los científicos trabajen para su país ni de que la ciencia sirva para ayudar a resolver los problemas del pueblo, pero ése es un asunto de los políticos y no de los científicos. De nada sirve que los científicos se esfuercen en dar soluciones si al gobierno no le interesa implementarlas, además de que las soluciones que la ciencia puede dar a la mayor parte de nuestros problemas graves ya están dadas, pues nuestros problemas no son únicos ni somos los primeros que los padecemos. Falta la decisión política y esa, por desgracia o por suerte, no está en nuestras manos.

* El IGF tiene a su cargo también dos servicios nacionales: el sísmológico y el mareográfico; pero de ellos no hablaremos aquí.

Es innegable, sin embargo, que existen problemas nacionales para cuya solución se requiere la ayuda de gente con conocimientos especiales, muchos de los cuales pueden formar parte del bagaje cultural de cierto tipo de científicos o de la metodología que éstos emplean, y mal haría el gobierno, si está interesado en la solución de esos problemas, en no aprovecharlos. Ojalá proliferaran cada vez más en nuestro país centros de investigación dedicados a buscar soluciones a problemas nacionales específicos, ojalá que el trabajo ahí realizado fuera de la mejor calidad y ojalá que las decisiones gubernamentales finalmente tomadas tuvieran que ver con los resultados de esas investigaciones y fueran implementadas y con buena voluntad. Pero todo esto, vuelvo a repetir es tarea de los políticos.

Sin embargo, yo creo que en centros tales, los científicos debieran ser solo asesores y debería dárseles la libertad de seguir usando la mayor parte de su tiempo para hacer "ciencia" en el contexto amplio, sin adjetivos restrictivos y deformantes, ciencia que sea la búsqueda del conocimiento de los mecanismos generales, ciencia en la que participen con el resto de sus congéneres en la búsqueda del entendimiento de los fenómenos, en nuestro caso, geofísicos, que forman parte de un solo sistema que llamamos Tierra el cual obedece a las mismas leyes en cualquier idioma. Aislar la ciencia, restringirla, conducirla, es finalmente negarla.

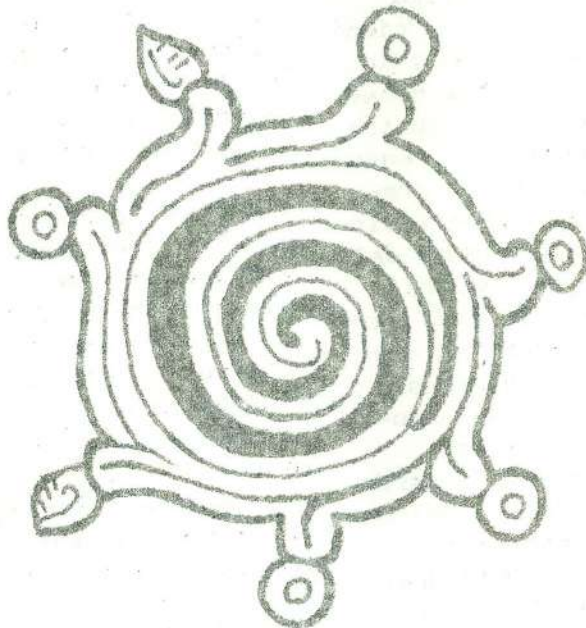
Como todo lo que he dicho podría parecer que estoy en contra de que un instituto de investigación científica de la UNAM, como el nuestro, preste sus servicios; pero no es así. De lo que sí estoy en contra es de la idea de que el instituto debe servir *sólo* para eso, de que *toda* la ciencia que se haga sea exclusivamente "nacional" y por contratos (si es que esto es ciencia) y en los que otros deciden qué hacer y dónde hacerlo sin que uno tenga después mayor ingerencia sobre el uso de los resultados. Estoy consciente de la escasez tan grande de científicos que padece nuestro país y el rentarle los suyos a la UNAM puede ser un buen trato para ambas partes pues le permite a nuestra institución hacerse de mayores fondos para su funcionamiento sin ser des-

pojada de su personal científico. Lo malo es que estas personas se dediquen de tiempo completo al cumplimiento de dichos contratos pues así la UNAM no solo sí se ve despojada de su personal de investigación sino que además está empleando sus propios recursos (incluyendo sus plazas) en el servicio de intereses externos, ya que tiene contratado personal que aunque califique de "investigadores" no hace realmente investigación sino que se dedica a dar servicios y a usar los fondos adquiridos por esos servicios exclusivamente en aumentar su capacidad de darlos. Pensar en que ésta deba ser la función principal de un instituto de investigación científica es desconocer lo que es la ciencia y lo que es el papel de las universidades.

Existen ciencias y técnicas geofísicas y ambas se retroalimentan y hacen uso unas de las otras. Existen Servicios Geofísicos y servicios que pueden prestar los geofísicos,

y la posibilidad de mejoramiento de éstos depende fundamentalmente del desarrollo de las ciencias y las técnicas geofísicas. Todo es importante, todo va unido, todo debe desarrollarse en nuestro país. Pero de todo esto, la parte más débil, la que requiere mayor protección para su desarrollo es la parte de investigación, la producción de la ciencia, pues requiere de mucha preparación, de mucho esfuerzo, de mucha infraestructura y la retribución económica que se recibe es considerablemente menor que en los otros casos. Y si las universidades no amparan, promueven y apoyan este tipo de actividad, ¿quién va a hacerlo? No es que el aspecto científico de la geofísica sea el más importante, pero dado que es el más desfavorecido y que su debilidad de alguna manera redunde en los otros aspectos de la actividad geofísica, creo que sería una gran tontería descuidarlo.

* * * *



DE SISMOS HISTORICOS MEXICANOS: LOS
TEMBLORES DEL 28 DE MARZO AL 3 DE ABRIL
DE 1787

Gerardo Sudrez R.*

De entre las decenas de sismos históricos que han afectado a nuestro país en los últimos 450 ó 500 años, destacan la serie de temblores ocurridos entre el 28 de marzo y el 3 de abril de 1787, debido a los reportes de enormes maremotos observados en las costas de los estados de Guerrero y Oaxaca. Esta secuencia de sismos se inicia el 28 de marzo con un temblor que se sintió "en todas las partes del reino a las once y cuarto de la mañana con diferencia de algunos minutos". En la Cd. de México, la correspondencia de virreyes informa que se sintió como una serie de fuertes movimientos de norte a sur y de este a poniente; diversos reportes informan que el temblor fue sentido durante un lapso de cinco a seis minutos.

Un fuerte terremoto se reporta a aproximadamente la misma hora en Morelia, Oaxaca, Teotitlán del Valle, Ometepe, Veracruz, Tulancingo y muchas otras ciudades del sur y centro del país. En Teotitlán del Valle, por cierto, la Santa Inquisición levantó un proceso en contra de Bernardo Madrid, teniente general de la Alcaldía mayor del pueblo, quien tuvo el herético atrevimiento de mofarse de los naturales del pueblo, quienes abrazados de las imágenes de la Virgen María y de Jesús Nazareno imploraban misericordia al cielo.

En la Cd. de México se reportan numerosos edificios dañados, aunque en los informes que tenemos hasta la fecha no se especifica cuales edificios fueron afectados y en que parte de la ciudad estaban ubicados; en forma específica solo se reportan daños en Palacio Nacional y en el Cañón de la Diputación. En la Cd. de Oaxaca se informa que también se desplomaron muchos edificios. En ambas ciudades se decretan edictos que

prohíben el tráfico de carruajes con el fin de evitar que las vibraciones producidas por el paso de los vehículos produjese mayores daños a los edificios que se encontraban en situación "lastimosa".

Sin embargo, el efecto más impresionante de este temblor fue el maremoto que arrasó las costas del Pacífico, en la región fronteriza de los estados de Guerrero y Oaxaca. En la Barra de Alotengo, al sur de lo que es ahora la ciudad de Pinotepa Nacional tuvo lugar el maremoto más grande que haya sido reportado en la historia de México. La narración del Alcalde de Igualapan publicada en la Gaceta de mayo de 1787 habla con elocuencia del fenómeno. "El 28 de marzo de ese año, a las doce del día se sintió un espantoso movimiento que duró cerca de cinco minutos, repitiéndose en la tarde y en la noche con sacudimientos varios. En Acapulco también se sintió. El mar se vio correr en retirada y luego crecer y rebosar sobre el muelle, repitiéndose esto varias veces por espacio de veinticuatro horas, al mismo tiempo que la tierra se cernía con frecuentes terremotos. En la playa abierta salieron de caja las aguas del mar, derramándose con fuerza y arrastrando entre sus ondas gran cantidad de ganado, que pareció. Algunos costeros, como el mayordomo de la hacienda de D. Francisco Rivas, regidor de Oaxaca, pudieron salvar sus vidas encaramándose en los árboles hasta que se retiraron las aguas. Algunos pescadores, en la Barra de Alotengo, a las once horas de ese día vieron con asombro que el mar se retiraba, dejando descubiertas, en más de una legua de extensión, tierras de diversos colores, peñascos y árboles submarinos, y que retrocediendo luego con la velocidad con que se había alejado, cubría con sus ondas los bosques de la playa, en que se internó más de dos leguas, dejando entre las ramas de

* Instituto de Geofísica, UNAM.

los árboles muchos y variados peces y muertos; algunos de los pescadores perecieron, y otros pudieron salvarse muy estropeados".

Cabe aquí recordar al lector que una legua es equivalente a cuatro kilómetros. De tal forma que, de acuerdo a la carta del alcalde de Igualapa, el maremoto producido por el temblor del 28 de marzo penetra tierra adentro por una distancia de aproximadamente ocho kilómetros. Esta enorme invasión de las aguas sobre el continente puede comprenderse mejor al observar que la topografía general de la costa es muy baja en esta zona limítrofe de Guerrero y Oaxaca, donde se encuentran muchas barras costeras y esteros. No deja de ser, sin embargo, un maremoto de gran magnitud. Con fines de comparación, podemos tomar los pasados sismos de Michoacán del 19 y 21 de septiembre. Las marejadas más grandes que fueron observadas durante estos sismos tuvieron una altura máxima de aproximadamente dos metros, e invadieron un palmo de terreno de solo unas cuantas centenas de metros como máximo. Además, las marejadas más grandes fueron observadas en bahías cerradas -Zihuatanejo por ejemplo-, donde ocurre un efecto importante de amplificación. Es probable que este enorme maremoto de 1787 se produjo no solo como resultado de la gran magnitud del sismo, sino que refleja también una mayor deformación del piso oceánico como resultado del temblor, que la comúnmente observada en otros sismos mexicanos de subducción.

Como sucede siempre en el caso de sismos históricos, la baja densidad de población a lo largo de la costa hace difícil el delimitar la extensión de la falla que se deslizó para producir el sismo del 28 de marzo de 1787. Sin embargo, podemos obtener una estimación gruesa de la longitud de la falla si consideramos que la costa en la región de Pinotepa Nacional, donde se reporta el mayor efecto del maremoto, es aproximadamente el centro de la zona de ruptura, y que Acapulco, donde la marejada más alta alcanzó una altura de "doce pies", es el extremo noroeste.

Si este fue el caso, el sismo del 28 de marzo de 1787 pudo haber roto la falla de subducción por una longitud de entre 250 y 300 km, desde Acapulco hasta algún punto al norte de Puerto Escondido. Los daños en la Cd. de Oaxaca sugieren que el sismo se extendió hasta parte de la costa más cercana a esta ciudad. El punto de la costa más cercano a

la ciudad de Oaxaca es cerca de Puerto Escondido.

El temblor del 28 de marzo fué seguido por un gran número de réplicas. En la Cd. de México se informa que en el resto del día y de la noche se sintieron aproximadamente unas diez réplicas. El treinta de marzo se sintió una réplica grande acompañada de dos más pequeñas. Sin embargo, la secuencia parece culminar el día 3 de abril cuando se siente otro enorme terremoto que daña varios edificios más en la Cd. de Oaxaca y derriba las torres del convento de San Francisco. El temblor del 3 de abril produce daños en la Cd. de Tehuantepec, donde se reporta además un fuerte maremoto que arroja a la playa una gran cantidad de peces y conchas. Este mismo fenómeno de cambios en el nivel del mar se reporta en Pochutla y Juquila.

La información existente sugiere que el temblor del 3 de abril ocurrió en las costas de Oaxaca, entre Puerto Angel y Salina Cruz. La longitud de la falla sería de aproximadamente unos 150 km y ocuparía las zonas de ruptura de los sismos de 1978 y 1965. Al parecer, en una secuencia similar a la observada en septiembre de 1985, el temblor principal del 28 de marzo de 1787 rompe una parte de la falla de subducción y pocos días después la ruptura se continúa al segmento inmediatamente al sureste. Sin embargo, a juzgar por los efectos observados en 1787, los dos macrosismos de ese año fueron mayores que los del 19 de septiembre pasado. Una investigación histórica más profunda es necesaria para ampliar la imagen que ahora tenemos de esta importante secuencia de sismos de 1787.

NOTA: Las citas han sido tomadas de los trabajos "Efemérides Sísmicas" de Orozco y Berra publicadas en 1887 por la Sociedad Científica Antonio Alzate; y del estudio histórico de Rojas et. al. (1986) llamado "Y volvió a temblar", publicado por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

* * * * *

José Fco. Valdés G.*

Desde su descubrimiento casi incidental por William Herschell en 1781 hasta pocos días antes del 24 de enero de 1986, día en que el Viajero 2 tuvo su encuentro con Urano, poca era la información que se tenía acerca de él. Se conocían sus características orbitales, su color aparente, la inclinación extrema de su eje de rotación (82° con respecto al norte solar, mucho mayor que la de cualquier otro planeta), la existencia de 9 anillos alrededor de él (descubiertos en 1977 al observar un ocultamiento estelar) y se habían detectado 5 satélites (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania y Oberon) girando mas allá de los anillos, dos de ellos descubiertos por el mismo Herschell en 1787 y el último por Kupier en 1948. Sin embargo se ignoraban cuestiones tan elementales como su periodo de rotación o la existencia o no de un campo magnético interno.

NUEVOS ANILLOS, CUASI ANILLOS Y PASTORES

A partir de enero de 1986 nueva información acerca de este Gigante helado empezó a llegar a la tierra. Lo primero que se conoció fue la existencia de 9 pequeños satélites mas, girando en órbitas interiores a la de Miranda, dos de los cuales se les denominó satélites "pastores" pues sus órbitas se encuentran en los extremos del anillo "epsilon", el mas exterior de ellos. Este hallazgo, similar al descubrimiento hecho en Saturno 6 años antes, confirma las predicciones teóricas de que los "pastores" sirven para confinar gravitacionalmente a las partículas de los anillos a moverse en una franja muy estrecha.

En cuanto a los demás anillos fue observada su estructura interna, la cual como en el caso de Saturno, reveló la existencia de varias componentes en cada uno de ellos. Aún cuando hasta el momento los análisis de los datos muestran que la mayoría de

ellos están compuestos por partículas macroscópicas y muy poco polvo, se sabe solamente que el anillo mas exterior (epsilon) cuenta con un 90% de partículas mayores de 1 m de diámetro. Se encontraron también un sinnúmero de "arcos" o anillos parciales, el mas grande de los cuales se denominó 1986UIR y ya había sido detectado desde la Tierra, sin embargo se pensó que por no encontrarse a ambos lados del planeta podría deberse a un error experimental.

A diferencia de los anillos de Saturno que son muy brillantes debido a su composición de hielos, los anillos de Urano son oscuros y es probable que estén formados por compuestos de carbón y silicio.

Un resumen de las principales características de los anillos se presenta en la Tabla I.

EL CAMPO MAGNETICO: UNA PREGUNTA RESUELTA Y UN DILEMA

Antes del encuentro con el Viajero los científicos habían especulado sobre las posibilidades de existencia o no de campo magnético en Urano. Esta cuestión se resolvió 10 horas antes del mayor acercamiento entre la sonda espacial y el planeta, al cruzar aquella la onda de choque que se forma al encontrarse el viento solar con el obstáculo que representa la presencia de un campo magnético intenso. En efecto, Urano cuenta con un campo magnético significativo (momento magnético = 4×10^{27} Gauss cm^{-3}) cuya intensidad la ubica entre la Tierra y Saturno (el campo magnético de la Tierra es mas intenso que el de Saturno) y por lo tanto existe, como en los demás planetas magnetizados, una región a su alrededor en la cual existe predominantemente material de origen planetario: la magnetósfera.

Extrañamente la región mas exterior de la magnetósfera se encontró casi vacía de plasma y en la región interna pudieron identifi-

* Grupo de Física Espacial, Instituto de Geofísica, UNAM.

carse claramente dos poblaciones diferenciadas de plasma: una fría y densa interior a la órbita de Miranda y otra mas rarificada y caliente, mas allá de este satélite.

Se encontró también un anillo de radiación similar a los Cinturones de Van Allen que existen en la Magnetósfera Terrestre.

El resultado mas sorprendente en cuanto al magnetismo de Urano es que el planeta tiene su eje de rotación casi paralelo al plano de la eclíptica y su eje magnético se encuentra a 60 grados de inclinación respecto a este, lo cual representa un problema muy serio si se pretende explicar el origen del magnetismo planetario por la comunmente aceptada teoría del dinamo (Ver, Godínez, GEOS, 6, 2, 1986). Según esta teoría el eje de rotación y el magnético deben estar muy cercanos el uno al otro.

La existencia de un dipolo muy inclinado respecto a su eje de rotación parece ser determinante en la casi inexistencia de polvo en los anillos de Urano, pues este al obtener carga eléctrica por diversos procesos es alejado de los anillos por fuerzas electromagnéticas.

En cuanto a la polaridad la de Urano es similar a la de Júpiter y Saturno pero opuesta a la de la Tierra, esto es, el polo norte magnético corresponde al hemisferio que da la cara al Sol.

AURORAS ECUATORIALES Y RESPLANDOR ATMOSFERICO

La interacción entre el viento solar y las regiones abiertas de la magnetósfera pueden generar partículas de alta energía dentro de esta, que a su vez se precipitan hacia el planeta y, al chocar con las moléculas de la alta atmósfera generan la radiación característica de las auroras. Las regiones abiertas de la magnetósfera se encuentran cerca de los polos magnéticos. En el caso de Urano estas regiones, debido a la gran inclinación del eje magnético respecto al de rotación, se encuentran cercanas al ecuador y no a los polos como sucede en la Tierra, Júpiter y Saturno. El Viajero 2 a su paso por Urano detectó radiación ultravioleta característica de las auroras en el lado oscuro del planeta. Adicionalmente a esto encontró también en la parte

ionizada de la atmósfera (iososfera) un resplandor mucho mas intenso al observado en otros planetas y que requiere de una fuente de energía interna considerable para producirlo pues la cantidad de radiación solar incidente es alrededor de 1000 veces menor que la energía de este resplandor atmosférico, que resulta ser otra de las grandes incógnitas planteadas por la visita del Viajero 2.

METEOROLOGIA URANIANA

A diferencia del colorido Júpiter y del estructurado Saturno la atmósfera de Urano se nos muestra en primera inspección casi totalmente homogénea. Su color aguamarina se debe a la presencia de una pequeña cantidad de gas metano, que absorbe fuertemente la luz roja y por tanto la luz que el planeta refleja es primordialmente verde azulado. Cabe señalar que la abundancia de este gas es menor que una millonésima (10^{-6}) en porcentaje de las componentes de la atmósfera que esta formada primordialmente de Hidrógeno ($\sim 85\%$) y Helio ($\sim 12\%$).

Para encontrar alguna indicación estructural de la atmósfera Uraniana tuvieron que usarse filtros y alto contraste en las imágenes tomadas. De estas se pudieron deducir las velocidades de los vientos zonales los cuales son mas rápidos hacia los polos y mas lentos en el ecuador. Al comparar estos datos con la determinación de la rotación del planeta hecha por el experimento de radio (17 horas) se observó que los vientos circulan en la misma dirección que el Planeta. De acuerdo con este hecho y debido a la inclinación del eje de rotación del planeta se esperaba que los polos tuvieran una temperatura al menos 4 ó 5 grados mayor que en el ecuador. Sin embargo los resultados obtenidos muestran una temperatura casi uniforme (64°K) a todas latitudes, con excepción de una banda entre 10° y 40° que es alrededor de 2 grados Kelvin mas fría. Si esto se debe a algún mecanismo, desconocido aún, para redistribuir la energía solar recibida es una de las cuestiones que permanecen abiertas.

El perfil de temperaturas con la altura también pudo ser estimado hasta una profundidad de unas 1.6 atmósferas, encontrándose un mínimo alrededor de 0.1 atmós-

feras (52°K) por debajo y por encima de este nivel el perfil que se determinó es aproximadamente simétrico (máxima T=82°K). Los datos que se tienen a profundidades mayores no han sido aún dados a conocer.

LAS LUNAS MAYORES

La geología de las grandes lunas de Urano y sus distintas topografías fueron quizás la historia mas interesante que nos reveló el encuentro del Viajero 2. Desde las superficies llenas de cráteres que muestran poca o nula actividad interna de Oberon hasta las intrincadas formas de Miranda, en donde pudieron encontrarse al menos 10 tipos distintos de terreno, la variedad de características es sorprendente.

Titania, la luna hermana de Oberon y la mas grande de la familia muestra algunas evidencias de actividad tectónica en el pasado con un número significativo de cráteres.

Umbriel, que es la mas oscura de estas lunas tiene una superficie grisácea y distintivamente sus cráteres no tienen rayos brillantes radiales a su alrededor como en los otros casos.

Ariel es la mas brillante de todas las lunas mayores aunque hay grandes variaciones en su reflectividad (del 25 al 45%). Presenta muestras de actividad interna pero sus estructuras no son tan variadas como las de Miranda.

En la Tabla II se muestran las dimensiones y parámetros orbitales de estas 5 lunas Uranianas.

Aún cuando será muy difícil volver a lanzar un satélite hacia Urano en el futuro cercano los datos que esta visita ha arrojado serán suficientes para dar un gran paso adelante en la comprensión de la evolución de los cuerpos de nuestro sistema solar.

T A B L A I

Anillos de Urano

Anillo	Radio promedio de de la órbita (km)	Inclinación (grados)	Anchura (km)
6	41880	0.066	menor a 2
5	42280	0.050	menor a 2
4	42610	0.022	menor a 2
α	44760	0.017	5-10
β	45660	0.006	10
	47210	~ 0	componente angosta <5 componente difusa 55
γ	47630	0.006	menor a 1
δ	48310	0.012	8-10
1986U1R	50640	~ 0	3
ϵ	50800	~ 0	43

T A B L A I I

La Lunas Mayores de Urano

	Año Descubrimiento	Diámetro (km)	Radio Medio de la órbita (miles de km)	Periodo (hr)	Masa (Luna = 1)
Miranda	1948	480	129.4	24.8	0.003
Ariel	1851	1170	191.0	60.5	0.021
Umbriel	1851	1190	266.0	99.5	0.014
Titania	1787	1590	435.9	208.8	0.080
Oberon	1787	1550	583.5	321.1	0.082

Para el lector interesado

Mayor información sobre Urano puede encontrarse en:

a) Antes del Encuentro del Viajero 2.

- i) The Solar System. Scientific American Books, 1976.
- ii) The New Solar System. J.K. Beatty, B.O'Leary y A. Chaikin, Cambridge University Press, 1981.
- iii) Uranus: On the Eve of the Encounter, K. Croswell, Revista Astronomy 13, 9, 1985.

b) Después del Encuentro:

- i) Uranus: The Voyage Continues. R. Berry, Revista Astronomy, 1986.
- ii) EOS, Boletín de la AGU, 67, 7, 1986.
- iii) Voyager: Discovery at Uranus, R. Berry, Revista Astronomy 14, 5, 1986.
- iv) Número especial de SCIENCE, 233, 4759, 1986.

* * * * *

COMUNICACIONES

En este número no incluimos comunicaciones pues reservamos esta sección a las contribuciones de corta extensión y en esta ocasión todos los trabajos enviados fueron suficientemente extensos como para ser incluidos en la sección de artículos.

CORTAS O LARGAS, ESPERAMOS SEGUIR CONTANDO
CON SUS CONTRIBUCIONES

DON JOSE ANTONIO DE ALZATE Y RAMIREZ, II

Deseo iniciar esta segunda parte sobre Don José Antonio Alzate, disculpándome con mis compañeros de la Unión. Consideraba que en tres entregas sería posible presentar un panorama más o menos completo de la labor desarrollada por Alzate, sin embargo, me di cuenta que me había dejado engañar por la punta del Iceberg. El trabajo y el espíritu que animó a este criollo "cima de la ilustración en México"(1) son un ejemplo que bien podíamos imitar en nuestro tiempo.

Así pues, para entrar en materia, mencionaremos en primer lugar las aportaciones realizadas en el campo de los estudios geográficos. Durante la segunda mitad del siglo XVIII hubo cuatro problemas principales en que se trabajó en México; 1.- Determinar con precisión la longitud y latitud geográficas de la Ciudad de México. 2.- Elaborar un mapa lo más detallado posible de la Nueva España. 3.- Un estudio detallado del Valle de México y de sus desagües naturales y finalmente 4.- Determinar con mayor precisión la forma de la tierra, problema enfrentado por varios grupos europeos. Hizo además importantes observaciones y descripciones sobre sismos y eventos volcánicos.

En estos cuatro puntos, Antonio de Alzate hizo contribuciones importantes. En lo que se refiere a determinar la latitud y la longitud de la Ciudad de México, realizó diversas observaciones durante seis ocasiones diferentes, llegando a un valor de $100^{\circ} 30'00''$ para la longitud, este fue el valor que publicó junto con el plano del Valle de México de Singüenza y Góngora y que, él mismo explica, está basado en las observaciones de más de 25 eclipses de los satélites de Júpiter(2), observaciones que había comunicado a la Academia de Ciencias de París. En lo que a latitud respecta, Alzate menciona dos determinaciones: la de Vicente Doz que reporta un valor de $19^{\circ}21'2.5''$ y otra de Singüenza y Góngora reportada por Alzate, según Velázquez de León -dando un valor de $19^{\circ}23'$. Si bien la diferencia no es despreciable, es difícil poder discrimi-

nar la causa de la misma, ya que no se citan los puntos a los cuales se refieren dichos valores. De cualquier manera es de notar que las determinaciones de Alzate merecieron la acogida de la Academia de Ciencias de París, como ya se mencionó anteriormente.

En lo que se refiere a estudios geográficos en general Alzate publicó un mapa de la Nueva España en 1768(3). Este mapa incluía la Baja California, parte de la alta California, Nuevo México y Texas, llevando casi hasta lo que ahora es Corpus Christi. Por el Sureste, el mapa se extiende casi hasta Yucatán y Guatemala si bien en estas partes es menos preciso. El mapa incluye la división política del Virreynato y a pesar de imprecisiones sobre todo en los litorales de la Baja California, es notable el cuidado que Alzate tuvo por que las diversas comunidades, pueblos y ciudades quedaron bien ubicadas relativamente unas de otras ya que el mismo había hecho notar las imprecisiones y confusiones existentes en los mapas entonces en uso. Menciona expresamente que "... en los mapas de Mr. Nollin, que en Europa gozan de reputación... México en ellos, se halla al ocaso respecto de Querétaro y al Oriente de Tlaxcala"(3)

Sobre el Valle y la Ciudad de México, hizo una descripción muy completa de los mismos en que incluía la topografía, población, condiciones sanitarias y diversos problemas de la Metrópoli, formuló además un proyecto para resolver el problema del desagüe del Valle de México aprovechando las condiciones naturales de la Cuenca.

En otra dirección de estudio, Alzate hizo una ascensión al Iztaccihuatl(4) para realizar observaciones sobre la altura en que se alcanza el equilibrio de fusión del hielo. Menciona que en los estudios que están realizando diversos estudios sobre todo en Europa, acerca de la "Verdadera figura de la Tierra", la Academia de Ciencias de París se ha decidido a mandar una expedición de varios de sus miembros, con

equipo muy adecuado a fin de determinar el "Término constante de la congelación en el Volcán Pichincha en el Ecuador. En objetivo es que de las medidas barométricas realizadas en el lugar donde termina el hielo se puede inferir si dicho punto de equilibrio térmico entre fusión y congelación ocurre a distintas presiones atmosféricas siguiendo una ley determinada y de ahí inferir si la forma de la tierra se separa de la esférica. Para colaborar en estos estudios, Alzate realizó una ascensión al Iztaccihuatl y determinó, después de varias observaciones una medida de 16 pulgadas y $2\frac{1}{2}$ líneas, comparando con las medidas de 15 pulgadas, 11 líneas en el Pichincha y la de Mr. de Luc en los alpes de 19 pulgadas 6 líneas dice Alzate: "No quedándome ya duda de la exactitud de mis observaciones, comencé a ver realizadas mis conjeturas... el término constante de la congelación se acerca al centro de la tierra en proporción al aumento de latitud".

Finalmente, para concluir esta entrega, mencionaremos que Alzate realizó varias observaciones sobre terremotos. En particular descubrió el acaecido el cuatro de abril de 1768. Distingue entre los causados por "Fuegos subterráneos y por el desfogo de lo volcanes(5) y los que conmueven la tierra y cuyos efectos se hacen sentir a muy largas distancias. En el terremoto que describe hace notar que empezó como a las seis y media de la mañana con movimientos lentos, pero que luego fueron tan violentos que no se conserva memoria de otro igual. Las fuentes se vaciaron casi y el terremoto siguió en su movimiento dos direcciones una norte a sur y otra oriente a poniente como lo demuestra el que se hayan parado dos relojes de péndulo cuyas oscilaciones coincidían con esas direcciones respectivamente.

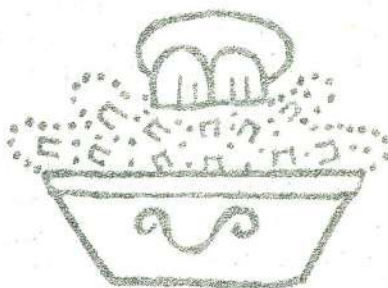
En este mismo trabajo, expone Alzate algunos comentarios sobre los volcanes y sus causas, los que ponen en evidencia lo actualizado que se encontraba sobre las observaciones de volcanes en diversas partes del mundo.

Cerraremos esta entrega prometiendo en la próxima hablar de sus observaciones astronómicas y atmosféricas donde hizo también contribuciones importantes para su época.

BIBLIOGRAFIA

1. Navarro, B.: La Cima de la Ilustración: Alzate; en: Cultura Mexicana Moderna en el siglo XVIII. UNAM, 1964.
2. De Gortari, E.; La Ciencia en la Historia de México, Grijalbo, México, 1980.
3. Alzate, J.A.; Estado de la Geografía en la Nueva España y modo de perfeccionarla, en Historia de la Ciencia en México, siglo XVIII; Elías Trabulse, CONACYT FCE, México, 1985.
4. Alzate, J.A.; Observaciones Físicas ejecutadas por Don José de Alzate en la Sierra Nevada situada al Este Sudeste respecto de México, a la distancia de quince leguas; en Historia de la Ciencia en México, Siglo XVIII Elías Trabulse; CONACYT/FCE, México, 1985.
5. Alzate, J.A.; Observaciones Físicas sobre el terremoto acaecido el cuatro de abril del presente año; en Historia de la Ciencia en México, Siglo XVIII; Elías Trabulse; CONACYT/FCE, México 1985.

Adolfo Orozco



GEOFISICA

ISSN 0016-7169

INTERNACIONAL

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

Vol. 26

México, D.F., 1o de enero de 1987

Núm. 1

Contenido

Págs.

S. P. VERMA: *Mexican Volcanic Belt (Preface).*

S. F. CEBULL and D. H. SHURBET: Mexican Volcanic Belt: an intra-plate transform?

L. MANZANILLA y M. C. SERRA: Aprovechamiento de recursos de origen biológico en la Cuenca de México.

M. CAMERON, K. SPAULDING and K. L. CAMERON: A synthesis and comparison of the geochemistry of volcanic rocks of the Sierra Madre Occidental and Mexican Volcanic Belt.

J. J. McGEE, R. I. TILLING and W. A. DUFFIELD: Petrologic characteristics of the 1982 and Pre-1982 eruptive products of El Chichón volcano, Chiapas, México.

G. T. NIXON, A. DEMANT, R. L. ARMSTRONG and J. E. HARAKAL: K Ar and geologic data bearing on the age and evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt.

* * *

Publicada con la ayuda del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

MEXICO

1987

QUEREMOS REITERAR NUESTRA INVITACION A
QUE NOS ENVIEN LOS RESÚMENES DE LOS TRABAJOS DE IN-
VESTIGACION QUE HAN ENVIADO A PUBLICAR. ESTO AYUDA
A DAR A CONOCER SU TRABAJO Y PARA ELLO ESTA GEOS,

REUNION 1986

Como todos sabemos, la Reunión Anual 1986 de la UGM se celebró en la ciudad de Morelia, Mich. durante los días del 10 al 15 de noviembre, teniendo como sede la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. En la reunión se presentaron 182 trabajos divididos en 3 Simposios (Faja Volcánica Mexicana, Aguas Subterráneas y Temblor de Michoacán 1985) y en las sesiones de Oceanografía, Ciencias Atmosféricas, Tierra Sólida, Exploración Geofísica y Aeronomía y Estudios Espaciales. Se realizaron también 2 mesas redondas: una sobre las Perforaciones Marítimas en el Golfo de California y otra sobre Riesgo Sísmico y Volcánico; en esta última se discutió un borrador de La Declaración de Morelia, cuya versión final se incluye también en este número.

En la tarde del viernes 14 se llevó a cabo nuestra Asamblea General Anual cuyos principales acuerdos fueron:

1. En vista del interés que han mostrado algunos compañeros que laboran en el estado de Chiapas, se decidió promover la afiliación de más geofísicos en el sureste del país a fin de que puedan contar con su propia vocalía a la Mesa Directiva (estatutariamente se requieren 20 afiliados en una zona geográfica para crear la vocalía).
2. En sustitución del M. en C. Raúl Castro, quien renunciara a la vocalía centro de la Mesa Directiva, resultó electo el Dr. Luis Delgado del Instituto de Geología de la UNAM.
3. Se discutió y aprobó la Declaración de Morelia cuyo texto final se incluye por separado en este mismo boletín.
4. En relación al manejo editorial de nuestra revista de investigación "Geofísica Internacional" se decidió crear una comisión para que proponga formas de funcionamiento a futuro. La Comisión quedó integrada por:
 - Dr. Julián Adam, Presidente honorario de la UGM.
 - Dr. Saúl Alvarez Borrego, Director CICESE (o la persona que él designe)
 - Dr. Ismael Herrera, Director del Instituto de Geofísica, UNAM.
 - Dr. Jaime Urrutia, Presidente de la UGM.

más las personas de la Mesa Directiva que ésta misma decida nombrar para el propósito.

5. Se presentaron las candidaturas de las ciudades de Ensenada, Guanajuato y Jalapa como sedes para la reunión 1987, al final se dió un voto de confianza a la Mesa Directiva para que ella decida entre éstas u otras sedes que pudieran ser propuestas.

Queremos aprovechar este espacio para reiterar nuestro profundo agradecimiento al M. en C. Humberto Ruiz, director de la Escuela de Física y Matemáticas sede de nuestra Reunión 1986, al Dr. Oscar Campos de la Dirección de Geoterma de la CFE y a las personas que colaboraron con ellos por el indispensable y desinteresado apoyo que nos prestaron para la realización de esta Reunión Anual.

(Informe del Secretario de Difusión,
Dr. José Fco. Valdés)

PLATICAS DE DIVULGACION EN JALAPA

La UGM colaboró con la Facultad de Física de la Universidad Veracruzana en Jalapa para la realización de una serie de conferencias cuyo título fue "Un Paseo a Través de las Ciencias de la Tierra" el cual se llevó a cabo del 25 al 30 de noviembre con el siguiente programa:

- Martes 25 Nortes y Ciclones
Pedro Mosiño (CCA-UNAM)
- Miércoles 26 La Exploración Geofísica en México
Manuel Mena (IGF-UNAM)
- Jueves 27 El Sol y su Dominio
Jesús Arenas (IGF-UNAM)
- Viernes 28 Cambios climáticos y el Océano
José Barberán (CCML-UNAM)
- Sábado 29 Un Viaje al Centro de la Tierra
Rosa Ma. Prol (IGF-UNAM)
- Domingo 30 Un Huracán visto desde un Satélite
Tomás Morales (CCA-UNAM)

* * * * *

CONFERENCIA EN EL POLI

En la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional se han estado llevando a cabo conferencias de temas geofísicos organizadas por la Jefatura de la Carrera de Ing. Geofísico en esa institución. El programa se inició en mayo de este año y concluirá en marzo de 1987. Incluimos a continuación el programa completo, invitándolo cordialmente a que asista a las que aún están por realizarse pues la entrada es libre.

- Mayo 16, 1986- "El Terremoto del 19 de Septiembre de 1985; su aspecto sísmico ($M_s=8.1$)"
M. en C. Miguel Rodríguez (II-UNAM)
- Junio 11, 1986- "Importancia de las Fallas de Crecimiento en el Entrampamiento de Hidrocarburos"
M. I. Feo. Sánchez de Tagle de la I. (PEMEX)
- Julio 8, 1986- "Paleomagnetismo"
Ing. Luis Alva V. (IGF-UNAM)
- Julio 15, 1986- "Estudios Geofísicos en la Zona Geotérmica de Guanacaste, Costa Rica"
Geof. Germán Leando Calvo (ICE-Costa Rica)
- Oct. 10, 1986- "Modelado Sísmico en 2 Dimensiones" (Computadoras)
Ing. Alejandro López (COMESA)
- Oct. 30, 1986- "Dos Casos Históricos de Integración Geofísico-Geológica en México" (Prospección del Hierro)
M.C. Luis Figueroa (IMP)
- Nov. 6, 1986- "Tectónica de Placas"
Dra. Ma. Fernanda Campa (PEMEX)
- Nov. 13, 1986- "Estudios Geofísico-Geohidrológico Abastecimiento de Agua Potable para la Cd. de Guadalajara"
Ing. Marco A. Ruiz (SARH)
- Nov. 18, 1986- "Utilización del Geoflex como Fuente de Energía Sísmica"
Ing. Rodolfo Cruz Hernández (PEMEX)
- Nov. 27, 1986- "Interpretación Gravimétrica en la Cuenca Salina del Istmo"
Ing. Cesar Navarro Tafoya (PEMEX)
- Dic. 4, 1986- "Geofísica Marina de Alta Resolución Aplicada a la Geotecnia"
Ing. Jaime Villanueva S. (PEMEX)
- Enero 8, 1987 - "Versatilidad en la Operación Geofísica Sísmológica utilizando como Fuente de Energía el Vibrosismo"
Ing. Jorge Vera S. (PEMEX)
- Enero 26, 1987- "Geofísica Marina aplicada al Desarrollo de Obras Civiles"

Ing. Eduardo Galvan García (IMP)
Feb. 12, 1987- "Percepción Remota" (Geodesia)

Ing. Armando Madera Soza (PEMEX)
Marzo 2, 1987- "Utilización de Sensores Remotos en la Investigación Geotérmica"

Ing. Roberto Hernández Zuñiga (CFE)
Marzo 20, 1987- "Operadores Espectrales en el Proceso de Ondícula y su Aplicación a Inversión Sísmica"

Ing. Jesús Álvarez M. (COMESA)

Todas las conferencias se llevarán a cabo en el Auditorio del Edificio No. 9 de la E.S.I.A.-U.P.Z., a las horas.

El Observatorio Vulcanológico del Instituto de Geofísica informa que la actividad del Volcán Tacaná permanece sin cambios de consideración, manteniéndose la fumarola y la energía sísmica en los mismos niveles reportados en el GEOS anterior.

El Volcán de Colima cuya peligrosidad ha sido ampliamente reportada se encuentra vigilado por dos estaciones sísmológicas fijas, además de una red de monitoreo de radón. A principios del mes de enero de 1987 se planea intensificar las observaciones geofísicas y ampliar las redes de vigilancia en colaboración con la Universidad de Colima.

(Informó Manuel Mena)

* * * * *





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE GEOFISICA

SERVICIO SISMOLOGICO NACIONAL

Señalera del SSN
Apdo. Postal 21282
04000 México, D.F.
Tel. (905) 548 9838
Observatorio de Tacubaya
Tel. (905) 515 0980
Télex: 1760107 IGSSME

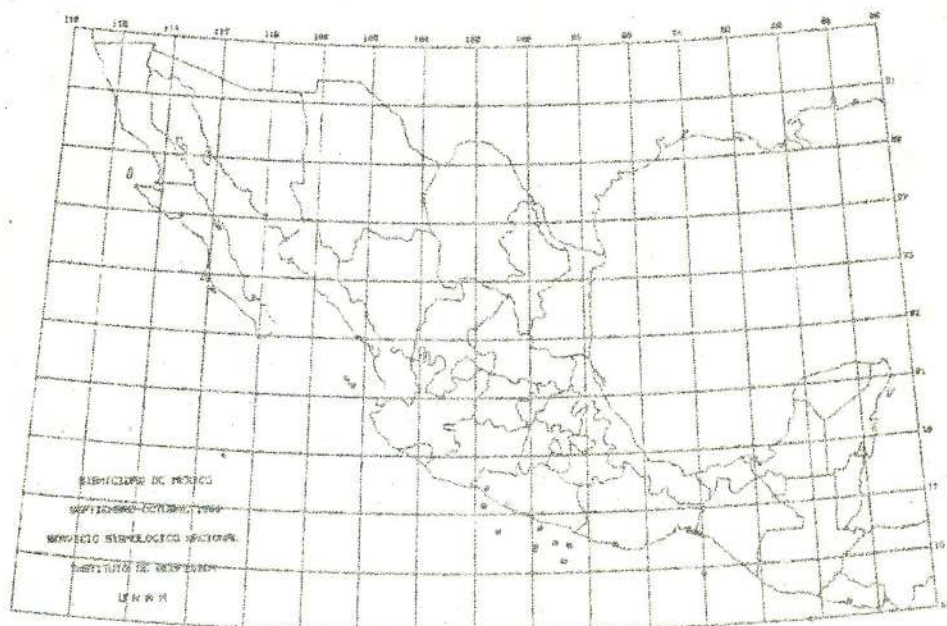
REPORTE DEL SERVICIO SISMOLOGICO NACIONAL

Jorge Rivera - Casiano Jiménez

El Servicio Sismológico Nacional tiene el agrado de informar sobre la actividad sísmica ocurrida en el periodo septiembre-octubre de 1986 que fue reportada en sus boletines de prensa. Se da un listado de epicentros preliminares y un mapa que los contiene.

FECHA	HORA LOCAL	EPICENTRO PRELIMINAR	MAGNITUD	REGION
<u>SEPTIEMBRE</u>				
4	17:31	15.9 N 99.9 W	4.5	Frente a las Costas de Guerrero
18	01:19	15.8 N 99.9 W	3.8	Frente a las Costas de Guerrero
21	09:19	15.9 N 98.7 W	5.0	Frente a las Costas de Guerrero-Oaxaca
25	00:18	21.4 N 106.4W	5.0	En la región de las Islas Marias
30	12:57	16.0 N 99.2 W	4.5	Frente a las Costas de Guerrero
30	21:02	15.4 N 98.9 W	5.0	Frente a las Costas de Guerrero-Oaxaca
<u>OCTUBRE</u>				
1	04:12	15.4 N 98.9 W	5.0	Frente a las Costas de Guerrero-Oaxaca
2	23:38	14.8 N 94.0 W	5.5	En el Golfo de Tehuantepec
5	12:54	15.9 N 97.1 W	3.5	En las Costas de Oaxaca
6	04:59	16.4 N 101.2W	4.0	Frente a las Costas de Guerrero
6	07:18	17.1 N 100.6W	3.0	Frente a las Costas de Guerrero
7	12:10	16.3 N 94.5 W	5.0	En el Istmo de Tehuantepec

FECHA	HORA LOCAL	EPICENTRO PRELIMINAR	MAGNITUD	REGION
OCTUBRE				
10	11:49	12.9 N 90.4 W	7.0	Frente a las Costas de El Salvador
14	08:33	17.3 N 100.9W	3.7	En las Costas de Guerrero
14	09:25	17.3 N 100.9W	3.7	En las Costas de Guerrero
14	14:47	17.3 N 100.9W	4.0	En las Costas de Guerrero
21	01:39	17.9 N 101.6	4.0	En las Costas de Guerrero
21	15:09	13.5 N 89.0 W	6.2	En las Costas de El Salvador
26	11:41	17.3 N 101.7W	3.5	Frente a las Costas de Guerrero
30	14:16	16.5 N 99.7 W	3.6	En las Costas de Guerrero



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**POSGRADO
EN
GEOFÍSICA**



Maestría y Doctorado en las áreas:

**AGUAS SUBTERRÁNEAS
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA
SISMOLOGÍA Y FÍSICA DEL INTERIOR DE
LA TIERRA
ESTUDIOS ESPACIALES**

Sede Académica: INSTITUTO DE GEOFÍSICA

**OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO
ACADEMICO**

Formar maestros y doctores en Geofísica, dentro de las áreas de Aguas Subterráneas, Exploración Geofísica, Sismología y Física del Interior de la Tierra, y Estudios Espaciales. Esto es, científicos y académicos de alto nivel, capaces de participar en el análisis y solución de problemas nacionales o utilizando métodos científicos y tecnológicos de frontera, de desarrollar investigaciones originales y de contribuir en la formación de futuras generaciones de geofísicos, en los distintos niveles de estudios superiores.

DURACIÓN Y ESTRUCTURA

Maestría

- El programa tiene una duración de cuatro semestres y exige dedicación de tiempo completo.
- El plan de estudio está integrado por Cursos Obligatorios y Optativos, y por actividades de investigación. Estas últimas están dirigidas al desarrollo de los Proyectos de Investigación asignados como parte integral de los cursos avanzados, y a la elaboración de la Tesis de Maestría.
- El número total de créditos académicos es de 90, 40 de los cuales se obtendrán de actividades académicas obligatorias y 50 de optativas.



**UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONAL Y DE POSGRADO DEL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

Doctorado

- El programa tiene una duración de cinco semestres y exige dedicación de tiempo completo.
- El plan de estudio consiste en Unidades Teóricas y en Trabajos de Investigación encaminados a la elaboración de la Tesis Doctoral.
- El número total de créditos académicos es de 150, integrados por 90 créditos de trabajo predoctoral y 60 créditos de Tesis Doctoral.

EXAMEN DE ADMISIÓN

Maestría

- Pretende evaluar los conocimientos básicos del aspirante en Física, Química, Geología y Matemáticas, así como aquellos relacionados con la opción de estudios seleccionada.

Doctorado

- Pretende evaluar la madurez y profundidad de la formación académica y científica del aspirante. Para ello, el aspirante deberá presentar un trabajo escrito que exponga la fundamentación de un programa de investigación que haya desarrollado personalmente, el que constituirá a una exposición oral consistente en la presentación y defensa del mismo, incluyendo sus perspectivas futuras de extensión y desarrollo.

Los exámenes de admisión y la entrevista tendrán lugar en las instalaciones del Instituto de Geofísica de la UNAM, Ciudad Universitaria, según calendario oficial.

REQUISITOS DE INGRESO

Maestría

- Poser título profesional en Física, Geofísica, Geología, Ingeniería, Química, o en algún área académicamente afín (a juicio del Consejo Interno del Proyecto Académico).
- Aprobar un examen de comprensión del idioma inglés que versará sobre temática geofísica.
- Establecer el compromiso de dedicar tiempo completo a los cursos y/o investigaciones que desarrolle.
- Aprobar el examen de admisión a Maestría y sostener una entrevista con el Comité de Admisión.

Doctorado

- Poser un título profesional y haber concluido el plan de estudios de Maestría en Física, Geofísica, Geología, Ingeniería, Química, o en algún área académicamente afín (a juicio del Consejo Interno del Proyecto Académico).
- Aprobar los exámenes de comprensión del idioma inglés.
- Establecer el compromiso de dedicar tiempo completo a los cursos y/o investigaciones que desarrolle.
- Aprobar el examen de admisión a Doctorado, y sostener una entrevista con el Comité de Admisión.

Los exámenes de admisión y la entrevista tendrán lugar en las instalaciones de la UNAM, Ciudad Universitaria, según calendario oficial.

BECAS

- Se dispone de un número limitado de becas para estudiantes de Maestría y Doctorado.
- Los interesados dirigirse al Subcomité de Becas del Instituto de Geofísica, UNAM, Ciudad Universitaria.

INFORMACIÓN Y CURSOS

- Coordinación de Formación de Recursos Humanos, Posgrado en Geofísica, Instituto de Geofísica, UNAM, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.
Apartado Postal 19054.
Tel.: 550 53 59

REGISTRO E INSCRIPCIONES

- Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del C.C.H., UNAM (Depto. de Servicios Estudiantiles) Oficinas Técnicas, Planta Baja, Ex Edificio de Radio Universidad, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.
Tel.: 550-52 15 Ext. 3562 y 3563

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA

100th ANNUAL MEETING

AND GEOSCIENCE EXPOSITION

OCTOBER 26-29, 1987

PHOENIX CIVIC CENTER

PHOENIX, ARIZONA

Solicitar mayores informes a:

GSA EXHIBITS COORDINATOR
3300 Penrose Place
P.O. Box 9140
Boulder, CO 80501

DECLARACION DE MORELIA

AL C. PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

A LOS C. GOBERNADORES DE LOS ESTADOS DE LA FEDERACION

A LA COMUNIDAD CIENTIFICA

A LA OPINION PUBLICA

La Unión Geofísica Mexicana hace un llamado al conjunto de la sociedad mexicana a adoptar medidas de prevención ante los efectos de un próximo evento sísmico que podría tener características similares a las del 9 de septiembre de 1985. La probabilidad de ocurrencia de dicho sismo en el futuro cercano, dentro del periodo comprendido en alrededor de una o dos décadas, es particularmente alta.

Hasta hace relativamente poco tiempo, el nivel de riesgo sísmico en una zona sólo se podía extimar a partir de los rasgos generales de la historia sísmica de la región. Estas estimaciones generales indican que nuestro país está situado en una zona de muy alta sismicidad.

El carácter insuficiente de estos conocimientos generales se refleja en el hecho de que las estimaciones sobre la peligrosidad sísmica y el nivel de preparación social necesarios han tenido que ser revaluadas después de la ocurrencia de sismos grandes como los de 1907 y 1985. Estas revaluaciones van generalmente acompañadas de cambios en las políticas de prevención, que incluyen normas como las de construcción antisísmica.

Sin embargo, el progreso reciente en la comprensión de la tectónica de las placas que forman la corteza terrestre ha permitido que, en algunos lugares del planeta, sea posible una estimación más precisa del riesgo sísmico en escalas que van de unos años a unas pocas décadas. En efecto, en algunos casos, es posible hacer una evaluación más sólida, no de la fecha precisa de ocurrencia de un próximo evento sísmico grande, pero sí de la alta probabilidad de su ocurrencia a corto plazo, así como del tamaño aproximado de su magnitud.

En aquellos lugares donde este es posible, se justifica un esfuerzo de preparación social mucho mayor que el que se realiza normalmente en zonas donde sólo se cuenta con un conocimiento general de la sismicidad histórica promedio de la región. Las regiones de Tokai, en Japón, y California, en EE.UU., son dos ejemplos, bien conocidos, donde se tiene amplia evidencia científica de la inminencia de eventos sísmicos grandes.

En ambos lugares se han tomado medidas ejemplares de prevención para disminuir los efectos destructivos de dichos eventos. Estas medidas incluyen la revisión exhaustiva de las condiciones de seguridad de las construcciones existentes, la aplicación retroactiva de estrictos códigos de construcción, el control de calidad y la modernización de las técnicas de construcción y los sistemas de seguridad, el entrenamiento y la organización extensiva del conjunto de la población para optimizar sus acciones ante la situación de desastre, la erogación prioritaria de grandes recursos en sistemas de preparación, a inclusive la instalación de sistemas de vigilancia y alarmas sísmicas.

Análisis recientes indican que en la zona de la Costa Grande de Guerrero, entre las longitudes 92.2

y 101.6 oeste, hay una probabilidad significativamente alta de que ocurra un evento sísmico de gran intensidad dentro de un plazo del orden de una o dos décadas. Dicho evento podría consistir, en el peor de los casos, en un macro-sismo similar en magnitud al del pasado 19 de septiembre de 1985 o de varios sismos importantes, con magnitudes probables de 7.4 a 7.8 en la escala de Richter. Naturalmente, la región sigue sujeta, además, al riesgo proveniente de la similitud de otras zonas para las cuales no se cuenta con mucho más que un conocimiento general de su historia sísmica reciente y que podrían producir, en cualquier momento, otros eventos sísmicos similares a los ocurridos históricamente.

La Unión Geofísica Mexicana, que desde hace 25 años agrupa a la casi totalidad de los profesionales dedicados al estudio de los diversos aspectos de las ciencias de la tierra, reunida en Asamblea General en la ciudad de Morelia, ha analizado y discutido la evidencia existente sobre la probabilidad de un futuro evento sísmico en la zona de Guerrero y la considera tan sólida como la que se tiene en las regiones ya mencionadas de Tokai y California.

La evidencia con que hoy se cuenta implica que existe una probabilidad significativamente mayor que la promedio de que ocurra un evento sísmico importante en una zona más cercana a la ciudad de México que la del macro-sismo de 1985 y a distancias peligrosas de una zona densamente poblada que incluye centros urbanos como Acapulco y Chilpancingo. Por lo tanto, las medidas que puede y debe tomar la sociedad mexicana son muy diferentes a las que habrían de tomarse si sólo se parte de un conocimiento general de la sismicidad en la región, como se ha hecho hasta ahora.

La Unión Geofísica Mexicana hace un llamado a la comunidad científica nacional y a la comunidad geofísica internacional para examinar la evidencia existente y, con la urgencia del caso, expresar sus consideraciones acerca de ella.

La evidencia de que hablamos ha sido expuesta en publicaciones especializadas, así como en diversos foros científicos. Sería un grave error permitir que esta información permeara de manera imprecisa y deformada al conjunto de la sociedad. Los habitantes de la región deben ser informados ampliamente para garantizar un nivel adecuado de preparación en todos los ámbitos: individual, local y regional. El país debe dar una alta prioridad a este problema.

Por este conducto, la Unión Geofísica Mexicana solicita audiencia con el C. Presidente de la República para exponerle con todo detalle las consideraciones aquí expuestas.

Atentamente,

UNION GEOFISICA MEXICANA

Morelia, Michoacán, 26 de noviembre de 1986

Responsables de la Publicación: Doctor Javier Otáola L. Tesero; Dr. José F. Valdés, Secretario de Difusión.

Recibido, Jueves 27 de Noviembre de 1986

SE BUSCAN

Si alguien conoce a los siguientes socios por favor
diganles que se comuniquen con nosotros para completar
sus datos:

Jorge A. Andaverde A.
Marcela G. Espinoza P.
Luis G. Alvarez Sánchez

Gracias

...

RESUMENES UGM'86

Los miembros de nuestra Unión a los que no se les haya
dado el número especial de GEOS que contiene los resú-
menes de la Reunión '86, pueden solicitarlo directamen-
te con Leticia Elizalde en el Instituto de Geofísica,
UNAM, o por correo a nuestro apartado postal.

¡ Feliz Año Nuevo !

