

GEOS

boletín, época II
UNION GEOFISICA MEXICANA



GEOS

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

Editor: Silvia Bravo

Colaboradores: Juan Manuel Espíndola
Francisco Medina
Adolfo Orozco

Apoyo Técnico: Felisa Santiago
María Esther Grijalva
Leticia Elizalde
Juan Aurelio Vivar

Corrección de Estilo: Olivia Gómez Mora de Nava
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.enC. Javier González
Noreste: Dr. Juan Berlanga
Centro: M.enC. Raúl Castro

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

	Pág.
EDITORIAL	2
ARTICULOS	
El Campo Magnético en la Superficie de la Tierra <i>Alejandro Godínez Luna</i>	3
El Clima en el Pasado y su Relación con la Actividad Solar <i>Román Pérez Enríquez</i>	8
Métodos Numéricos de Resolución de Ecuaciones Diferenciales: Un Enfoque General <i>Jorge Carrera</i>	10
Nieve, Hielo y Glaciares II <i>Hugo Delgado Granados</i>	12
Instalación de un Observatorio de Micropulsaciones Magnéticas en la República Mexicana <i>José Antonio López</i>	17
Los Primeros 25 Años de la Unión Geofísica Mexicana (II) <i>Julio Monges C.</i>	21
La Tierra es Redonda <i>Silvia Bravo</i>	24
Geofísica Para Poetas (II) <i>Jaime Urrutia</i>	27
Detección de la Radiación Cósmica en Ciudad Universitaria <i>Aurelio Vivar</i>	29
La Percepción Remota: Una Introducción Conceptual (I) <i>Jorge Lira</i>	34
COMUNICACIONES	
Volcán Popocatepetl <i>Hugo Delgado Granados</i>	41
Los Volcanes de Io <i>Francisco Medina</i>	42
Ayudas Radioeléctricas para el Pronóstico del Tiempo <i>José Merino y Cohonado</i>	43
NUESTROS GEOFISICOS	
Don Carlos de Sigüenza y Góngora <i>Adolfo Orozco</i>	44
RESUMENES	45
INFORMACION Y NOTICIAS	48



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

GEOS, Apartado Postal N° 142-024
México D.F. 16100, México

EDITORIAL

Nuestro país es uno de los que más antigua tradición geofísica tienen en nuestro continente, y sin embargo, a finales del siglo XX, contamos con una cantidad de geofísicos profesionales 30 veces menor a la que necesitamos para cubrir las necesidades mínimas de exploración de nuestro amplio territorio.

Las riquezas naturales de nuestro país son enormes, como también lo son sus problemas económicos y sociales. Y en la solución de ellos, la Geofísica es una ciencia muy importante, como también lo es para la seguridad nacional.

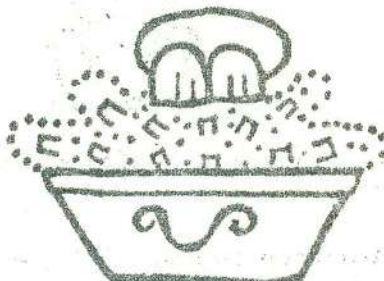
¡Hacen falta Geofísicos!... ¡Y muchos!

De los Geofísicos actuales depende la formación de los Geofísicos futuros; de las actividades de difusión y docencia que éstos realicen en diferentes lugares y a diferentes niveles dependerá el crecimiento y la consolidación de un número mayor de profesionales dedicados a la Geofísica en nuestro país.

Hagámonos el propósito de contribuir decididamente a la propagación de nuestra especie.

México necesita Geofísicos...

Y solo nuestro esfuerzo puede proporcionarlos.



EL CAMPO MAGNETICO EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

Alejandro Godínez Luna*

Analizando el campo magnético en cualquier punto de la superficie terrestre se observa que éste presenta variaciones temporales y espaciales. Al estudiar este tipo de variaciones se tienen que analizar las dos componentes del campo que son el campo magnético interno y el campo magnético externo. A continuación se describirán brevemente estas componentes:

I. CAMPO MAGNETICO INTERNO

El campo magnético de origen interno, por su contribución al campo magnético en conjunto, es el más importante, pues representa entre el 97% y 99% del total y es a su vez la resultante de dos campos distintos que son el campo geomagnético y el campo cortical.

1) Campo Geomagnético:

El campo geomagnético equivale al de un imán de barra hipotético, con momento magnético de alrededor de 8.0×10^{25} u.e.m. colocado a cierta distancia del centro de la tierra, con su eje ligeramente inclinado respecto del eje de rotación de la misma, siendo la intensidad de este campo en la superficie terrestre variable, dentro de un rango que va de aproximadamente 30000 nT en el Ecuador, a 60000 nT en los Polos Magnéticos, aproximadamente. Como puede verse, este momento magnético tan grande, no lo justifican los elementos ferromagnéticos de la corteza, como tampoco los elementos ferromagnéticos del núcleo (hierro y níquel con algunos materiales más densos), pues éstos se encuentran a una temperatura comprendida entre los 2000 y 6500°C, misma que es superior a la temperatura crítica o de Curie para la cual los materiales ferromagnéticos se vuelven paramagnéticos. (En el hierro la temperatura de Curie es de $1043^\circ\text{K} = 770^\circ\text{C}$). En consecuencia la hipótesis más aceptada en la actualidad es la correspondiente a la existencia de corrientes eléctricas en el cuerpo mismo de la tierra, ya

que, como es bien sabido, un campo magnético puede ser producido tanto por un imán permanente como por corrientes eléctricas. Por tanto, se puede concluir diciendo que el campo geomagnético tiene su origen muy probablemente en el interior del núcleo por las siguientes razones:

- a) alta conductividad en los materiales constituyentes
- b) movimientos convectivos en su parte fluida
- c) giro de la parte fluida en torno al eje de rotación de la tierra.

La teoría más aceptada hasta el momento, relativa a la generación del campo geomagnético es la de E. C. Bullard conocida como LA DINAMO AUTOEXCITADA, y está basada a su vez en la DINAMO DE DISCO, de M. Faraday, siendo la representación esquemática de esta última la ilustrada en la figura 1.

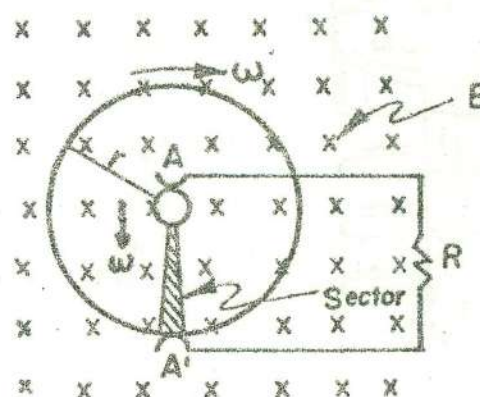


FIGURA 1

La figura 1 representa un disco metálico de radio r , girando alrededor de un eje que pasa por su centro, ambos inmersos en un campo magnético uniforme perpendicular al plano de la figura. Las escobillas o carbones A y A' hacen contacto deslizante con el eje y el borde de disco y están conectadas exteriormente a una resistencia R. La fuerza electromotriz inducida en cada sector diferencial del disco (como el mostrado en la figura) está dada por:

* Grupo de Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM,
Dibujos: Selma Campos y Mauro Pérez

$$E = \frac{B\omega r^2}{2}$$

donde:

E = fem

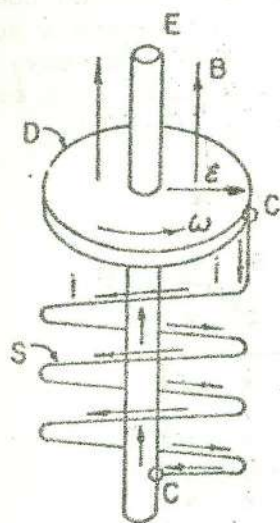
B = Densidad de Flujo o Inducción Magnética

ω = Velocidad angular

r = Radio del disco.

Dado que todos los sectores diferenciales del disco, se encuentran conectados en paralelo, el disco entero puede considerarse como un origen de "fem" (fuerza electromotriz), cuya magnitud se obtiene mediante la expresión anterior, y su sentido mediante la regla de la mano derecho o mediante la ley de Lenz, siendo para este caso particular del eje hacia el borde, según se señala en la figura 1.

En función de lo anterior el principio de la dínamo autoexcitada de E. C. Bullard se ilustra en la figura 2.



donde:

B = Inducción Magnética o Densidad de flujo

C = Escobillas o carbones

D = Disco circular

E = Eje

S = Solenoide

E = Fuerza electromotriz inducida

FIGURA 2

Según puede observarse en la figura 2, el disco está sujeto al eje y forma un sistema móvil respecto del solenoide, el cual se encuentra fijo, y ambos están inmersos en un campo magnético uniforme de densidad de flujo B y con dirección paralela al eje del dispositivo. Por lo mencionado anteriormente, se tiene que la fem, vale:

$$E = \frac{B\omega r^2}{2}, \text{ siendo su sentido el señalado en la misma figura.}$$

Ahora bien, si los materiales de los que están hechas las partes constituyentes del dispositivo tienen una buena conductividad eléctrica, debido a la fem circulará una corriente eléctrica a través de D , S , E y D formando un circuito eléctrico cerrado, y como consecuencia de esta circulación de corriente a través del solenoide, se produce un campo magnético paralelo al campo inicial (por la ley de Ampere), dado por:

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2} \frac{N i}{\ell}; \text{ donde: } \mu_0 = 12.57 \times 10^7 \text{ wb/A.m}$$

N = Número de espiras del arrolamiento helicoidal

ℓ = longitud del solenoide.

De lo anterior se deduce que el campo inicial se ve reforzado por este último, y así el campo resultante induce una fem cada vez mayor mientras el par de fuerzas que hace girar el eje con el disco continúe actuando. De esta manera, un campo magnético pequeño generado de alguna forma, sería mantenido e incrementado mediante este tipo de dínamo con autoexcitación. El campo magnético anterior no tiende al infinito como podría suponerse y esto es debido a la resistencia eléctrica de los materiales; pero sí llega a un nivel estacionario, en el que las pérdidas se compensan con los incrementos.

Lo que sucede en la tierra no es tan simple como el modelo anterior; más bien aquí se tiene una combinación en cadena de 4 tipos distintos de dínamos impulsados por dos patrones diferentes de movimientos dinámicos que razonablemente podrían existir en el núcleo terrestre, siendo el primero de ellos el giro relativo de la parte fluida del núcleo en torno al eje de rotación de la tierra (Ver figura 3a) y el segundo los movimientos convectivos presentes en la parte fluida del núcleo como consecuencia del gradiente de temperatura entre la parte superior e inferior de éste. (Ver figura 3b).

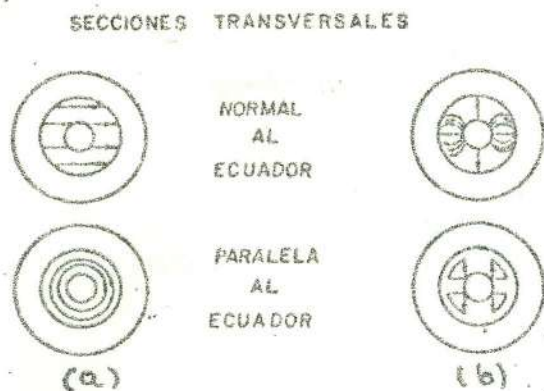


FIGURA 3

Estos movimientos dinámicos en el interior del núcleo interactúan con un campo magnético como el mostrado en la figura 4a, el cual es generado por corrientes eléctricas uniformes que circulan en dirección oeste en el núcleo, tal como sucede en el caso de una espira circular en cuyo interior circula una corriente eléctrica i (Ver figura 4b*).

El resultado de dicha interacción es el campo geomagnético, dado que al actuar el campo B_1 con el primer movimiento se generará una fem igual a $\mathcal{E}_1$ y a su vez esta fem induce un campo B_2 . Cuando B_1 interacciona con el segundo movimiento se genera una fem $\mathcal{E}_2$, la cual induce un campo B_3 . Finalmente cuando interacciona el campo B_2 con el segundo movimiento, se genera una $\mathcal{E}_3$ que in-

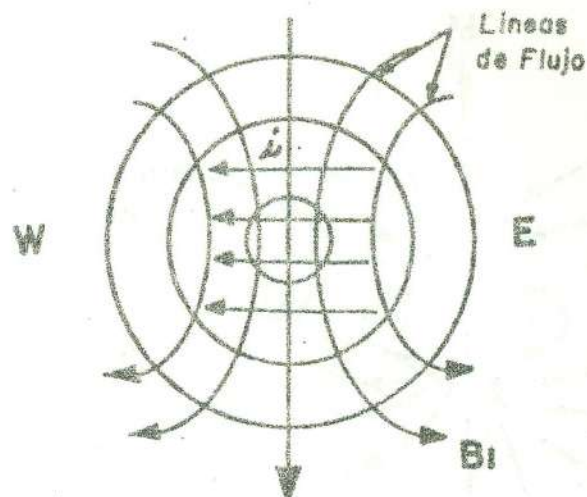


FIGURA 4a

duce un campo B_4 . Lo anterior define el comportamiento de un sistema de dínamo autoexcitante compuesto por 4 tipos de generadores y de dos tipos de motores. Cabe mencionar que sólo el campo B_1 surge del núcleo y es susceptible de medirse en superficie, en tanto que los otros tres están confinados al interior del núcleo.

Un diagrama idealizado de las líneas de inducción asociadas con el campo geomagnético, tanto en superficie como por encima de ella, sería el esbozado en la figura 5.

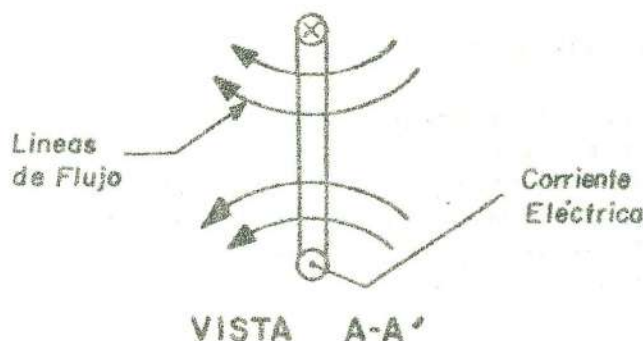
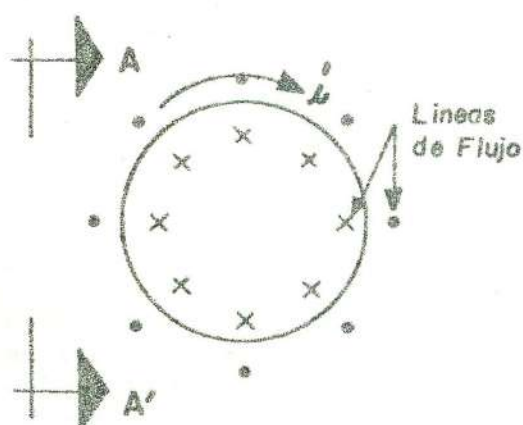


FIGURA 4b

* Notas respecto a la figura 4b: 1) Todas las líneas de inducción son líneas curvas cerradas; 2) Una cruz (x) indica que el

sentido es tal que se aleja del lector; 3) Un punto (.) indica que el sentido es tal que se dirige al lector.

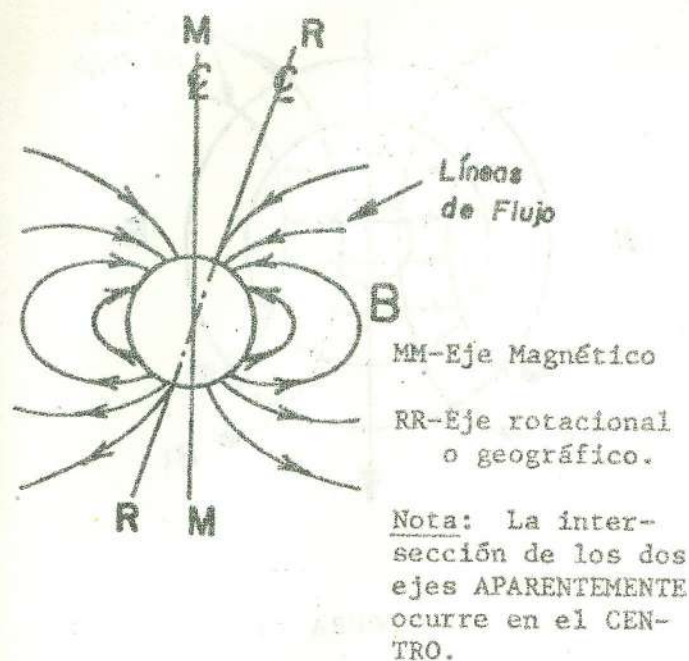


FIGURA 5

En la figura anterior se observan dos puntos, que quedan definidos por la intersección entre la superficie terrestre y el eje magnético, denominados Polos Magnéticos (dipolo excéntrico). La ubicación geográfica de éstos es variable, siendo sus coordenadas geográficas para la época de 1980 las siguientes*:

Polo Norte: 76.8° Latitud Norte (ϕ)

101.4° Longitud Oeste (λ)

Polo Sur: 65.4° Latitud Sur (ϕ)

139.5° Longitud Este (λ)

Por otro lado, la representación esquemática del vector magnético B_1 y sus componentes, en un punto cualquiera de la superficie, es la mostrada en la figura 6, la cual está basada en un sistema de referencia geográfico local.

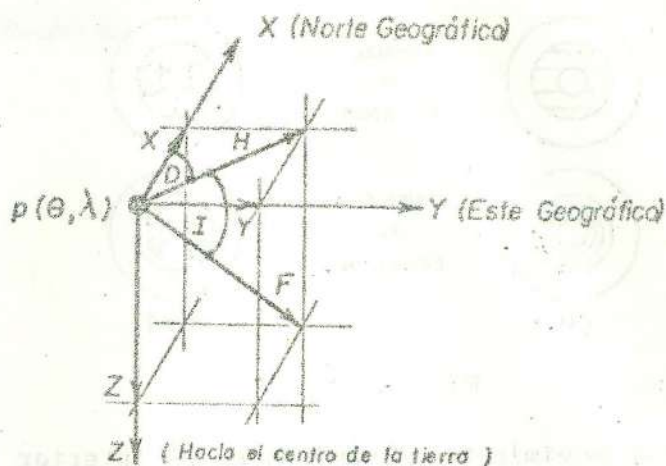


FIGURA 6

X = Componente en la dirección del Norte Geográfico

Y = Componente en la dirección del Este Geográfico

Z = Componente vertical

H = Componente Horizontal

F = Intensidad total del C. M.

D = Declinación Magnética

I = Inclinación Magnética

θ = Colatitud Geográfica

λ = Longitud Geográfica.

2) Campo Cortical:

El campo cortical es llamado así porque lo generan los yacimientos de material magnetizado presentes en la corteza terrestre. En algunos lugares, la concentración de tal material es tan grande que se generan polos magnéticos secundarios, en donde la inclinación magnética tiene un valor de $\pm 90^\circ$, al igual que en los polos magnéticos que fueron definidos en la parte correspondiente al campo geomagnético.

El campo cortical es de gran interés en la prospección geofísica ya que los cambios o

* Debido a las perturbaciones magnéticas, el punto donde $I = \pm 90^\circ$ sufre pequeños desplazamientos diarios.

anomalías que presenta al pasar de un punto a otro sobre la corteza, permiten conocer la desigual distribución de los materiales en la misma. Del análisis de las cartas magnéticas, y en especial de la carta de líneas isoclínicas*, se obtiene la ubicación de los polos magnéticos secundarios producto del campo cortical.

II. CAMPO MAGNETICO EXTERNO

Actualmente el campo magnético terrestre es susceptible de medirse en forma continua en un punto en particular de la tierra mediante la instalación de un observatorio Magnético permanente en dicho punto. El registro del campo se obtiene mediante magnetogramas** y del análisis de éstos se concluye que la contribución pequeña al campo magnético terrestre proveniente de fuentes externas es debida al sol, dado que lo observado en estos registros es un incremento durante las horas en que el sol está presente.

La tesis aceptada en la actualidad y comprobada mediante satélites artificiales, que han efectuado durante un largo período de tiempo mapeos extensos del campo magnético terrestre, es la que sostiene la existencia de corrientes eléctricas generadas por la interacción entre el viento solar*** y el campo geomagnético, mismas que a su vez inducen un campo llamado Magnetosférico y es al que nos referimos cuando se habla del campo magnético externo.

Cabe resaltar que la interacción entre el viento solar y el campo magnético terrestre no sólo induce el campo magnético externo

acabado de describir, sino que también origina el confinamiento del campo magnético terrestre dentro de una cavidad llamada Cavidad Magnetosférica. En la figura 7 se muestra una representación esquemática de la concepción moderna del campo magnético terrestre total.

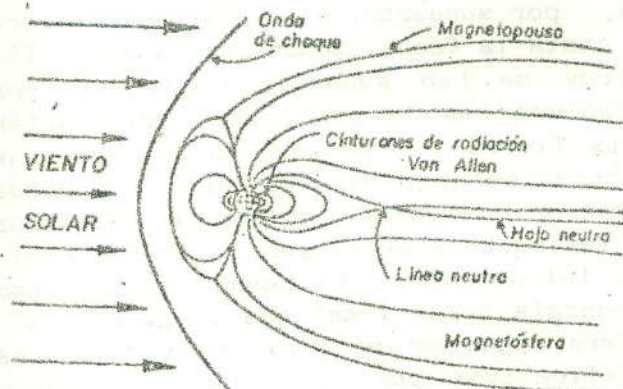


FIGURA 7

- * Isoclina.- Lugar geométrico formado por todos los puntos que presentan la misma inclinación magnética.
- ** Magnetograma.- Registro fotográfico de las variaciones del campo magnético terrestre en forma continua durante todos los días del año. Generalmente se obtiene un registro por día en los observatorios magnéticos tradicionales.
- *** Viento Solar.- Plasma de hidrógeno totalmente ionizado, cuya conductividad eléctrica es muy elevada.

* * * *

GEOCAPSULA

SORPRESAS MARCIANAS

A la luz de las exploraciones espaciales recientes, los canales de Marte resultaron ser una ilusión y los marcianos no parecen existir ni siquiera en forma microscópica. Sin embargo, la superficie marciana ha mostrado características sorprendentes, pues posee la montaña más alta que se conoce, el Monte Olimpo, tres veces más alta que el Everest, y un cañón tan profundo que hace parecer al cañón del Colorado como un rasguño de alfiler.

EL CLIMA EN EL PASADO Y SU RELACION CON LA ACTIVIDAD SOLAR.

Román Pérez Enríquez*

Entre los diversos fenómenos terrestres que responden a la influencia del Sol está, por supuesto, el clima. Sin embargo, hasta la fecha, todos los cambios climáticos se han supuesto producidos por variaciones en la posición y orientación de la Tierra y todo intento de encontrar un mecanismo por el cual el clima pueda variar y presentar cambios relacionados con variaciones de origen solar ha resultado infructuoso. De hecho, la cantidad de energía solar total que llega a la atmósfera superior no presenta variaciones significativas por lo que se la conoce como "constante solar". Este es pues el parámetro más fundamental que utilizan los meteorólogos para el análisis del complejo sistema terrestre en términos climáticos, y es por esta constancia que se ha buscado siempre el origen de las variaciones climáticas en variaciones locales (terrestres). Sin embargo, por un lado, el monitoreo continuo y detallado del flujo solar, mediante radiómetros localizados a bordo de sondas espaciales, muestra una variación del flujo solar de alrededor de 0.2 por ciento en periodos de meses. Por otro lado, en el rango espectral del extremo ultravioleta y de rayos X, medidos también desde satélites, la energía involucrada, aunque pequeña, presenta grandes variaciones temporales que tienen una influencia profunda en la fotoionización de la atmósfera superior, en los procesos fotoquímicos que dominan la parte electrificada de esta región, como la ionosfera y la magnetosfera, y aún en la aeronomía de la atmósfera media.

Además, se han encontrado una serie de correlaciones entre parámetros solares, tales como las manchas, y climáticos, como temperatura y presión, las cuales parecen indicar que la búsqueda de una conexión solar-climática no deja de tener sentido y por ello un número creciente de investigadores a nivel internacional se interesa ahora en el problema. Nos referiremos aquí sólo a una de tantas maneras de estudiar la influencia que el Sol ejerce sobre el clima en nuestro planeta, aquella que nos proporciona la pro-

*Instituto de Geofísica, UNAM

pia Tierra por su gran capacidad para almacenar valiosa información sobre eventos que la han afectado a lo largo de su historia. Con los datos obtenidos de depósitos como los anillos de los árboles, sedimentos del fondo marino, núcleos de hielo polar y otros vestigios fósiles, se han podido derivar registros cronológicos indirectos del clima, los que nos han permitido viajar al pasado remoto y estudiar el clima de hace millones de años.

Así, por ejemplo, el registro de temperatura de varios millones de años se puede determinar a partir de los vestigios esqueléticos de los foraminíferos, que son criaturas depositadas capa por capa, año tras año, en el fondo del océano, dado que diferentes variedades que flotan cerca de la superficie prefieren diferentes temperaturas del agua.

De las cuentas esqueléticas de diferentes especies en una capa de sedimento, es posible derivar la temperatura del agua en el tiempo en que estas criaturas microscópicas estaban vivas. De la misma manera, a partir de la medición de las abundancias relativas de diferentes isótopos del oxígeno en los depósitos de plancton marino, se piensa que se pueden dar excelentes registros de temperatura. De esta evidencia se ha podido hacer una reconstrucción histórica del avance y retraimiento de las capas de hielo en los últimos cientos de miles de años.

El análisis de los registros fósiles de los últimos 600 millones de años muestra que, en general, el clima ha variado extensamente en épocas pasadas y que la tierra era usualmente más caliente que hoy en día.

Esto se explica mediante la teoría astronómica de Milankovitch, basada en las variaciones de la insolación debida a la excentricidad de la órbita terrestre y a la inclinación y precesión de su eje de rotación, y que ha tenido gran éxito en la predicción en los ciclos de glaciación. En efecto, la inclinación del eje de rota-

ción presenta un ciclo de 41 000 años y el periodo de precesión es de aproximadamente 22 000 años; la excentricidad provee el periodo más largo, aproximadamente 100 000 años, en cercana sincronización con las últimas cinco mayores glaciaciones.

Aunque los efectos de las variaciones orbitales en la insolación global son del orden de sólo 0.1 por ciento, las redistribuciones estacionales y latitudinales son mucho más apreciables. El impulso al cambio climático puede estar relacionado con una retroalimentación de las variaciones orbitales con otros factores, como inestabilidades en el posicionamiento de las capas de hielo, por ejemplo. Uno de los grandes retos para los climatólogos es, por tanto, el desarrollar un modelo detallado de los mecanismos de retroalimentación.

Por otro lado, es claro que antes de que podamos predecir futuras tendencias del clima confiablemente, debemos no sólo tratar de entender el clima en la antigüedad sino también estudiar la evolución del Sol.

Se calcula que nuestra estrella tiene, en la actualidad un diámetro de alrededor de un 6 por ciento más grande, una temperatura en la superficie de 300 grados mayor, y es 40 por ciento más luminoso que cuando empezó su vida como una estrella de la secuencia principal. La importancia que tiene el comprender la evolución del Sol se hace evidente si tomamos en cuenta que los modelos climáticos indican que la tierra hubiera sido un planeta completamente congelado si la energía solar en el pasado hubiera sido menor por un pequeño porcentaje, en contradicción con la evidencia de los registros fósiles, ya mencionados, de que la tierra fue, en general, más caliente que en la actualidad.

En cuanto al Sol, en el presente, el flujo de energía se monitorea mediante el radiómetro desarrollado recientemente, con una precisión del orden de 0.1 por ciento y aunque el periodo de datos obtenidos suma sólo cuatro años, este tipo de información resulta muy promisorio. Así, por ejemplo, se ha establecido ya que las manchas solares (las cuales presentan un ciclo de aproximadamente 11 años) reducen

la emisión fotosférica en proporción al área cubierta del disco del Sol. De esto se infiere que la insolación solar debería variar con el ciclo de manchas en el rango de 0.1 a 0.2 por ciento, que muchos climatólogos creen suficiente para producir una señal climática significativa, aunque ninguna se ha verificado.

Se espera pues que el desarrollo de instrumentos que nos permitan rastrear la conexión solar-terrestre de cerca se continúe para complementar el análisis de la extraordinaria información que preserva la Tierra desde tiempos que podían parecer estar ahora irremediablemente perdidos.

REFERENCIAS.

1. Herman, J. R. y Goldberg, R.A. "Sun Weather and Climate", NASA, Washington, D.C. 1978.
2. Legrand, J.P., "Introduction Elémentaire a la Physique Cosmique et a la Physique des Relations Soleil-Terre, CNRS-INAG, France, 1984.
3. Lingenfelter, R.E., Rev. Geophys. I. 35-55, 1963.
4. Mc.Cormac, B.M. y Seliga, T.A. (eds.), Solar Terrestrial Influences on Weather and Climate", D. Reidel Publ. Company, Dordrecht, Holland, 1979.
5. Otaola, J.A. y Zenteno, G., Geof.Int., 23-4, 475-482, 1984.
6. Stuiver, M., Nature, 286, 868-871, 1980.
7. Suess, H.E., J. Geophys. Res., 70, 5937-5942, 1965.

* * * * *



Jorge Carrera*

La importancia de las ecuaciones diferenciales en los más diversos campos, entre los que se incluye la geofísica, ha llevado al mejoramiento e innovación de los métodos numéricos para resolverlas. Entre las principales herramientas matemáticas usadas se encuentran las diferencias finitas, los elementos finitos y los métodos de frontera. El Dr. Ismael Herrera ha desarrollado una teoría que permite dar una base común a estos tres métodos.

El marco general de dicha teoría es algebraico, lo que permite una generalidad que la introducción, al menos desde un principio, de estructuras topológicas no conllevaría.

Representemos la ecuación diferencial considerada, parcial u ordinaria, por medio de operadores. Por ejemplo,

$$\frac{d^2 u}{dx^2} + 4 \frac{du}{dx} + 4u = \sin x \quad (1)$$

Se convierte en

$$\mathcal{L}u = \sin x, \quad (2)$$

$$\text{donde } \mathcal{L} \equiv \frac{d^2}{dx^2} + 4 \frac{d}{dx} + 4 \quad (3)$$

Las funciones u , que son solución de (1) o (2), forman un subconjunto de un espacio de funciones. Si en ese espacio tenemos definido un producto escalar $(*,*)$, entonces una función u que satisface

$$(\mathcal{L}u, v) + (\sin x, v) \quad (4)$$

para toda v , será solución también de (2). El producto escalar está frecuentemente definido por integrales

$$(u, v) = \int_{\mathcal{R}} uv dx \quad (5)$$

donde $\mathcal{R}$ es un subconjunto del dominio de definición de u, v . En este caso el

*Instituto de Geofísica, UNAM.

operador $\mathcal{L}$ puede satisfacer una fórmula de Green:

$$\int_{\mathcal{R}} v \mathcal{L}u dx = \int_{\mathcal{R}} u \mathcal{L}^* v dx \quad (6)$$

$\mathcal{L}^*$ es el operador adjunto de $\mathcal{L}$, definido por

$$(\mathcal{L}^*u, v) = (\mathcal{L}v, u) \quad (7)$$

Si definimos el operador P por

$$(Pu, v) = v \mathcal{L}u dx \quad (8)$$

y Q por

$$(Q^*u, v) = (Qv, u) = \int_{\mathcal{R}} u \mathcal{L}^* v dx \quad (9)$$

entonces la fórmula de Green es expresable como

$$(Pu, v) = (Q^*u, v) \quad (10)$$

La idea principal de la teoría es caracterizar, desde un punto de vista algebraico las propiedades de los operadores que forman una fórmula de Green, que además se generaliza a operadores definidos en campos discontinuos. Esta generalización es la que permite abordar métodos como el de elementos finitos, en donde la región original se divide en subregiones. La fórmula a la que se llega es

$$(Pu, v) - (Bu, v) - (Ju, v) = (Q^*u, v) - (C^*u, v) - (K^*u, v) \quad (11)$$

Cada uno de los operadores P, B, J, Q, C y K representa una parte de la información del problema considerado. P y Q proporcionan la información contenida dentro de la región; B y C son operadores "de frontera", o sea que contienen la información en las fronteras de la región; mientras que J y K , el operador de "salto" y de "promedio" respectivamente, son portadores de la información acerca de la conducta de la función en las superficies de discontinuidad.

La importancia de la fórmula (11) consiste en que nos proporciona una opción frente al problema original. Dicho problema es

$$(Pu, v) - (Bu, v) - (Ju, v) = (f - g - j, v) \quad (12)$$

donde f es el lado derecho de la ecuación diferencial original y g y j son los valores prescritos en la frontera y los saltos de la solución.

Si los operadores satisfacen una fórmula de Green generalizada, tenemos entonces como alternativa para resolver nuestro problema la siguiente igualdad

$$(Qu, v) - (Cu, v) - (Ku, v) = (f - g - j, v) \quad (13)$$

que es en muchos casos más informativa que la anterior.

Ahora bien, dado que en gran parte de los casos no es posible obtener la solución exacta (analítica) del problema, debemos utilizar métodos numéricos para encontrar una solución aproximada. Para esto se procede a reducir el problema a un sistema de ecuaciones algebraicas, generalmente lineales, de donde podemos obtener los valores de la solución proximada para los nodos.

En nuestro caso el paso al sistema algebraico ("discretización") se efectúa usando las llamadas "funciones de peso". O sea, dado que (12) y (13) se cumplen para todas las funciones v , se escoge un sistema finito de ecuaciones ; y se busca una función que satisface el sistema

$$\begin{aligned} \langle Qu, \varphi_i \rangle - \langle Cu, \varphi_i \rangle - \langle Ku, \varphi_i \rangle = \\ \langle f - g - j, \varphi_i \rangle \end{aligned} \quad (14)$$

$$i = 1, \dots, N$$

Esta u nos dará, en general, sólo una aproximación a la solución exacta.

Una gran ventaja de este método es que la elección de las funciones φ_i nos permite concentrar la información ahí donde nos es necesario. Por ejemplo, si pedimos que $\langle Q \varphi_i, u \rangle \approx 0$, (14) se convierten en

$$-\langle C^*u, \varphi_i \rangle - \langle K^*u, \varphi_i \rangle = \langle f - g - j, \varphi_i \rangle \quad (15)$$

O sea que en el esquema final la información se ha concentrado en las fronteras y los nodos. Dicho esquema es entonces comparable con los esquemas ya conocidos de diferencias finitas.

Se han obtenido ya algoritmos para diferentes sistemas de funciones de peso, incluidos algunos, los llamados T-completos, que proporcionan los valores exactos de la solución en los nodos. El trabajo prosigue con la elaboración de otros algoritmos.

Referencias:

- I. Herrera, "Unified Approach to Numerical Methods, Part I", Numer. Methods Partial diff. Eq. 1, 12-37 (1985).
- I. Herrera, "Unified Approach to Numerical Methods, Part II", Numer. Methods Partial Diff. Eq., En prensa.
- I. Herrera, L. Chargoy, G. Alducin, "Unified Approach to Numerical Methods, Part III", Numer. Methods Partial Diff. Eq. En prensa.

GEOCAPSULA

UN DÍA MAS LARGO QUE UN AÑO

En 1965 se descubrió que Mercurio no siempre da la misma cara al Sol, como antes se había creído, sino que su período de rotación es aproximadamente 2/3 de su período de traslación. La combinación de ambos movimientos hace que el día mercuriano sea más largo que el año. De hecho un día en Mercurio dura lo que le toma al planeta dar dos vueltas alrededor del Sol, esto es, el día dura 2 años en Mercurio.

NIEVE, HIELO Y GLACIARES (II)

Hugo Delgado Granados*

En 1948, H.W. Ahlman sugirió varios métodos para la clasificación de las masas de hielo. Dio una clasificación morfológica basada en el tamaño y forma del hielo, una clasificación dinámica basada en tres grados de actividad del hielo y finalmente una clasificación térmica. Estos tres tipos de clasificación toman en cuenta la actividad geomorfológica del hielo en movimiento sobre el relieve.

1) Clasificación térmica. La temperatura de una masa de hielo juega un papel importante en la actividad morfológica.

a) Glaciares templados: Están a una presión correspondiente al punto de fusión del hielo a través de todo su espesor, excepto en invierno, cuando la temperatura en sus capas más expuestas es temporalmente más fría. La característica más importante de este tipo de masas de hielo es que el agua de fusión puede estar presente en todas partes. El carácter templado del hielo puede ser identificado con frecuencia, aunque no se puedan hacer mediciones de temperatura, por el hecho de que el agua de fusión surge por debajo de los bordes del glaciar. Este tipo de glaciares, debido a que el agua de fusión puede existir encima de ellos, fluye con facilidad, porque el hielo se puede deslizar mejor sobre el fondo rocoso mojado, por ello se pueden mover más rápido que el otro tipo y la erosión activa del hielo es probablemente mayor. Otra característica de los glaciares templados y que se puede aplicar más estrictamente a los glaciares intertropicales, se mencionó en la nota precedente (Delgado, 1985): una congestificación más rápida. En estos glaciares la fusión en la época de ablación se da tanto en la zona de acumulación como en la de ablación. Los glaciares mexicanos actuales, se pueden considerar de este último tipo.

b) Glaciares fríos o polares: Ahlmann sub-

dividió a éstos en dos tipos: el subpolar y el polar alto o verdadero. La diferencia entre los dos radica fundamentalmente en las características de la congesta. En el tipo subpolar el material consiste de congesta cristalina a una profundidad de 10 a 20 m. En verano la superficie puede fundirse y el agua puede estar presente. En el tipo polar verdadero la temperatura de la congesta permanece muy por debajo del punto de congelación y aun durante el verano no hay fusión sobre la superficie de la zona de acumulación. En este tipo la congestificación es un proceso muy lento que tiene lugar a una profundidad de 75 m. Lorenzo (1964) clasificó a los glaciares mexicanos en esta categoría en base a la clasificación de Köppen (1948) para la parte superior de las montañas mexicanas y no se tomó en cuenta la actividad del glaciar ni sus temperaturas. Desde el punto de vista geomorfológico, una de las características más importantes de una capa de hielo es la ausencia de agua de fusión a profundidad en el hielo. Puede haber corrientes de agua fluyendo sobre una superficie de hielo que incluso pueden alcanzar grandes dimensiones durante la corta temporada de ablación. Además, en la base del glaciar, el hielo está muy por debajo del punto de fusión y está congelado, adherido al fondo rocoso sobre el cual descanza. Esto naturalmente afecta la trayectoria sobre la que se mueve, pareciendo probable que la masa de hielo en estas condiciones no pueda realizar una erosión tan grande como la de los templados.

2) Clasificación dinámica. La actividad de los glaciares está influenciada hasta cierto punto por características térmicas: un glaciar con base fría requiere un esfuerzo cortante mayor que un glaciar templado para inducir al movimiento. Por ello la actividad dinámica de un glaciar también está íntimamente asociada con su balance hídrico. La clasificación contempla tres tipos:

a) Activos: están normalmente alimentados

* Departamento de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

por un aporte continuo de hielo desde una zona de acumulación que bien puede ser un circo o una plataforma. Algunos pueden ser alimentados por avalanchas por lo que se les puede llamar regenerados.

- b) Glaciares inactivos o pasivos: Se localizan donde el aporte de nieve que alimenta al glaciar es pequeño o las pendientes son suaves.
- c) Glaciares muertos: Lo cual significa inmóviles; Ahlmann sugiere que el hielo muerto es aquel que no recibe un aporte muy grande desde la zona de acumulación. Su movimiento ocurre la mayoría de las veces en zonas bajas donde el flujo inducido por factores de pendiente es muy pequeño. En México existen glaciares que representan los tres tipos de actividad.

3. Clasificación morfológica de glaciares y masas de hielo. Se base en el tamaño de las masas de hielo y las características de su ambiente. La latitud es un factor importante en la clasificación en relación con la distribución del área.

- a) Glaciar de nicho, flanqueado por paredeso acantilado.
- b) Glaciar de circo.
- c) Glaciar de valle tipo alpino.
- d) Glaciar de valle tipo desembocadura.
- e) Glaciares transfluentes.
- f) Glaciar de piedemonte.
- g) Lenguas de glaciar flotantes y bancos de hielo.
- h) Capas de hielo de montaña.
- i) Capa Glaciar o capa de hielo.
- j) Capa de hielo continental.

a) Los glaciares de acantilado consisten de cuñas triangulares de hielo, frecuentemente con una superficie ligeramente convexa, que se encuentran en una oquedad somera con forma de embudo en la parte superior de la ladera de una montaña. Se desarrollan en pendientes de más de 42° y se oroginan como parches de nieve que

descansan entre la fuerte pendiente rocosa y el talud inferior.

b) El glaciar de circo es aquel que se encuentra en una verdadera cuenca rocosa, la cual es una característica de un circo

c) El glaciar de valle tipo alpino se forma cuando la línea de las nieves baja en elevación, entonces el hielo del circo puede moverse fuera de su cuenca valle abajo. Consiste de glaciares que tienen gran parte de su área a niveles bajos, siendo mayormente alimentados por avalanchas desde campos de nieve más altos.

d) Glaciar de valle tipo desembocadura. Es similar al anterior pero su alimentación proviene de zonas más altas que alcanzan a capas de hielo y no de circos individuales o series de cuencas de circo

e) Los glaciares transfluentes son aquellos que ocupan gran parte de un grupo de montaña desde donde los glaciares fluyen en diversas direcciones dentro de un sistema de valles radiales. En este caso los glaciares llenan casi totalmente un sistema de valles, fluyendo de las divisiones de los mismos formando brechas de transfluencia glacial y collados opuestos.

f) Los glaciares de piedemonte se forman cuando un glaciar de valle avanza para salir de las paredes de la montaña que los contiene hasta zonas más bajas topográficamente.

g) Las lenguas de hielo flotante están restringidas en el presente a las altas latitudes donde los glaciares pueden alcanzar el nivel del mar. La forma que adquiere la parte flotante del glaciar depende del relieve costero.

h) Las capas de hielo de montaña son áreas de acumulación desde donde los glaciares de desembocadura fluyen hacia niveles más bajos y generalmente descansan sobre la superficie de mesetas altas.

i) Los términos de capas glaciares o capas de hielo de tierras bajas se usan para describir las pequeñas masas de hielo que se desarrollan en niveles muy bajos sobre planicies en el ártico.

j) De las capas de hielo continental sólo existen en la actualidad dos ejemplos, la capa de hielo de Groenlandia y la del

Antártico. El tamaño de ésta es tal que altera todo el clima y la vida del hemisferio sur y representa el 87% del hielo del mundo y en la actualidad Groenlandia posee un 10% del total del área glaciada mundial.

Por las formas del relieve que se pueden observar en varias montañas mexicanas con altitud superior a los 3600 m.s.n.m., es posible inferir la existencia de glaciares, con algunas de las características mencionadas. Se conocen grandes valles glaciares al pie del Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Pico de Orizaba, donde aún se ven glaciares, aunque más pequeños que aquellos que les precedieron y labraron los valles de Nexpayantla, Alcalican y otros en esas regiones (White, 1962). También se reconocen vestigios de glaciación correspondientes a glaciares de circo, de valle tipo alpino, transfluentes y capas de hielo de montaña en el Nevado de Toluca, el Ajusco y el Nevado de Colima y existe la posibilidad de que varias altas montañas del norte de México hayan sido afectadas por glaciares hace algunos miles de años.

El problema con estas clasificaciones es que los glaciares tropicales, como es el caso de los mexicanos, no encajan en ninguna de las categorías descritas en la clasificación morfológica anterior, por lo que su ubicación en este marco no es posible.

Vale la pena mencionar que juntos los hielos pertenecientes a la Antártica y a Groenlandia representan el 97% del volumen de hielo que existe en el globo actualmente, correspondiendo el por ciento restante a las masas de hielo clasificadas en los otros nueve puntos, los cuales se encuentran distribuidos en el resto del mundo en los Alpes, los Himalaya, El Cáucaso, los Andes, las Rocallosas, etc. Un porcentaje muy reducido pertenece a los glaciares tropicales, que son escasos, siendo ésta una razón muy importante para la realización de estudios sobre sus características.

Un glaciar posee movimiento y el estudio de éste es altamente relevante para poder comprender el origen de muchas formas del relieve que resultan de la erosión y depósito glacial tales como valles escalonados, cuencas rocosas, circos y drumlins. El movimiento de los glaciares sufre variaciones de velocidad con respecto al

tiempo, las cuales pueden ser estacionales o variaciones de intervalo corto. Las primeras se dividen en algunos glaciares en los cuales el movimiento es más rápido en la zona de ablación en el verano que en el invierno y las segundas corresponden a variaciones de flujo en periodos de horas, días o semanas. La velocidad del interior de un glaciar se puede medir solamente haciendo túneles o pozos (o en casos excepcionales utilizando túneles de corrientes subglaciales). De estas mediciones sabe que el movimiento posee dos componentes: deformación interna y deslizamiento basal. El movimiento de un glaciar generalmente va asociado a algunos rasgos como los siguientes:

Grietas. Las cuales se pueden considerar de 4 tipos (Embleton y King, 1968):

- a) Grietas en chevron, que se forman en las zonas marginales las más viejas pueden girar como se muestra en la Fig. 1).

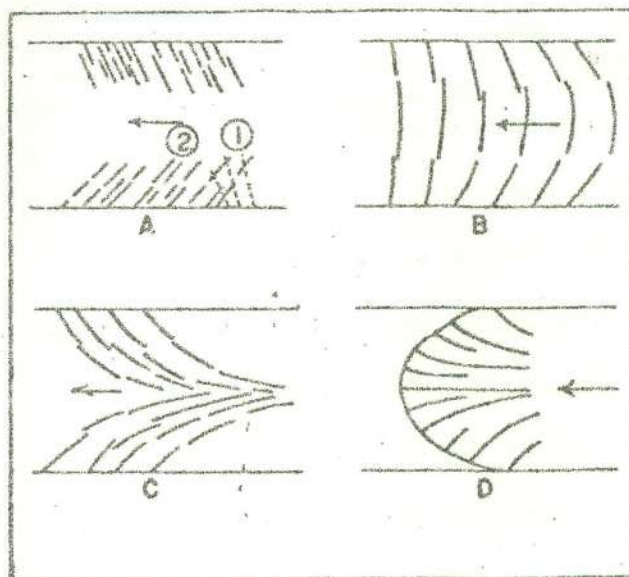


FIGURA 1. Ejemplos de algunos patrones comunes de grietas.

- a) marginal (1-grietas antiguas rotas, 2-grietas nuevas).
- b) Transversales.
- c) Divergentes.
- d) Radiales.

El hielo se mueve de derecha a izquierda (Sharp, 1960, en Embleton y King, 1968).

b) Grietas transversales, en un glaciar convexo hacia arriba.

c) Grietas divergentes. Comienzan longitudinalmente y cerca de los lados a 45°.

d) Grietas radiales, características de la trompa de un glaciar.

Las grietas tienen un gran significado geológico, pues al viajar hacia la zona de ablación, incrementan ésta debido al aumento de área expuesta y promueve la separación de bloques en la zona terminal.

Foliación. Es el término usado generalmente para las capas secundarias de glaciares producidas por deformación, se distinguen de la estratificación primaria de origen sedimentario heredado de la congesta. Puede ser de uno a más metros de espesor y son identificados no por las inclusiones de material fino como en las capas sedimentarias sino que se diferencian por el tipo de hielo, especialmente entre hielo blanco con burbujas y hielo azul claro. La foliación es más intensa cerca de los afloramientos rocosos, debajo de las cascadas de hielo y donde fluyen diferentes corrientes de hielo, una cerca de la otra.

Ogivas. Estas bandas que cruzan el glaciar son de hielo blanco y oscuro alternados hacia abajo del glaciar debido al movimiento diferencial del hielo.

Existen algunas características comunes entre algunos tipos de glaciares. En el caso de glaciares de valle, cada uno posee una cabecera, márgenes laterales y una zona terminal; una capa de hielo glacial o continental tiene una área central en lugar de cabecera y una zona terminal o marginal; un glaciar de piedemonte tiene uno o varios tributarios y una zona terminal o marginal. Una característica común a todos ellos es la aparición de grietas en su superficie. Un tipo de grieta muy importante lo constituye, en el caso de los glaciares de valle, de circo y de acantilado, la rimaya o grieta maestra, la cual separa al glaciar de su cabecera.

El proceso de glaciación se refiere a la alteración producida sobre la superficie de la tierra por el hielo del glaciar que pasa sobre ella, siendo la desglaciación el proceso de descubrimiento de cualquier área debido a la decadencia de un glaciar o capa de hielo.

Las evidencias de la glaciación las constituyen:

1. Montículos de rocas con surcos, rasguños y pulidas.
2. Peñascos y otros fragmentos de roca extraños a la localidad de ocurrencia.
3. Depósitos que consisten de fragmentos de roca de todos tamaños desde el tamaño de peñasco hasta partículas de arcilla sin clasificación ni estratificación.

El estudio de los glaciares puede hacerse desde varios puntos de vista, incluidos básicamente en dos campos: la geología glacial y la glaciología. En la primera se estudian los rasgos que resultan de la erosión glacial y la depositación. En la segunda se estudia la física, la forma y los regímenes de los glaciares.

En nuestro país ambos campos se encuentran en total abandono debido a la aparente falta de interés económico que representa su estudio. No obstante, es importante volver la vista hacia los glaciares que aún existen en nuestras montañas y que se resisten a morir. Su relación con el clima y la ecología en áreas tan importantes como los valles de México y de Puebla reviste un interés bastante grande ya que en la época de estiaje los manantiales son alimentados en una proporción aún desconocida por el agua producto de la fusión del hielo. El impacto producido por las grandes urbes (ciudades de México y Puebla) sobre su precaria estabilidad, aunque no bien entendida, puede derivar en un desastre ecológico (en 20 años, se estima una pérdida de hielo de aproximadamente el 17%). Se puede uno preguntar ¿Cómo sería el clima, en el valle de México, sin los glaciares? ¿Se tornaría más árido y caliente? ¿Realmente son importantes para el equilibrio ecológico? ¿Como serían dañados los bosques vecinos (pulmones de la ciudad)?.

Tratando de mirar hacia el pasado, hurgando entre los vestigios de glaciación (morenas, valles glaciales, etc.) es posible conocer más acerca del fenómeno. El factor fundamenteal para el desarrollo de los glaciares en México es la altitud, por lo que aparentemente el campo de estudio promete ser vasto. Como la glaciación en el centro del país ocurre en una región

volcánica y en forma sincrónica al volcanismo, la reconstrucción de la historia pleistocénica de esta región se vuelve compleja e interesante. Por ello, el estudio de la geología glacial y la glaciología en México requiere del esfuerzo conjunto de varios especialistas (geofísicos, geólogos, geomorfólogos, climatólogos, etc.) que quieran descifrar los acertijos que plantea el clima frío en latitudes cálidas.

BIBLIOGRAFIA

AHLMANN, H.W., 1948. Glaciological Research on the North Atlantic Coasts, Royal Geog. Soc. Research Series, No. 5, Royal Geog. Soc. London 83 pp.

EMBLETON, C. y KING, C., 1968. Glacial and Periglacial Geomorphology, Edward Arnold (Publishers) Ltd. Great Britain, 608 p.

DELGADO-GRANADOS, H., 1985. Nieve, Hielo y Glaciares (I) GEOS Boletín época II, No. 1, pp.3-15.

KOEPPEN, W. VON, 1948. Climatología, Fondo de Cultura Económica, México, 478 pp.

LORENZO, J.L., 1964. Los Glaciares de México, Monografías del Instituto de Geofísica, UNAM, No. 1, 2a. edición. 123pp.

WHITE, S.E., 1962. El Iztaccíhuatl: acontecimientos volcánicos y geomorfológicos en el lado oeste durante el Pleistoceno Superior, Investigaciones, No.6 INAH, México, 227 pp.

** ** *



GEOCAPSULA

ACTIVIDAD VOLCANICA Y CLIMA

M. Rampino y S. Self, vulcanólogos estadounidenses, publicaron recientemente en Science (Vol. 206) un reporte en el cual hacen notar la relación entre el incremento de erupciones volcánicas y los descensos en la temperatura promedio de la superficie terrestre. Si bien es cierto que no se acepta una correlación entre estos dos fenómenos por toda la comunidad, es interesante recordar que un naturalista mexicano, José María Arreola, presentó un trabajo en un congreso de meteorología del año de 1700 en el cual hace notar la relación entre variaciones de presión y temperatura atmosférica, y la actividad eruptiva del volcán de Colima. El informe, publicado en 1902, destaca la construcción de un modelo de laboratorio con objeto de analizar la relación entre estos fenómenos.

INSTALACION DE UN OBSERVATORIO DE PULSACIONES GEOMAGNETICAS EN LA REPUBLICA MEXICANA

José Antonio López*

La instalación de un observatorio de pulsaciones geomagnéticas vendrá a complementar el estudio del geomagnetismo que ya, desde 1879, se ha hecho en México a partir de la fundación del primer observatorio magnético, instalado en la azotea del Palacio Nacional, en la Ciudad de México. En 1929, el observatorio se integró a la UNAM y actualmente está instalado en Teoloyucan. La observación de pulsaciones será como un análisis de estructura fina de las observaciones de Teoloyucan, como penetrar en el estudio de la magnetósfera terrestre y los plasmas contenidos en ella, siempre inestables debido a la interacción del viento solar.

El proyecto de instalación de un observatorio de pulsaciones geomagnéticas surgió durante la visita en 1977 de la Dra. V. Troitskaya del Instituto de Física de la Tierra de la Academia de Ciencias (IFTAC) de la URSS al Instituto de Geofísica de la UNAM; posteriormente, el proyecto fue incluido en la segunda reunión de la Comisión Mixta Soviético-Mexicana de Cooperación Científica y Tecnológica celebrada en Moscú en 1978.

El Fís. Adolfo Orozco y quien esto escribe participamos en diversas actividades relacionadas con el proyecto.

En agosto de 1979 se hizo una visita al Instituto de Geofísica de la Universidad de Fairbanks, Alaska, para conocer las instalaciones de pulsaciones geomagnéticas en regiones Aurorales. Allí se discutieron algunos aspectos experimentales y teóricos con los especialistas en pulsaciones, Dres. R. Heacock y J. Chao. En el viaje de regreso a México se hizo una visita a la Universidad de Los Angeles California, donde se entrevistó a los Dres. J. Means y R. McPherron, para conocer otros aspectos sobre los estudios de las pulsaciones geomagnéticas y la instrumentación emplea-

da.

A través del convenio bilateral México-URSS, el IFTAC de la URSS envió a México, en abril de 1980, al Dr. Boris Kasak para colaborar en la elección adecuada de un lugar en la República Mexicana para instalar el observatorio de pulsaciones geomagnéticas y en la evaluación del instrumental necesario para las observaciones.

Después de visitar algunos lugares donde la UNAM cuenta ya con instalaciones científicas, se llegó a la conclusión de que en el Cerro de la Virgen, en Zacatecas, Zac., había un lugar adecuado para instalar el observatorio ya que el ruido electromagnético ambiental es pequeño allí y está alejado de la costa. La localización es, por otro lado, semejante en latitud magnética a la de los observatorios cubanos y japoneses.

En lo referente al instrumental necesario, el ICTAC de la URSS se comprometió a proporcionar temporalmente los sensores, amplificadores y filtros requeridos para la detección de las pulsaciones geomagnéticas. El Instituto de Geofísica de la UNAM se hizo cargo de construir y adaptar todas las instalaciones requeridas para las observaciones, así como de proporcionar el personal necesario para el mantenimiento, adquisición o construcción de equipo requerido para registro y análisis y, también de instalar la primera etapa del observatorio, que consiste en el sistema de electrodos para registro de las corrientes telúricas.

En agosto de 1980 el autor partió rumbo a Fairbanks, Alaska, donde obtuvo la Maestría en Ciencias Físico espaciales con especialidad en Pulsaciones Geomagnéticas, y se reintegró al Instituto de Geofísica a finales de 1982.

En octubre de 1981 el Fís. Adolfo Orozco Torres visitó el Instituto de Geofísica y Astronomía de la Academia de Ciencias de Cuba, con el propósito de familiarizar-

* Departamento de Geomagnetismo del Instituto de Geofísica, UNAM.

se con el equipo de captación y registros de pulsaciones en observatorios cubanos, así como de conocer diversas técnicas de identificación y análisis de pulsaciones Pc, 1, 2 y 3 y Pi2.

Esta visita abrió un convenio de colaboración científica Cuba-México en la Observación y Caracterización de las Pulsaciones del Campo magnético, dentro del cual se propusieron algunas investigaciones conjuntas.

Los científicos cubanos colaboraron con asesoría para la instalación de la estación de pulsaciones geomagnéticas y corrientes telúricas, e hicieron las siguientes recomendaciones: el lugar elegido debe estar alejado de grandes ciudades e instalaciones industriales y, además, alejado de la costa para evitar ruido en los registros; debe seleccionarse un lugar de estructura geológica y geoeléctrica más o menos homogénea con un relieve topográfico suave. Tomando en cuenta esto se propuso un estudio con datos tomados de sondeos eléctricos verticales (SEV) para conocer sus cortes geoeléctricos. Para ello, en agosto de 1983, en colaboración con el M. en I. Lima Lobato, el M. en C. León Del Río y Luyando, el Fís. Peralta Cardona, se hicieron medidas de potencial espontáneo y sondeos eléctricos verticales siguiendo las recomendaciones de los científicos cubanos. Antes de este trabajo el Maestro León Del Río había hecho un estudio geológico del lugar elegido. Al tomar en cuenta ambas experiencias se llegó a las siguientes conclusiones: desde el punto de vista geológico el Cerro de la Virgen es Homogéneo en sentido horizontal y tiene diferentes composiciones en sentido vertical.

Finalmente se recomendó hacer una última medida que consistió en estudiar la homogeneidad en las propiedades eléctricas de las rocas de esta región. Esto se puede obtener realizando dos sondeos eléctricos, uno N/S y otro E/O, que se llevarán a cabo cuando se tenga la instalación de la primera parte del observatorio que incluirá electrodos para registrar las corrientes telúricas.

Los objetivos que se pretenden cubrir son los siguientes:

1. Objetivos a corto plazo

1.1 Instalar el observatorio e incorporarlo a la red mundial de estaciones bajo los lineamientos de la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA).

1.2 Estudiar las pulsaciones geomagnéticas respecto a:

1.2.1 Morfología (periodo, amplitud, tiempo de ocurrencia, etc.; ver por ejemplo Heacock, 1962, 1970, 1971; Toya et al 1981; Nagata et al. 1982 a,b; López, 1982).

1.2.2 Origen (mecanismo de generación; esto es la generación de ondas en los plasmas magnetosféricos inestables debido a la interacción del viento solar, y su posible relación con el ciclo solar, ver por ejemplo Nishida, 1978; Olson, Rostoker, 1980; Lee y Olson, 1980; Gendrin, 1975; Lin y Parks, 1976; López, 1982).

1.3 Realizar estudios ionosféricos para evaluar los mecanismos de transmisión de ondas hidromagnéticas (ver por ejemplo Altman y Fijalkow, 1968).

1.4 Correlacionar las pulsaciones con la precipitación de partículas usando medidas de riómetros (relative ionospheric opacity meter) en el caso de contar con datos de regiones aurorales, o con cambios en la opacidad a bajas latitudes (ver por ejemplo Lukkari, et al., 1977).

2. Objetivos a largo plazo.

2.1 Correlacionar las pulsaciones geomagnéticas con otros eventos geofísicos o generaciones artificiales, como, por ejemplo, eventos sísmicos, ondas gravitacionales, ciclones o huracanes, explosiones termonucleares en la atmósfera, etc. (ver por ejemplo Campbell, 1967; Orr, 1973; Heacock, 1967).

2.2 Relacionar el método magnetotelúrico con técnicas electromagnéticas para el estudio de la estructura geológica en la búsqueda de agua, minerales o energéticos (ver por ejemplo Romo, et al., 1983).

La instalación de un observatorio de pulsaciones geomagnéticas consiste en colocar un grupo de tres antenas de inducción orientadas NS, EO y Z con el fin de detectar dichas pulsaciones. Un grupo de cuatro electrodos orientados NS y EO, detectarán las variaciones en las corrientes telúricas producidas por la incidencia de las pulsaciones geomagnéticas en la superficie de la Tierra (ver Alarcón, 1981; Campbell, 1969; Hessler, 1969; López, 1979).

La información así adquirida se amplificará y filtrará adecuadamente y se almacenará mediante un sistema de adquisición de datos que guardará la información en forma digital, ya sea en disco o cinta magnética, o mediante un procesamiento en tiempo real a través de una microcomputadora.

La información adquirida en el observatorio de pulsaciones geomagnéticas será útil para profundizar en el estudio de la magnetósfera terrestre y su relación con el ciclo solar (relaciones solares-terrestres) y para posibles aplicaciones en prospección geofísica.

Actualmente se tienen ya los bosquejos de lo que serán las instalaciones, tanto la caseta de instrumentos como la caseta de trabajo y reposo; y el personal de obras de la UNAM está trabajando en los planos correspondientes.

Una vez terminadas las construcciones se procederá a instalar la primera etapa del observatorio.

Referencias

- Alarcón, J., 1981. Bobina magnetotelúrica, Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Altman, C., y Fijalkow, E., 1968. "Mechanism of Transmission of Hydromagnetic Waves through the Earth's Lower ionosphere". Nature Vol. 220, pp. 53-55.
- Campbell, W., 1967. Geomagnetic Pulsations Physics of Geomagnetic Phenomena. (Ed. S. Matsushita and W.H. Campbell) Acad Press. pp. 821-909.
- Campbell, W., 1969. Induction Loop Antennas for Geomagnetic Field Variations Measurements. Technical report essa Research Laboratories ERL 123-ESL6.
- Gendrin, R., 1975. Waves and Wave-Particle interaction in the magnetosphere: review Space Science Rev., 18, 145.
- Heacock, R., y Hessler, V., 1967. Telluric Current micropulsation Bursts. Scientific report Geophysical Institute University of Alaska College Alaska Series A-117.
- Heacock, R., 1970. An Atlas of Micropulsation Spectra. Scientific report Geophysical Institute University of Alaska College Alaska UAG R-214.
- Heacock, R., 1971. Types Pc 1-2 and IPDP micropulsations at the Auroral zone. Scientific Report, Geophysical Institute, University of Alaska, College Alaska UAG R-215.
- Heacock, R., and Hessler, V., 1962. Pearl-type Telluric Current Micropulsations at College JGR Vol. 67, No. 10, pp 3985-3995.
- Hessler, V., 1969. Causes, Recording Techniques, and Characteristics of Telluric Currents. Scientific Report, Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks Alaska, Contribution Series B-398.
- Lee, L., y Olson, J., 1980. Kelvin Helmholtz Instability and the Variation of geomagnetic pulsation activity Geophysical Research Letters, Vol. 7, No. 10, PP 777-780.
- López, J., 1979. Sistema Control de Marca Horaria. Anales del Instituto de Geofísica. Vol. 25, pp. 91-93.
- López, J., 1982. Characteristics of Irregular Pulsations of Diminishing Periods (IPDP) at College, Alaska. Master of Science Thesis. Fairbanks Alaska.
- Lin and Parks, G., 1976. Ion Cyclotron Instability of Drifting Plasma Clouds JGR, Vol. 81, No. 22, pp.3919-3921.
- Lukkari, L., y Kangas, J., Ranta, H. 1977. Correlated Electron Precipitation and

- Magnetic IPDP Events Near the Plasmapane JGR, Vol. 82, No. 29, pp. 4750-4856.
- Olson, J., Rostoker, G., 1980. A study of Concurrent Riometer and Magnetometer Variations in the Pc4-5 Pulsation Band. JGR, Vol. 85, No. A4, pp. 1695-1702.
- Orr, D., 1973. Magnetic Pulsations within the magnetosphere: A review. Journal of Atmosphere and Terrestrial Physics, 35,1.
- Romo, J., Martínez, M., Fabriol, H., Fernández, R., Vásquez, R., 1983. Captura y Procesamiento de Datos Magnetotélúricos. Geofísica Internacional, Vol. 21-4 pp. 377-402.
- Toya, T., Kocke, K., Kuwashima, M., Kawamura, M., Fukinishi, H., 1982. Classification of Hydromagnetic Emission Based on Frequency Time Spectra. Scientific Report Kakioka Magnetic Observatory Ibaraki Japan and National Institute of Polar Research. Tokyo, Japan.

** ** *

GEOCAPSULA

ECLIPSES Y TERREMOTOS

Para los antiguos chinos, la predicción precisa de la ocurrencia de un eclipse solar era tan importante que el castigo para el astrónomo que fallara en ella era la muerte. Eso nos hace pensar que tal vez no sea sólo casual que los chinos hayan sido los primeros en poder predecir los terremotos.



Julio Monges C.*

(2a Parte)

En la sesión del día 9 de junio de 1961, la Mesa Directiva de la Unión Geofísica Mexicana acordó llevar a cabo la Primera Reunión Anual en el Puerto de Veracruz, la cual se desarrolló del 2 al 6 de octubre de dicho año. El Comité organizador quedó integrado por las siguientes personas: Julián Adem, Gordon W. Groves, M. Maldonado Koerdell, Pedro Mosiño. Un Comité local encabezado por el Vicepresidente Sr. Ernesto Domínguez se encargó de organizar las actividades sociales en el Puerto de Veracruz. En el Vol. 1, Núm. 2 del Boletín de la Unión Geofísica Mexicana están los programas de actividades y los resúmenes de las conferencias y trabajos de la primera Reunión Anual de la UGM.

La Mesa Directiva de la UGM, en su sesión del 18 de junio de 1962, acordó convocar a la Segunda Reunión Anual, escogiéndose a la Ciudad de Puebla como sede de este evento y a cuyo fin se fijó el periodo del 27 al 30 de agosto de 1962. Se solicitó y obtuvo la colaboración del Gobierno del Estado y de las autoridades de la Universidad Autónoma de Puebla, así como la de un grupo de personas encabezado por don Domingo Taboada de esa ciudad quien dio su entusiasta acogida y hospitalidad. El Comité Organizador quedó integrado por las siguientes personas: R. Monges López, M. Medina Peralta, P.A. Mosiño Alemán, y el Comité local: D. Taboada, Presidente y A. Camarillo, Vicepresidente. En el Vol. 2, Núm. 1 del Boletín de la UGM están publicados los programas de actividades y resúmenes de los trabajos y de la Conferencia de la segunda reunión.

La Tercera Reunión Anual tuvo lugar en la Ciudad de México del 6 al 12 de junio de 1963 bajo el patrocinio de la Sociedad Meteorológica Americana y de la Unión Geofísica Mexicana, con el copatrocinio de la Unión Geofísica Americana y llevó como nombre "Tercera Conferencia Técnica sobre Huracanes y Meteorología Tropical". En

el Vol. 2, Núm. II del Boletín de la UGM están los programas de las sesiones y el resumen de los trabajos; estos últimos fueron publicados íntegramente en la revista Geofísica Internacional.

La Mesa Directiva de la Unión Geofísica Mexicana, en su sesión del 17 de junio de 1964, acordó convocar a la Cuarta Reunión Anual, habiéndose escogido la ciudad de Hermosillo, Sonora, como sede de este evento y a cuyo fin se fijó el periodo del 9 al 13 de marzo de 1965. Al efecto, se solicitó y obtuvo la colaboración del Gobierno del Estado y las Autoridades de la Universidad de Sonora, así como de un grupo de personas radicadas en dicha localidad.

El Comité Organizador estuvo integrado por: Ricardo Monges López, Pedro A. Mosiño Alemán, Manuel Medina Peralta, M. Maldonado Koerdell; y el Comité Local por: Manuel Puebla Peralta, Ramón Fernández González, Gonzalo Bustillo Séynez, Manuela G. de Alvares. Los programas de actividades y los resúmenes de los trabajos de la Cuarta Reunión Anual están publicados en el Vol. 3 Núm 1 del Boletín de la UGM.

la siguiente reunión anual no se llevó a cabo hasta 1972 en México, D.F., del 22 al 25 de febrero, en Ciudad Universitaria formando el comité organizador las siguientes personas: Pedro A. Mosiño Alemán, Presidente, Ricardo Monges López, Manuel Maldonado Koerdell. Como se había descontinuado la publicación del Boletín se hizo una publicación de 49 páginas que dice en la portada: "Unión Geofísica Mexicana, Reunión Anual 1972, Programa y resúmenes, México". En dicha reunión hubo elecciones para la mesa directiva, siendo nombradas las siguientes personas: Presidente: Julián Adem; Primer Vicepresidente: Carlos Núñez Arellano; Segundo Vicepresidente: Agustín Ayala Castañares; Secretario General: Pedro A. Mosiño; Tesorero: Herminio Cepeda; VOCALES: Geodesia y Gravitimetría: Manuel Medina Peralta; Geomagnetismo y Aeronomía: Anselmo Chargoy; Sismología: Jesús Figueroa Abarca; Meteorología:

* Departamento de Gravimetría del Instituto de Geofísica, UNAM

Ignacio Galindo E.; Geohidrología y Geofísica de Exploración: Luis del Castillo G.; Oceanografía: Nicolás Grijalva; Vulcanología: Federico Mooser; Geoquímica y geocronología: Rafael Molina Berbeyer; Espacio Exterior: Ruth Gall.

La reunión anual de 1973 se llevó a cabo en Ensenada, B.C.N. del 29 de mayo al 3 de junio de ese año, el comité organizador quedó integrado por las siguientes personas: Luis del Castillo G., Nicolás Grijalva Ortiz, Pedro A. Mosiño Alemán, Netzahualcóyotl Vélez Sobrino. Se publicó para la reunión un programa con los resúmenes de los trabajos y posteriormente las memorias de dicho evento.

En el Auditorio de la Facultad de Ciencias de Ciudad Universitaria en México, D.F. del 4 al 8 de noviembre de 1974 se llevó a cabo la siguiente reunión, siendo el comité organizador: Luis del Castillo G., Coordinador General; Pedro A. Mosiño, Herminio Cepeda, Finanzas.

La Reunión de 1976 se llevó a cabo en San Luis Potosí en el Auditorio de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, durante los días 9 al 12 de noviembre. El comité organizador fue: Luis del Castillo G., Presidente; Pedro Mosiño Alemán, Secretario; David J. Terrell, Vocal; Herminio Cepeda, Tesorero.

La Comisión Coordinadora de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. fue: Eugenio Pérez Molphe, Director del Instituto de Geología y Metalurgia; Joel Cisneros P., Director de la Escuela de Física; José Santos Martínez, Coordinador de Ingeniería Geológica de la Escuela de Ingeniería; Juan de Dios Pérez M., Escuela de Astronomía.

El 14 de diciembre de 1976, en el Auditorio del edificio II del Instituto de Geofísica de la UNAM se efectuó una Asamblea Ordinaria para nombrar la Mesa Directiva de la Unión Geofísica Mexicana.

La Mesa Directiva elegida fue: J. Adem, Presidente; A. Deza, Primer vicepresidente; C.S. Galindo, Segundo vicepresidente; L. del Castillo, Secretario general; H. Cepeda, Tesorero; H.P. de Tejada Espacio Exterior; J.H. Sandoval, Exploración; D.J. Terrell, Geocronología; J. Monges, Geodesia y Gravimetría; A. Chargo, Geomagnetismo y Aeronomía; M. Ber-

beyer, Geoquímica; E.Z. Flores, Hidrología; S. Serra Castelán, Meteorología; N. Grijalva, Oceanografía; J. Figueroa, Sismología; F. Mooser, Vulcanología; López Ramos, Geodinámica; L. Ponce, Educación.

La Unión Geofísica Mexicana fue Co-organizadora de las reuniones sobre Fluctuaciones Climáticas y su impacto en las actividades humanas, la primera en Ontario, Canadá del 17 al 22 de noviembre de 1975, y la segunda en México, D.F. del 11 al 13 de mayo de 1976.

Los otros patrocinadores fueron el Consejo de Ciencias del Canadá, La Sociedad de Meteorología Canadiense, La Sociedad Meteorológica Americana, el Instituto de Geofísica, UNAM y el CONACYT.

A finales del año 1979 surgió la inquietud, en el personal académico del Instituto de Geofísica, por saber qué sucedía con la Unión Geofísica Mexicana. De acuerdo a los estatutos, la Mesa Directiva debería ser renovada en noviembre de 1979 ya que la última mesa fue nombrada en noviembre de 1976, después de la reunión de San Luis Potosí. El Colegio del Personal Académico nombró una comisión que se dedicó a consultar, al respecto, a los Miembros de la Mesa Directiva. El resultado de esta consulta permitió ver que la renuncia del Dr. Julián Adem a la dirección de la Unión, en 1977, así como de otros miembros de la mesa llevó a la misma a un estado de inestabilidad y finalmente a la suspensión de sus actividades. Dado que no se encontró en esta consulta ninguna iniciativa por parte de los miembros que quedaban para convocar a nuevas elecciones, el Colegio del Personal Académico del IGF citó a una asamblea general, el día 15 de febrero de 1980, a los miembros de la Unión y personas interesadas con el objeto de tomar una resolución ante esta situación.

Los resultados de esta asamblea se difundieron por medio de una circular que en forma general se resume en los siguientes puntos:

a) Integrar una Mesa Directiva provisional que tome la dirección de la Unión hasta nuevas elecciones y

b) preparar una reunión nacional de trabajo, en la cual se incluirá una mesa especial para discutir la reestructuración

de la Unión y al final de este reunión llevar a cabo la elección de la nueva Mesa Directiva.

La Mesa Directiva provisional quedó integrada por: Dr. Ismael Herrera, (IIMAS); Dr. Ignacio Galindo Estrada (IGF); Dr. Agustín Ayala Castañares (Coord. Ciencias, UNAM); Dr. Mauricio de la Fuente (CRM); Dr. Saúl Álvarez Borrego (CICESE).

Esta reunión fue la de 1981 y se realizó en el Puerto de Manzanillo, Colima, del 6 al 9 de mayo. En el Boletín de la Unión Geofísica Mexicana Epoca II, bautizado ahora con el nombre de GEOS, Vol.1 números 4(A) y 4(B) están los resúmenes de dicha reunión. También se publicó una memoria con el nombre de "Memorias de la Reunión 1981, Manzanillo, Colima".

En la reunión se acordó elegir una Mesa Directiva provisional, en la cual todos los integrantes tuvieran la misma calidad de voto, integrada por cinco personas: Dr. Ismael Herrera, Presidente; Dr. Mauricio de la Fuente, Tesorero; Dr. Juan Manuel Espíndola, Vocal; Dr. Javier Otaola, Vocal; Dr. Alejandro Nava, Vocal.

La reunión de 1982 de la UGM que debía realizarse del 8 al 12 de noviembre en las instalaciones de la UNAM en Ciudad Universitaria, fue pospuesta a causa de

la huelga del Sindicato de Trabajadores de la UNAM. La reunión tuvo lugar los días 16 a 30 de mayo de 1983 en el mismo lugar y se llamó Reunión 1982-1983. También de esta reunión se publicó una memoria con todos los trabajos presentados.

En la reunión hubo elecciones y quedó nombrada la siguiente Mesa Directiva: Presidente: Dr. Héctor Pérez de Tejada; Vicepresidente: Dr. Federico Sabina; Secretarios: Investigación: Dr. Julián Adem, Docencia: Dr. José Frez, Difusión: Dr. Juan M. Espíndola, Tesorero: Dr. Javier Otaola; Vocales: Noreste: Dr. Luis Munguía, Noreste: M. en C. José L. Comparán, Centro: M. en I. Enrique Lima; Secretario General: M. en C. Francisco Medina.

La reunión de 1984 se efectuó del 12 al 16 de noviembre en La Paz, B.C.N. y los resúmenes de ella están publicados en el Boletín GEOS, Núm. 2 de la UGM de octubre de 1984. El comité organizador fue el siguiente: Dr. Julián Adem (CCA-UNAM) Dr. S. Álvarez (CICESE), C.P.U. Ceceña (UABCS), Dr. R. Cruz Orozco (UABCS), Dr. Juan M. Espíndola (IGF-UNAM), Dr. I. Herrera (IGF-UNAM), M. en C. F. Medina (IGF-UNAM), Dr. H. Pérez de Tejada, (IGF-UNAM) Dr. J. Otaola (IGF-UNAM), Dr. F. Sabina (IIMAS-UNAM).

* * * * *

GEOCAPSULA

VOLCANES EN BAJA CALIFORNIA

Además de los volcanes conocidos en el Eje Volcánico Mexicano, México tiene volcanes en la península de Baja California: el centro volcánico de Tres Vírgenes, con la presencia de un gran estratovolcán situado al norte de la ciudad de Santa Rosalía, y otro centro volcánico en San Quintín, 200 kilómetros al sur de Ensenada, con la presencia de doce conos de cenizas. Es lamentable que aún prácticamente no existan estudios sobre esta última área volcánica.

LA TIERRA ES REDONDA.

Silvia Bravo*

"Todos los niños de escuela saben que la Tierra es una bola sólida, ligeramente aplanada en los polos, y rodeada por un cosmos de inconmensurable inmensidad. Desde que Magallanes navegó alrededor del mundo en 1519, muy pocos han dudado que la Tierra es redonda. Sin embargo, es precisamente porque esta imagen es universalmente aceptada que la forma de la Tierra es un tema propicio para la especulación de los pseudocientíficos.

Es difícil creer que algún americano letrado, que viva en la primera década de la era atómica, pueda dudar que la Tierra es redonda; sin embargo, hay varios miles. La mayoría de ellos viven en un pueblito llamado Zion, Illinois a la orilla del lago Michigan, a unos 60 kilómetros al norte de Chicago. Son los residuos de lo que fue en un tiempo una floreciente secta religiosa llamada La Iglesia Apostólica Cristiana en Zion, fundada en 1895 por un curandero por la fe llamado John Alexander Dowie.

El Reverendo Dowie fue forzado a dejar de officiar como "Superintendente General" de Zion en 1905. Durante los siguientes treinta y cinco años, la comunidad de 6000 habitantes fue regida por la mano de hierro de Wilbur Glenn Voliva. La mayoría de sus ciudadanos trabajaban para Industrias Zion, una corporación de un millón de dólares que producía una sorprendente variedad de bienes, desde encaje fino hasta barras de higo.

Ningún pueblo de los Estados Unidos tenía leyes más estrictas. Los que circulaban por la orilla del lago pronto aprendieron a evitar detenerse en esta villa; era muy probable que fueran arrestados y multados por fumar o silbar en domingo.

Voliva era un tipo panzón, mal encarado y medio calvo que usaba un arrugado abrigo y enormes puños blancos. Toda su vida estuvo profundamente convencido de que la Tierra tiene forma de una tortilla con el polo norte en el centro y el polo sur distribuido alrededor de la circunfe-

rencia. Durante muchos años ofreció 5,000 dólares a cualquiera que pudiera probarle que la Tierra era esférica y, de hecho, realizó varios viajes alrededor del mundo dando conferencias sobre este asunto. En su mente, por supuesto, no había circunnavegado el globo, simplemente había trazado un círculo en una superficie plana.

De acuerdo con Voliva, una enorme muralla de nieve y hielo impide que los barcos se salgan por la orilla y caigan en el Hades. El subyacente Hades es un subasamento donde viven los espíritus de las razas que florecieron en la Tierra antes del tiempo de Adán. Las estrellas son mucho más pequeñas que la Tierra y giran alrededor de ella. La Luna tiene luz propia. ¿El Sol? Aquí está lo que Voliva tiene que decir del Sol:

"La idea de un Sol de millones de kilómetros de diámetro y a 150 millones de kilómetros de distancia es una tontería. El Sol sólo mide 50 km y no está a más de 5000 km de la Tierra. Es razonable que así sea. Dios hizo el Sol para alumbrar la Tierra y por lo tanto debió de haberlo puesto cerca del lugar donde debía realizar la tarea para la que fue diseñado. ¿Qué pensarían ustedes de un hombre que construyera una casa en Zion y pusiera la lámpara para alumbrarla en Kenosha, Wisconsin?"

Un número especial, el 10 de mayo de 1930, de la revista de la secta Las Hojas de la Curación, está enteramente dedicado a la astronomía. El ejemplar de 64 páginas es el testimonio impreso más completo de las razones sagradas y científicas de Voliva para pensar que la Tierra es plana y sin movimiento:

"¿Puede alguien que haya considerado este asunto" -preguntaba en un artículo- "honestamente decir que cree que la Tierra está viajando a una velocidad tan imposible? Si la Tierra va tan rápido, ¿hacia dónde va? El viento siempre soplaría en la dirección opuesta a la que la Tierra está viajando. Pero, ¿dónde está el hombre que cree que esto pasa? ¿Dónde está el hombre que cree que puede brincar en

* Departamento de Estudios Espaciales y Planetarios del Instituto de Geofísica, UNAM

el aire, permanecer sobre la Tierra un segundo, y volver a bajar a la Tierra a 310 kilómetros del lugar donde saltó?"

Una de las pruebas más conocidas de la rotación de la Tierra hace uso de un diseño llamado el péndulo de Foucault. Este consiste en una pesada masa suspendida de un largo cable. Conforme el péndulo oscila hacia adelante y hacia atrás, la inercia lo obliga a permanecer en el mismo plano de balanceo mientras que la Tierra gira bajo él. El resultado es que el plano de giro parece rotar lentamente. El artículo de Voliva mencionado anteriormente dispone limpiamente de esta prueba:

"Si el movimiento de la Tierra tuviera algo que ver con el movimiento del péndulo, ¿por qué deberías de empezar a moverlo? El hecho real es, y cualquiera que lo piense seriamente debe verlo, que si la Tierra estuviera girando con la velocidad que dicen los astrónomos, el péndulo se levantaría hacia afuera en el espacio y se quedaría ahí."

Pero la "pièce de résistance" del magazine es una fotografía a doble página que muestra veinte kilómetros de la orilla del Lago Winnebago, Wisconsin, cuya explicación dice:

"La cámara usada fue una Eastman de 8 por 10. El lente estaba exactamente 1 m arriba del agua... CUALQUIERA PUEDE IR A OSHKOSH Y VER POR SI MISMO ESTA VISTA EN CUALQUIER DÍA CLARO. Con un buen par de binoculares se pueden ver pequeños objetos en la orilla opuesta, lo que prueba, más allá de cualquier duda, que la superficie del lago es un plano, o una línea horizontal... El valor científico de esta fotografía es enorme." "

* * * * *

Lo anterior está tomado del libro de Martín Gardner Fads & Fallacies in the Name of Science, libro que representa una interesante y simpática colección de temas de pseudociencia. Sin embargo, queremos comentar éste en particular porque nos parece que la redondez y el movimiento de la Tierra es algo que solemos aceptar muy fácilmente, aún en contra de nuestra experiencia personal. Definitivamente la Tierra no parece ser redonda, ni tenemos la menor sensación de que se esté moviendo. Es sólo por la autoridad de la ciencia que aceptamos sin chistar estas afirmaciones y además creemos real-

menté en ellas. Los argumentos de Voliva nos recuerdan mucho los de la gente culta, inteligente y crítica de hace cuatro siglos; son argumentos basados en las experiencias cotidianas... y en el desconocimiento de las leyes de la física. Pero si fuéramos honestos y no tuviéramos miedo de confesar nuestras dudas - y conserváramos aún un poco de sentido crítico - serían los mismos argumentos que hubiéramos esgrimido cuando se nos informó por primera vez de estos hechos. Ni la redondez ni el movimiento de la Tierra son evidentes, más aún, son contrarios a lo que percibimos y por eso no es de extrañar que aún ahora, después del gran número de fotografías tomadas desde el espacio que muestran a la Tierra como una bella esfera azul, siga habiendo muchas personas que creen que estas fotos son trucos y exista en Londres una Sociedad de la Tierra Plana dedicada seriamente a destruir todos los argumentos que se han esgrimido a favor de su esfericidad.

Tal vez para muchos de nosotros las fotografías espaciales sean pruebas irrefutables, pero ¿qué fue lo que convenció a las culturas preespaciales de que la Tierra es redonda y de que gira? Si todos los niños de escuela saben que la Tierra es redonda y gira debería también saber cómo es que se llegó a descubrir esto.

Un poquito de historia. Fueron los griegos - siempre los griegos - quienes propusieron, ya en el siglo VI a.C. que la Tierra no es plana; la navegación proporcionó los primeros indicios. Cuando se navegaba en dirección norte-sur era ya conocido que había estrellas que iban desapareciendo a espaldas de la nave mientras otras aparecían hacia adelante. Esto podría explicarse solamente si se consideraba que la Tierra se curvaba en esa dirección. Si había también una curvatura en la dirección este-oeste no podía saberse debido al movimiento diurno de las estrellas. Una Tierra cilíndrica fue la primera proposición distinta de una Tierra plana, y esta proposición fue hecha por Anaximandro de Mileto, alrededor del año 550 a.C.

Por ese tiempo, al observar las fases de la Luna, Pitágoras concluyó que ésta era una esfera y supuso, por analogía, que la Tierra también debiera serlo. Esta sugerencia estaba apoyada en otra eviden-

cía proporcionada por los barcos: al observar los barcos que salían de puerto y se dirigían a alta mar podía verse que, en vez de simplemente empequeñecerse, sus cascos iban desapareciendo bajo el horizonte mientras que sus velas seguían siendo visibles. Esto sugería que la Tierra se curvaba; y como lo mismo pasaba con todos los barcos, independientemente de la dirección en que navegaran, la Tierra debería curvarse en todas direcciones, esto es, debería ser una esfera.

Doscientos años después, Aristóteles volvió a proponer lo mismo, usando como argumento la forma circular de la sombra que la Tierra proyecta sobre LA Luna cuando ocurre un eclipse lunar, la cual también es siempre circular, independientemente de las posiciones relativas del Sol y la Luna respecto a la Tierra. Eratóstenes, cien años después, en el siglo tercero antes de Cristo, volvió con esta idea y fue incluso capaz de medir el radio de la Tierra. Observó que durante el solsticio de verano, al medio día, el Sol aparecía directamente arriba en el ciudad de Syene, en Egipto, por lo que un palo clavado verticalmente no proyectaba ninguna sombra. Pero en Alejandría, un palo vertical proyectaba una sombra que indicaba que el Sol estaba a 7° de la vertical. Esto no sólo indicaba que la Tierra era curva, sino que permitía medir su radio, conociendo la distancia entre ambas ciudades. Eratóstenes estimó el radio de la Tierra en 7400 kilómetros, que es un valor que excede sólo en un 15% al valor correcto.

Sin embargo, con la declinación de la cultura griega, todas las ideas fueron olvidadas y el hombre volvió a considerar la Tierra como plana durante muchos si-

glos más, hasta que el Renacimiento revivió las antiguas consideraciones. Finalmente en 1522, cuando regresó a su punto de partida la única nave sobreviviente de la flota de Magallanes, después de haberle dado la vuelta al mundo, la redondez de la Tierra adquirió legitimidad científica. Posteriores refinamientos, los últimos de ellos proporcionados por satélites artificiales nos han proporcionado una imagen bastante precisa de la forma de la Tierra, la cual no es exactamente esférica, sino que tiene forma de esferoide oblato - achatado en los polos -, ligeramente aplanada, con el Hemisferio Sur un poco más ancho que el Norte y con una sección ecuatorial ligeramente elíptica.

El que la Tierra "se mueve" es un asunto más complicado, que requirió de un cambio conceptual muy profundo respecto a la mecánica para su aceptación. Un bello librito titulado El Nacimiento de una Nueva Física, escrito por Bernard Cohen, da cuenta de toda la polémica y todo el derrumbamiento de las antiguas concepciones respecto al movimiento que fueron necesarios para poder aceptar que la Tierra gira y se desplaza alrededor del Sol. Como éste es un tema extenso que vale la pena discutir por separado será motivo de otro artículo.

Como comentario final, quisiéramos destacar que si bien es cierto que negarse a aceptar la evidencia científica representa una estrechez racional, también lo es el aceptar las afirmaciones de la ciencia simplemente por su autoridad, sin tratar de satisfacer nuestro raciocinio con razones convincentes.

GEOCAPSULA

LOS VOLCANES MICHOACANOS

La zona de la Tierra más densamente poblada por volcanes cineríticos se encuentra en Michoacán, México. Esta zona cuenta con cerca de 1900 volcanes en un área de 34,500 kilómetros cuadrados. El volumen de material magmático arrojado por estos volcanes es superior a los 4.500 kilómetros cúbicos.

GEOFISICA PARA POETAS

II. Hechos, Quiero Hechos y Sólo Hay
Geopoesía

Jaime Urrutia *

"...el lenguaje ordinario se transforma en un idioma de alta presión cuando se aplica al interior de la Tierra..."

F. Birch

- ¿Qué tan preciso es este método?
- + Muy, muy preciso. Es exacto.
- ¡Oh, qué pena! Entonces no me sirve.
- + ¡Cómo! Esto es exacto, ¿me explico?, ...e-xac-to
- Pues por eso; exacto no es lo que yo requiero. Verá usted, quiero buscar conjuntos de líneas paralelas y ortogonales en donde si una línea dada difiere de otra hasta por digamos 30° , pues son paralelas, y si difieren por más de, digamos, 60° , entonces son ortogonales.
- + Pues no hay problema, se puede hacer y también será "exacto". Aquí entre colegas, usted dígame qué tan paralelas las quiere o qué tan ortogonales y ya está. Considérelas hecho y "exacto".
- Bueno, si usted lo dice.
- + Oiga, mire, por casualidad justo estaba examinando estas relaciones. Quizá hasta le sirvan a usted, mire... Estas son válidas para cualquier ángulo, digamos θ :

$$\tan(\cos\theta) \approx \sin(\cos\theta) \quad \forall \theta$$

y estas otras, mire:

$$\tan[\cos(\sin\theta)] \approx \sin[\cos(\tan(\cos\theta))] \approx \tan[\cos(\sin(\cos\theta))]$$

y aunque usted no lo crea, las tres son iguales a 0.017455065; justo se obtiene el mismo valor con la calculadora que usted trae en su bolsa.

- Vaya, justo el tipo de cosas que imaginé que ustedes hacen.
- + ¡Oh no, no! Esto es en mis ratos libres, el resto del tiempo estoy dedicado a la investigación científica -rigurosa y exhaustiva- de la estructura y características del núcleo terrestre. Y aquí entre nos, creo que ya lo tengo -eso por seguro.

*Laboratorio de Geomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM

- ¡Qué bien, felicitaciones!, pero dígame, ¿qué tiene?
- + ¡Ah!, curioso, ¿no?
- Perdón, si no se puede...
- + ¡Ah, no!, usted preguntó. Siéntese, hágame el favor.
- ¿Y mis líneas curvas paralelas y ortogonales?
- + Luego, primero el centro de la Tierra, luego esos detalles superficiales. Mire, para la estructura del núcleo siempre se ha supuesto que el núcleo externo se comporta como un fluido y que...
- ¿Cómo que se supone? ¡Eso es un hecho! Desde hace años está mostrado y demostrado que las ondas S no se transmiten en el núcleo externo y que la rigidez efectiva del material es cero; luego, eso es justo un fluido y sólo un fluido.
- + Bueno, a profundidades mayores de 3000 km sólo se registra una onda sísmica con velocidad intermedia entre P y S', lo que corresponde a su fluido -el hecho establecido sobre el cual construir...
- ¡Ah! ¿Ya ve? Un fluido... y lo reconoce. Hasta si quiere un gas super-comprimido, algo de sulfuro,...
- + No tan aprisa, que no voy a discutir qué fluido porque no es ningún fluido. De hecho el núcleo externo tiene una rigidez mucho mayor que la del manto. No interrumpa y escuche: La onda observada a través del núcleo es una onda S' que viaja con mayor velocidad gracias a la rigidez del núcleo. La onda P se sigue recibiendo en las antípodas varios minutos antes, pero con la rigidez tan grande, la reflexión de regreso al manto y la fuerte dispersión en el núcleo ocasionan que su amplitud disminuya notablemente y caiga debajo del límite de micro-sismicidad.
- Vaya, vaya. Interesante. Pero resulta que en mis ratos libres yo me dedico a paleomagnetismo y ahí el campo magnético es generado por corrientes de convección en un núcleo fluido. No hay otra forma. Hasta

los buscamos ahora en el pasado de la Luna y... Y además se tienen otros fenómenos como las nutaciones y ... Bueno, un núcleo fluido es un hecho.

+ Sí, hay que reconocer que un núcleo externo fluido rima bien con sismología, paleomagnetismo, geomagnetismo y hasta con las danzas de la Tierra como esas nutaciones. Eso es geopoesía, y, antes que nada, es bello. Pero esa rima se hizo cuando ya el núcleo se había 'hecho' fluido por algún otro geopoeta. Pero, un núcleo rígido, con rigidez de $\sim$ tres órdenes mayor que el manto será fluido a cargas en el orden de semanas, que va bien con las nutaciones, aunque sea como diez mil veces más rígido que el acero para las ondas sísmicas. En cuanto al campo geomagnético, estaría bien, aunque sólo sea por cambiar de tonada, que dejara la magneto-hidrodinámica, interesante, es cierto, y examinara corrientes Hall en materiales de alta conductividad eléctrica y ...

-¡Terrible! Usted es capaz de deformar lo que sea.

+ Sí, quizá, y quizá también la Tierra... Mire, con esas altas presiones, el interior del planeta debe tener su propio idioma 'deformado' y a lo mejor ni usted ni yo aún lo hablamos...

REFERENCIAS

Munk, W.H. y G.J.F. MacDonald, 1960, *The rotation of the Earth: a Geophysical Discussion*. Cambridge Univ. Press, UK

Danes K.F., 1962. *On the Possibility of Shear Waves in the Earth's Outer Core*. *Geofísica Pura e Applicata*, 53, 13-24

Birch, F., 1952. *Elasticity and the Constitution of the Earth's Interior*. *J. Geophys. Res.*, 57, 227

* * * * *

GLOSARIO

Un Geofísico es una persona que pasa por experta en ciencias exactas gracias a su habilidad para producir prolíficos y fortuitos chorizos de incomprensibles fórmulas calculadas con precisión micrométrica a partir de suposiciones vagas que se basan en cifras discutibles tomadas de experimentos no concluyentes llevados a cabo con instrumentos de problemática precisión por personas de confiabilidad dudosa y mentalidad cuestionable con el declarado propósito de desconcertar y confundir a un desesperado grupo de fanáticos conocidos como Geólogos.



LA DETECCIÓN DE LOS RAYOS CÓSMICOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA

Aurelio Vivar*

INTRODUCCION

A principios de este siglo los investigadores observaron un hecho que les llamó la atención: sus electros copios se descargaban sin haber una razón aparente. Supusieron que se trataba de una radiación ionizante desconocida. Al principio pensaron que esta radiación era debida a los materiales radiactivos en la corteza terrestre, pero después observaron, al hacer una ascensión en globo, que el electros copio se descargaba mucho más rápidamente, y encontraron que la radiación era mucho más intensa a 3,900 mts. de altura que al nivel del mar, por lo que deshecharon todas las hipótesis planteadas anteriormente.

Este descubrimiento, realizado por V. Hess, dio origen a una nueva rama de la Física: La física de los rayos cósmicos. Desde entonces se han acumulado un gran número de datos y estudios que han servido para proponer modelos que expliquen su origen, aceleración, composición, etc.

El estudio de esta radiación es sumamente importante pues se ha observado y determinado que se trata de las partículas de mayor energía que el hombre conoce; ningún acelerador en la Tierra puede alcanzar energías del orden de 10^{15} eV, comunes en la radiación cósmica. Por otro lado, los rayos

cósmicos son portadores de valiosa información sobre los confines más alejados del Universo, así como sobre el espacio galáctico en el cual se propagan.

Ahora bien, la radiación que nosotros detectamos en la superficie de la Tierra es producto de la interacción de la radiación cósmica primaria, proveniente del espacio exterior, con los núcleos de los elementos que constituyen la atmósfera terrestre, llamada radiación cósmica secundaria.

La radiación cósmica primaria se puede dividir, según sus fuentes, en: rayos cósmicos solares, rayos cósmicos galácticos y rayos cósmicos extragalácticos.

Los rayos cósmicos solares son emitidos esporádicamente durante grandes llamaradas o ráfagas solares y a veces alcanzan energías de hasta 10^{10} eV.

La radiación cósmica galáctica llega isotrópicamente al sistema solar, y su rango de energías va de 10^9 a 10^{17} eV, su origen es todavía cuestión de controversia.

Los rayos cósmicos de energías mayores de 10^{18} a 10^{20} eV son probablemente de origen extragaláctico.

TABLA I

Composición porcentual de los núcleos presentes en la radiación cósmica y en el universo:

GRUPO		ABUNDANCIA PORCENTUAL EN LA RADIACION COSMICA	ABUNDANCIA RELATIVA COSMICA (%)
P	H	93%	91
	He	6.3 %	9.1
L	Li, Be, B	0.10 %	4×10^{-7}
M	C, N, O, F	0.42 %	0.14
R	Ne - K	0.13 %	0.013
VH	Ca - Zn	0.05 %	2.7×10^3

* Instituto de Geofísica, UNAM

Las abundancias de rayos cósmicos se obtienen por medio del análisis de sus trazas en emulsiones nucleares, mientras que las abundancias cósmicas son determinadas por observaciones espectrales.

De la comparación entre los diversos grupos de la tabla I observamos que el 99.3% de la radiación primaria son protones y núcleos de helio. Es de notarse que los núcleos del grupo L (Li, Be, B), prácticamente ausentes en el universo, se encuentran en la radiación cósmica en cantidades muchísimo mayores.

Los elementos del grupo M y H son aproximadamente 5 veces más abundantes en la radiación cósmica primaria que en el cosmos y los del grupo VH, unas treinta veces más abundantes.

Earl (1961) encontró también electrones en la radiación cósmica primaria para energías mayores de 0.6 GeV.

VARIACIONES EN LA INTENSIDAD DE LA RADIACION COSMICA POR EFECTOS ATMOSFERICOS:

Ahora bien, cuando una partícula de la radiación primaria llega a la atmósfera, produce una cascada nuclear. Un protón de alta energía ($\approx 10^9$ eV) penetra aproximadamente $1\frac{1}{2}$ de la atmósfera antes de interactuar con los núcleos de los componentes atmosféricos, cuando lo hace, desintegra al núcleo produciendo varias componentes.

Los productos de la desintegración se pueden dividir en tres componentes:

1. Componente nucleónica, constituida por protones y neutrones.
2. Componente mesónica o dura, constituida por mesones.
3. Componente electromagnética o blanda, formada por fotones y electrones.

Los neutrones y protones de alta energía emitidos como productos de la desintegración, dan origen a la componente nucleónica. Al llegar a la baja atmósfera el flujo de esta decrece rápidamente con la profundidad atmosférica y es, a nivel del mar, sólo un pequeño porcentaje del flujo total. Las interacciones nucleares de las partículas primarias de baja energía producen casi siempre nucleones,

Cuando las energías primarias son más grandes ($\approx 10^{10}$ eV) se emiten mesones π a la vez

que nucleones, pero los mesones π son inestables y decaen rápidamente en otras partículas. Los piones cargados decaen en mesones μ cargados, que aunque también son inestables poseen una vida media (en el sistema de referencia que se mueve con ellos) lo suficientemente larga para permitir a muchos de ellos llegar a la superficie de la Tierra y aun a profundidades considerables por debajo de ellas. Los mesones π neutros decaen en rayos γ que, por medio de una sucesión de procesos electromagnéticos, producen partículas que se extienden sobre una superficie considerable. Algunos de los electrones producto del decaimiento de los mesones μ pueden ser lo suficientemente energéticos para iniciar nuevas cascadas de fotones y electrones.

DETECTORES:

Cualquier sistema de detección de partículas nucleares depende de los efectos de los procesos de colisión iniciados por el paso de una partícula cargada, a través de la materia que se encuentra dentro de un cierto volumen sensitivo; de manera que con sistemas de conteo o medición adecuados, se puede contar el paso de cada partícula o medir otras características físicas de la partícula. Lo ideal en un experimento concerniente al conteo continuo de partículas dentro de un cierto intervalo de tiempo sería contar cada una de las partículas que pasan a través de ese volumen, tan eficientemente como fuese posible. Cámaras de ionización, contadores Geiger-Müller y contadores proporcionales han sido usados con éxito en este tipo de investigaciones sobre los rayos cósmicos. La cámara de ionización, aunque es un instrumento importante en el estudio de variaciones temporales en la intensidad de la radiación cósmica, es esencialmente un instrumento omnidireccional, y sus dificultades de mantenimiento y construcción, aunados a su comparativamente grande constante de tiempo ($\approx 1\mu\text{seg}$) lo hacen un instrumento inútil para nuestro propósito.

Los contadores Geiger-Müller y proporcionales son mucho más fáciles de mantener y, con la ayuda de sistemas de coincidencia, pueden ser usados en forma de "telescopio". Además, el uso de sistemas de coincidencia hace posible el aislar adecuadamente la radioactividad de fondo del flujo de rayos cósmicos. Estas ventajas de los contadores Geiger-Müller están, en cierta forma, opacadas por el hecho de que se necesita de mecanismos externos para extender la vida

de los contadores a un período suficientemente grande de tiempo. Aun así, la multiplicación del gas descompone las moléculas de vapor que se utilizan para terminar o apagar la descarga dentro del contador y esto hace que las características del contador cambien con el tiempo, el umbral suba y, eventualmente, el contador quede inservible.

El uso de plásticos centelladores ha llegado a ser muy importante en el registro continuo de la radiación cósmica debido, principalmente, a su alta eficiencia y confiabilidad, y a la resolución en tiempo extremadamente alta que se obtiene.

La radiación de centelleo se genera cuando una partícula cargada pasa a través de ciertos materiales llamados centelladores. La máxima emisión de luz ocurre en el azul del espectro visible y, con sistemas adecuados de guía para enfocar la luz hacia un tubo fotomultiplicador (el cual tiene máxima sensibilidad para este rango de luz), es posible construir lo que se conoce como un detector de centelleo. El tubo fotomultiplicador convierte la luz en electrones, los cuales se multiplican dentro del tubo, de manera que a la salida se obtiene un pulso eléctrico apreciable cada vez que una partícula cargada pasa a través del centellador, la emisión del centellador depende del grado de ionización. La confiabilidad y funcionamiento del detector, así como su estabilidad ante cambios en la temperatura ambiental han dado buenos resultados.

TELESCOPIO DE CENTELLEO

Principios Generales

Las componentes básicas de un telescopio de centelleo son el plástico centellador, el tubo fotomultiplicador y el sistema de guía de luz, que dirige los fotones producidos en el plástico al fotomultiplicador. Todos estos se encuentran en una caja que no permite la entrada de luz.

Las características del tubo fotomultiplicador, el plástico, la caja, así como del sistema electrónico asociado, determinan la altura del pulso de salida y la eficiencia total del sistema.

Swank (1954) ha mostrado que la altura del pulso de salida en el ánodo puede expresarse como:

sarse como:

$$\text{donde; } V_{\text{max}} = \frac{NGESK_e}{C} \gamma \quad (1)$$

N = número total de fotones emitidos por el plástico al paso de una partícula cargada.

G = factor de multiplicación del tubo fotomultiplicador.

E = eficiencia de recolección de electrones en el sistema de dinodos del tubo fotomultiplicador.

S = fotosensitividad promedio del tubo fotomultiplicador.

K = número de electrones emitidos por el cátodo dividido por el número de fotones emitidos por el paso de una partícula.

C = capacitancia entre los dinodos.

e = carga del electrón.

$\gamma = \frac{RC}{\tau}$ constante de tiempo del circuito dividido por el tiempo de decaimiento de la fluorescencia.

Puesto que desde el punto de vista electrónico es deseable obtener un pulso de salida apreciable en el ánodo, el diseño del contador quedará sujeto al ajuste de los diferentes parámetros anunciados arriba.

El Plástico de Centelleo:

Los plásticos de centelleo utilizados son del tipo NE 102 A y consisten de planchas de Polyvinyl-Tolueno en el cual está disuelto un centellador orgánico. El material ha sido tratado de manera que exista un corrimiento, en la longitud de onda de máxima emisión, de 3800 Å a alrededor de 4500 Å. Esto permite que la distribución espectral de la emisión fluorescente coincida con la respuesta máxima del fotomultiplicador usado. Las principales características del centellador son las siguientes:

- Luz de salida; 65% de la de un cristal de entraceno de la misma geometría.
- Constante de decaimiento; 3 nanoseg.
- Longitud de onda de máxima emisión; 4550 Å.
- Gravedad específica; 1.032
- Temperatura a la que empieza a ablandarse; 75°C.
- Índice de refracción; 1.581
- Número de átomos/Barn; H:0525
C:0475
N: 1.8×10^6
O:18

h) Número de electrones/cm²; 3.4×10^{23}

El número de fotones emitidos por el paso de una partícula cargada a través del plástico es una cantidad útil para propósitos de diseño. Este puede calcularse por la energía perdida por una partícula de mínima ionización al atravesar el centellador y por la eficiencia de centelleo del plástico.

La energía perdida/gr.cm² de un material de $\frac{NZ}{A}$ (concentración de electrones) = 3.4×10^{23} , puede estimarse a partir de la relación dada por Rossi (1952) y es del orden de 2.2 MeV/gr. cm⁻².

De aquí que la energía total perdida al pasar a través de 3 cm de material sea de ≈ 6.8 MeV.

Se puede estimar el número de fotones emitidos por paso vertical de una partícula cargada, a partir del conocimiento de la energía perdida y del hecho de que la eficiencia del plástico es de 60% de la del antraceno. Este último material convierte, aproximadamente, de 4 a 6% de la energía perdida en radiación de centelleo. Por lo tanto 98.33 eV serán gastados por fotón emitido, comparados con los 49.17 eV en el caso del antraceno. El número total de fotones emitidos será, por lo tanto, de aproximadamente 6.9×10^4 . Una fracción de estos fotones será recolectada por el cátodo del tubo fotomultiplicador. Dicha fracción dependerá de las características del sistema guía de luz empleado.

Sistema de Guía de Luz:

El acoplamiento entre el tubo fotomultiplicador y el plástico de centelleo es un factor importante en el diseño de un telescopio. En la práctica el diseño se efectúa con vistas a obtener la máxima obtención de luz en el cátodo del tubo fotomultiplicador. Un acoplamiento directo permitiría obtener una máxima recolección, sin embargo, sería poco práctico en el caso de emplear centelladores de gran tamaño. Lo que generalmente se hace es pintar las paredes internas de la caja con una pintura reflectora.

Los fotomultiplicadores se colocan en la base de una caja rectangular de la cual se excluye toda luz externa. El interior se pinta con un material llamado DARVIC que tiene un coeficiente de reflexión de 0.75.

La luz emitida por el paso de una partícula cargada a través del plástico es difundida y distribuida isotrópicamente en la caja.

En el caso de los telescopios del Instituto de Geofísica, los plásticos están colocados en contacto óptico directo en la base de la caja, y el fotomultiplicador ve al centellador desde arriba de la caja. La uniformidad en la obtención de luz puede determinarse midiendo la corriente oscura del tubo fotomultiplicador cuando una pequeña lámpara de tungsteno se mueve a través de la caja. Se encuentra que la eficiencia de obtención de luz permanece dentro de un 15% de aquella que se obtiene cuando un flash de luz ocurre directamente abajo del tubo y decae, únicamente en un 30%, en las esquinas de la caja.

Los Fotomultiplicadores:

Las características deseables en la selección del fotomultiplicador para contar centelleos son:

- a) Una alta fotosensitividad.
- b) Respuesta uniforme del Fotocátodo.
- c) Una alta sensibilidad al azul.
- d) Una buena eficiencia en la recolección de electrones del cátodo al primer dínodo.
- e) Una alta ganancia en el primer dínodo.
- f) Una alta estabilidad ante corrimientos en la ganancia.
- g) Bajo ruido (baja corriente oscura).

Con el conocimiento de la fotosensitividad del cátodo se puede estimar la amplitud de la señal obtenida, en la salida del fotomultiplicador, cuando una partícula de mínima ionización pasa a través del plástico centellador. Para encontrar este voltaje de salida se utilizará la ecuación (1). Como se puede notar, la mayor parte de las variables en esta ecuación son las características del tubo fotomultiplicador dadas por el fabricante, excepto K. Para encontrar K se hará lo siguiente:

Primeramente se calcula el número de fotones que el fotocátodo registra; para esto se utiliza la ecuación dada por Clark et al., (1957)

$$\text{donde: } g = \frac{N_{rn}}{1 - (1 - n)r} \quad (2)$$

N = número total de fotones emitidos por el centellador por el paso de una partícula

la cargada. (6.9×10^4).
 r = coeficiente de reflexión de la superficie difusora (0.75).
 n = razón del área del fotocátodo y el área de la superficie difusora (3.03×10^{-3}).

El valor que se encuentra para g es de 622 fotones. Como la fotosensitividad del cátodo es de $70 \mu\text{A/Lumen}$ se tendrá que, aproximadamente, 62.2 electrones son emitidos al primer dínodo. La razón de este número de electrones y el número total de fotones emitidos por el centellador por paso de una partícula cargada, da el valor de $K=9.01$. Si se sustituyen los valores de $K=9.01$; $N=6.9 \times 10^4$; $S=0.1$; $E=0.6$; $G=15 \times 10^6$; $C=30 \times 10^{-12}$ faradios; $e=4.1 \times 10^{19}$ coulombs y $\gamma=76.27 \times 10^{13}$ en la ecuación (1) se obtendrá un pulso de salida del fotomultiplicador de, aproximadamente, 213 mV.

EL TELESCOPIO DE CENTELLEO EN EL INSTITUTO DE GEOFISICA DE LA UNAM.

Actualmente el Grupo de Estudios Espaciales del Instituto de la UNAM se encuentra en proceso de poner en marcha el proyecto de la Estación de Rayos Cósmicos, la cual cuenta con un Monitor de neutrónes NM-64 que consta de seis contadores proporcionales divididos en tres secciones, de dos contadores cada sección, y un telescopio de mesones.

El telescopio de mesones consta de ocho ca-

jas con cuatro centelladores en cada una. La geometría del telescopio es de arreglo cúbico, es decir que existe un metro cúbico entre los plásticos centelladores de cada caja, y éstas están colocadas verticalmente como se muestra en la figura 1. El monitor de neutrones se encuentra colocado entre las dos secciones de coincidencia del telescopio, esto sirve también para hacer una discriminación más efectiva de la radioactividad de fondo dado que el monitor se encuentra rodeado de una densa capa de plomo. Este arreglo permite, además, obtener una resolución angular en las características direccionales del instrumento, como se muestra en la figura 2.

El proyecto de la Estación de Rayos Cósmicos se encuentra bajo la dirección del Dr. J. Otaola y tiene la ventaja de que el equipo periférico para la captura de los datos que proporcionen estos dos detectores ha sido desarrollada y diseñada en el propio Instituto, por el Ing. O. Musalem. El ensamblaje del equipo electrónico está ya en la etapa final y se espera que en un plazo no mayor de tres meses se encuentre funcionando la estación, para realizar así las pruebas de estabilidad del instrumental construido en México.

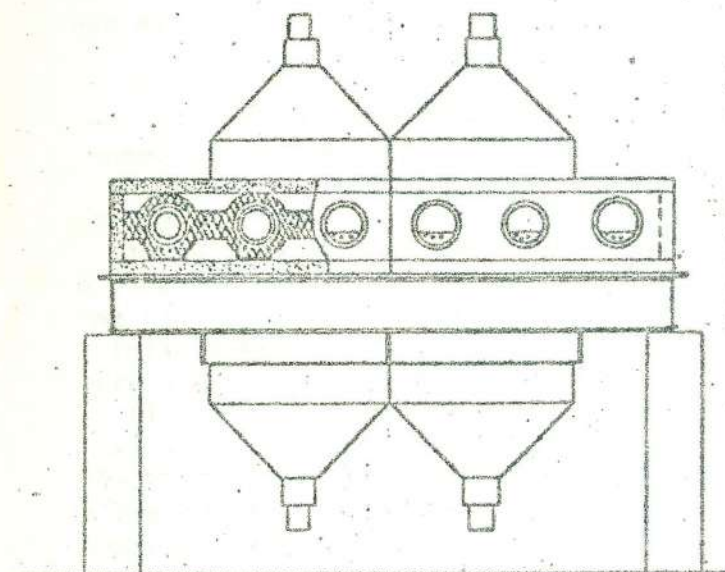


FIGURA 1

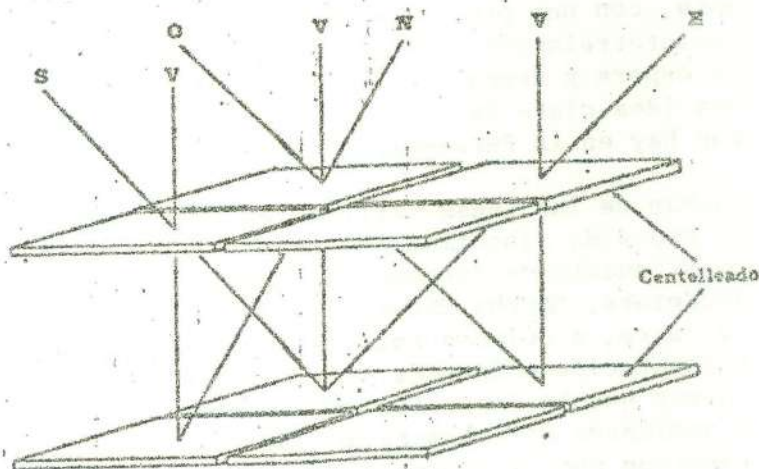


FIGURA 2

LA PERCEPCION REMOTA: UNA INTRODUCCION CONCEPTUAL*

Jorge Lira**

PROLOGO

La moderna ciencia de la Percepción Remota, como una metodología de observación a distancia de un sistema físico, ha cobrado importancia con el avance de la tecnología espacial principalmente. La Percepción Remota nació como una técnica más relacionada con las sondas espaciales Voyager, enviadas a planetas cercanos al nuestro, tuvo desarrollo acelerado con la prospección de los recursos naturales desde el espacio y ha culminado en una nueva rama de la ciencia con los métodos eficientes del análisis de imágenes, el diseño y la construcción de arquitecturas computacionales especiales y la fabricación de sensores remotos de alta eficiencia. En la actualidad, la Percepción Remota tiene elementos propios de análisis enmarcados en el método científicos que le permiten atacar problemas de índole diversa en la investigación experimental.

El autor ha querido presentar en esta obra una discusión de dichos elementos desde el punto de vista conceptual, es decir sin matemáticas o formalismos lógicos, sino más bien apelando a la intuición y sentido común del lector. Aún en este contexto intuitivo, se han cubierto los conceptos necesarios relacionados con la Percepción Remota, con una profundidad tal y mostrando la interrelación que hay entre ellos, que se espera y desea que el lector termine con una idea clara de lo novedoso e importante que hay en la Percepción Remota.

Muchas de las ideas vertidas en este trabajo han sido discutidas con mis colegas del Departamento de Percepción Remota: Ariel Alcántara, Martha Chávez y Juan Carlos de la Torre, a quienes estoy agradecido por su colaboración e interés. A lo largo de los cursos que he impartido en diversos niveles "ambientes mis alumnos me han retroalimentado con nuevos aspectos que han enriquecido la presente obra; vayan para ellos tam-

bién mis agradecimientos. Es mi deseo que esta contribución constituya un motivo más para impulsar la Percepción Remota tan necesaria, creo yo, en las labores de prospección de los recursos naturales de nuestro país.

1. INTRODUCCION

Los satélites artificiales, los sensores remotos y el manejo de imágenes digitales por medio de computadora, han modificado el estudio de la superficie terrestre y la evaluación de los recursos naturales.

La exploración del planeta Tierra ha sido una de las principales inquietudes del hombre desde la época prehistórica. Su atención se ha visto atraída por una poderosa necesidad de saber qué se encuentra más allá de sus dominios. En un principio el hombre exploró el medio ambiente únicamente con sus sentidos (vista y oído) que no requerían de un contacto físico con el objeto estudiado, para posteriormente continuar con un análisis directo por medio del tacto principalmente. En todo este proceder, el hombre ha empleado una serie de elementos que lo identifican no nada más como una creatura llena de interés por la investigación, sino también que lo identifican como un ser deseoso de dominar la naturaleza que lo rodea.

La curiosidad del hombre y su afán por conocer el territorio donde habita le condujeron primero a encaramarse en la copa de un árbol y posteriormente a subir a una colina o a una montaña, para de esta manera tener primeramente una visión de conjunto o bien una visión sinóptica. Aún en esta reseña esquemática de las actividades primitivas de exploración del hombre pueden distinguirse los elementos básicos (fig. 1) que componen hoy la moderna ciencia de la Percepción Remota: *La Fuente de Iluminación*, compuesta en este caso por el sol que emite luz o radiación solar; *El Paisaje* compuesto

* Este artículo forma parte del material de un libro que se publicará próximamente.
** Grupo de Percepción Remota del Instituto de Geofísica, UNAM.

* Dibujos de Selma Campos y Mauro Pérez

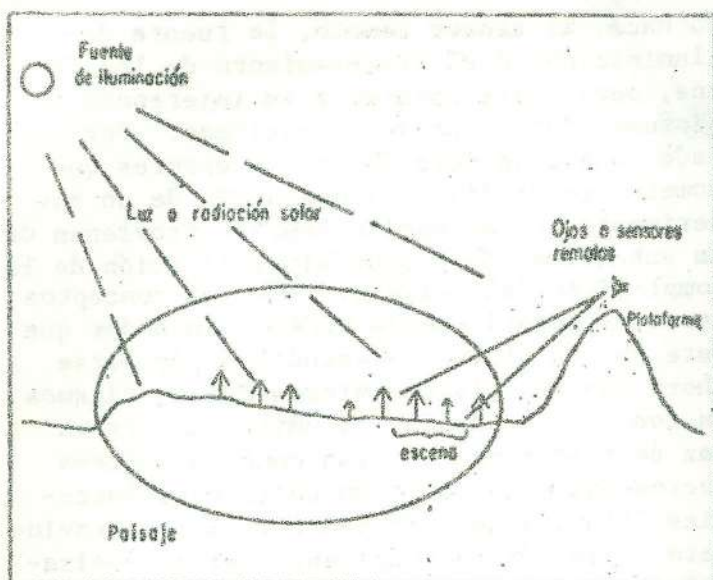


Fig.1) Representación esquemática de los elementos básicos que componen la PR

por todos los objetos* presentes en el territorio explorado por el hombre, tales como ríos, colinas, vegetación o rocas; La *Escena*, aquella sección o superficie del paisaje donde el hombre enfoca su interés, pudiendo ser la superficie de una roca o un valle completo; El *Sensor Remoto*, con el que se captura la luz proveniente de la escena y, que en este caso, permite obtener una representación visual de aquella región del paisaje que ha sido enfocada por el iris y el cristalino del ojo; La *Plataforma*, que es el lugar donde se coloca o monta el sensor remoto para obtener una visión de conjunto de la escena; El *Sistema de Procesamiento*, compuesto por el dispositivo para procesar cualitativa o cuantitativamente los datos proporcionados por el sensor remoto acerca de la escena. Tales datos analizados e interpretados en este ejemplo por el cerebro del hombre, producen información valiosa en relación al paisaje, la que es útil en la toma eventual de decisiones sobre el medio ambiente; El *Apoyo de Campo*, que consiste en la inspección directa, en varios puntos selectos de la escena, de diferentes atributos de los objetos que se encuentran en el terreno. Esto con el fin de evaluar los datos obtenidos previamente a distancia.

La distancia con respecto a la escena, a la cual se coloca la (fig. 1) plataforma permite tener una visión sinóptica a diferentes escalas del paisaje, en una sucesión de observaciones de escena tras escena hasta cubrir completamente la región deseada.

* Entendemos por objeto aquí, todo ente físico-material, formado en general por una gran variedad de elementos químicos y físicos.

Las observaciones podrán hacerse en general a diferentes horas del día, a diferentes épocas del año y muy probablemente a través de diferentes filtros de color. En este proceso, se genera una gran cantidad de datos, los que analizados adecuadamente, por medio de criterios muy bien definidos proporcionan información acerca de los recursos naturales terrestres y sienta las bases para una gestión racional de éstos.

Con el desarrollo moderno de la ciencia de la computación electrónica digital, se ha dado un auge importante a la Percepción Remota, pues la disponibilidad de estas herramientas computacionales permite la evaluación cuantitativa de un gran volumen de datos. En una simbiosis muy estrecha, las ciencias de la computación han impulsado el desarrollo de la Percepción Remota y ésta, ha generado nuevos sistemas de procesamiento digital de propósito específico, para el análisis de datos producto de las actividades en Percepción Remota.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología ha permitido incorporar nuevos métodos y dispositivos de captura de datos a distancia lo que ha hecho que la Percepción Remota extienda su campo de acción a fenómenos muy diversos, no nada más en el mundo macroscópico sino también en el microscópico. Con la perspectiva de la ciencia y la tecnología actuales, veamos ahora cómo se identifican los elementos básicos de la Percepción Remota. La *Fuente de Iluminación*, hay sistemas en Percepción Remota que utilizan una fuente de iluminación externa, sin tener control sobre ella. Estos *Sistemas Pasivos* pueden utilizar al sol como fuente de iluminación o bien a una estrella lejana. Es claro pues que en un experimento de Percepción Remota donde se utilice al sol como fuente de iluminación, solo se podrá hacer uso de las características regulares y conocidas de éste. Es decir que en forma pasiva habrá necesidad de "esperar" a que las condiciones de iluminación sean las adecuadas para efectuar la observación correspondiente de la escena. Si se desea cubrir todo un paisaje con observaciones sistemáticas, será entonces necesario cuidar muy bien, que las condiciones de iluminación, es decir hora y estación del año, sean las que requiere el diseño del experimento correspondiente para asegurar una tasa de éxito más que razonable. Habrá experimentos que requieran de observaciones a una misma hora en la misma estación del año, o a diferentes horas en las cuatro estaciones

del año. Cualquier combinación es posible dependiendo de la aplicación deseada.

Hay sistemas en Percepción Remota que utilizan su propia fuente de iluminación y desde luego tienen control sobre ella. Este tipo de *Sistemas Activos* son los que han permitido extender el campo de estudio de la Percepción Remota a una diversidad de fenómenos donde la fuente de "iluminación" ya no emite luz visible para "iluminar" la escena. En estos casos la fuente (fig. 2) puede ser luz ultravioleta o infrarroja, rayos gamma o rayos x, o bien un haz de partículas como protones o neutrones. Con esta diversidad en

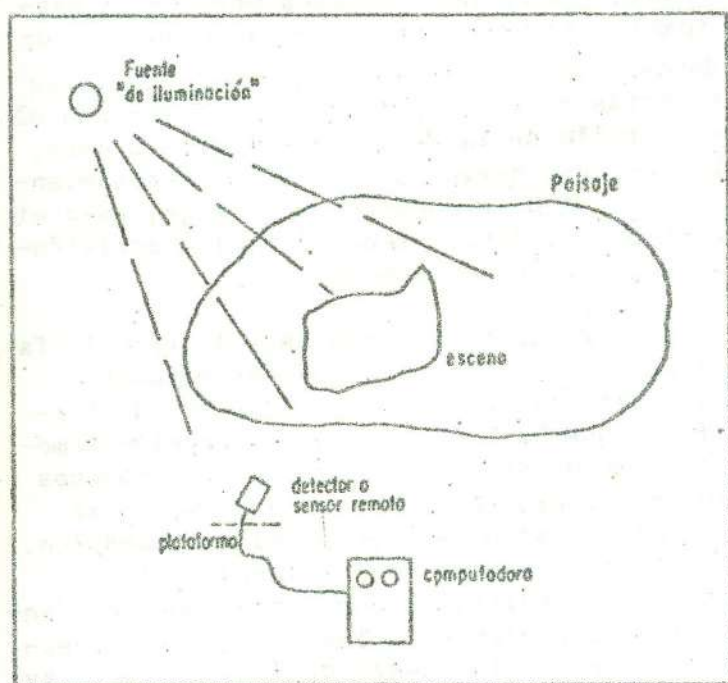


Fig.2) Diagrama de los componentes básicos de la PR representados según la investigación experimental moderna

fuentes de iluminación es posible aplicar las técnicas de la Percepción Remota no nada más en el ámbito de la Geofísica, sino también a la Medicina, la Biología, la Física Nuclear y la Industria.

El Paisaje, esta es la porción de la Percepción Remota que más retos da al investigador. Esto es así porque en primer lugar el paisaje constituye el sistema físico objeto de estudio de la Percepción Remota, en segundo lugar porque generalmente es una parte muy compleja donde intervienen muchos factores, algunos de ellos ajenos al propósito de la investigación y en tercer lugar porque sucede con frecuencia que el investigador no controla una parte, ó en algunos casos, todos los aspectos que componen el paisaje. El investigador puede controlar y de hecho

lo hace, al sensor remoto, la fuente de iluminación, ó el procesamiento de los datos, pero puede escapar a su inferencia el sistema físico que desea analizar. Por otro lado, una gran porción de los errores que se cometen en el diseño y operación de un experimento de Percepción Remota, provienen de la subestimación o sobresimplificación de la complejidad del paisaje. Con los conceptos vertidos anteriormente podemos entender que este objeto global de estudio puede verse ahora como un sistema microscópico, digamos un conjunto de átomos "iluminados" por un haz de electrones, o bien como un sistema macroscópico tal como un cultivo de bacterias "iluminadas" por medio de luz ultravioleta. También podremos entender al "paisaje" como el cuerpo humano "iluminado" por rayos x con propósitos de obtención de radiografías. Una aplicación relevante de los sistemas activos en la prospección de los recursos naturales terrestres, es el uso de señales de radar, que al interactuar con el paisaje terrestre permiten obtener datos complementarios a los que se obtienen utilizando luz visible. En otras palabras podemos afirmar que dichos sistemas activos amplían la capacidad para obtener imágenes con representación visual, las que hace algunos años no podían generarse por razones tecnológicas, conformándonos antes con el análisis de datos puramente numéricos. Esta capacidad de representación visual es la que permite a un médico el examen del sistema óseo y determinar la presencia y localización de tumores. O bien le ayuda a un biomédico en el estudio de la morfología de una bacteria con el fin de establecer su virulencia.

La Escena, es probable que este sea uno de los elementos básicos de la Percepción Remota más difíciles de entender, pues implica el manejo de conceptos lógicos, es decir de entidades no físicas. Imaginemos un plano o superficie embebidas en el paisaje y consideremos todos los objetos del paisaje que se encuentren sobre dicha superficie, de esta manera tendremos una imagen visual de una escena del paisaje. De tal forma que, variando el enfoque del lente de una cámara fotográfica, se obtienen diferentes escenas de un mismo paisaje, escenas que pueden ser plasmadas en el film fotográfico una vez que se acciona el disparador de la cámara fotográfica. Sobre la fotografía resultante quedan pues grabados en forma permanente y visible el conjunto de objetos que se encontraban sobre la escena. La fotografía resultante es por tanto una representación bi-dimensional de los objetos enfocados. En otras palabras la foto-

grafía es una imagen de la escena. Esta última consideración es de vital importancia, pues el manejo y análisis de las imágenes correspondientes a diferentes escenas, es lo que permite entender el funcionamiento del paisaje; esto con consecuencias importantes para el eventual dominio del mismo. Un ejemplo claro de estos conceptos es el de una radiografía. Un médico a la hora de enfocar su aparato de rayos x sobre una sección del sistema óseo, lo que está haciendo es seleccionar una escena del "paisaje" que en este caso es el cuerpo humano. La superficie que constituye la escena es en este ejemplo el plano sobre el que se enfoca el aparato de rayos x y los objetos son los huesos que se encuentran enfocados; la radiografía resultante es la representación visual de los huesos y su estructura. Es claro que la interpretación que hace el médico de la radiografía, le permite entender qué sucede en el sistema óseo del paciente, le permite dilucidar posibles problemas como fisuras, fracturas, debilitamiento o tumores en algún hueso y

sobre todo le permite tomar las acciones correctivas necesarias que le conducen al "dominio" del "paisaje", es decir le conducen a reestablecer eventualmente el estado de salud del paciente.

El Sensor Remoto, el desarrollo tan importante que ha tenido la tecnología en esta área de la Percepción Remota, le ha permitido al hombre ampliar (tabla 1) la capacidad visual de sus ojos. Nuevos y modernos detectores permiten ahora capturar luz invisible como la ultravioleta o la infrarroja. También permiten detectar radiación como los rayos x y gamma y partículas como electrones, protones o neutrones. Ejemplos de tales detectores son: una placa fotográfica, película fotográfica infrarroja, detectores Geiger, fotodetectores, fotomultiplicadores y cámaras de televisión. Muchos de estos detectores son baratos, de gran eficiencia y algunos de ellos proporcionan imágenes en forma cuantitativa, es decir en forma numérica, de tal manera que la información resultante puede ser almacenada en computador-

TABLA I
Algunos sensores y sus principales características.

región espectral y tipo de sensor	intervalo de longitud de onda (μm)	máxima resolución espacial (miliradianes)	capacidad de penetración atmosférica	capacidad de operación
Rayos gamma Contadores de centelleo, fotomultiplicadores acoplados a cristales como NaI y LiGe	10^{-16} a 10^{-5}		utilizable sólo en medios de muy baja densidad o a muy corta distancia del objeto	día y noche
Rayos X Contadores de centelleo y Geiger.	10^{-5} a 0.004		igual que el caso anterior	día y noche
Ultravioleta Película fotográfica con lentes de cuarzo, fotomultiplicadores	0.004 a 0.38	0.01 - 0.1	neblina	día solamente
Visible Televisión, cámaras convencionales, foto- multiplicadores	0.38 a 0.78	0.01 - 0.001	neblina y contaminantes industriales	día solamente
Infrarrojo Fotomultiplicadores, detectores de estado sólido, película sensible al infrarrojo	0.78 a 10^3	0.01 - 1.0	neblina, contaminantes humo y nubes poco espesas	día y noche
Microondas Radar con antenas emisoras y barreadoras	10^3 a 10^6	2.0 - 10.0 para sistemas de apertura, real.	neblina, contaminantes humo, nubes espesas y lluvia	día y noche

ra para proceder a un análisis matemático ulterior. Todos estos detectores han ampliado enormemente la capacidad de observación en Percepción Remota y pueden proporcionar actualmente imágenes de gran calidad de paisajes tan remotos como las lunas de Júpiter o de una galaxia distante. También han establecido la capacidad de observación de "paisajes" microscópicos como un virus detectado por medio de un microscopio electrónico. Sistemas o paisajes internos como son los órganos del cuerpo humano o los defectos interiores de una pieza de metal son ahora capturados utilizando detectores de rayos x. En particular y de consecuencias socio-económicas, le han proporcionado al hombre un conocimiento más diversificado de su medio ambiente para la evaluación y manejo de los recursos naturales terrestres.

La Plataforma, a medida que la plataforma de observación se coloca a una distancia mayor de la escena, la visión de conjunto es mayor también, no así el detalle o grado de discernimiento, el que se hace menor. Discernir objetos relativamente pequeños o muy próximos entre sí, requiere de detectores de alta resolución*, las que son indispensables para la utilización de plataformas colocadas a una gran distancia de la escena. Las plataformas colocadas a gran altura sobre la superficie terrestre son muy útiles en la prospección de los recursos naturales y en general en la exploración de nuestro planeta. Para estas aplicaciones de la Percepción Remota, la plataforma espacial ha demostrado ser la más adecuada, puesto que los modernos detectores permiten obtener imágenes de la superficie terrestre con elementos de resolución de 30 m por lado, cubriendo escenas de aproximadamente 185 por 185 km², es decir una superficie de 33, 225 km². Otros sensores con plataformas espaciales también, son capaces de obtener imágenes de escenas de 100 por 100 km², con un elemento de resolución de 10 por 10 m², es decir que el área mínima de observación del sensor es de 10 m por lado. Las plataformas espaciales se encuentran orbitando a varios cientos de kilómetros sobre la superficie terrestre y esto quiere decir que el detalle y la extensión cubierta con este tipo de plataformas son muy adecuadas para aplicaciones geológicas y geofísicas. Existen

desde luego plataformas que pueden estar a poca altura o a corta distancia de la escena donde las aplicaciones son diferentes a las de evaluación del medio ambiente geofísico. La observación de un cultivo de bacterias se hace a corta distancia pero, la escena observada es pequeña también, por lo que de todas maneras se requiere de un detector de alta resolución para poder observar los detalles más finos de las bacterias.

Puesto que históricamente y en general el nombre de la Percepción Remota ha sido tradicionalmente asociado a la exploración del planeta, veamos con más detalle que consecuencias tiene la utilización de la plataforma espacial en la prospección geológica y geofísica. Una plataforma espacial necesariamente es de tipo satelitaria, es decir el sensor remoto se encuentra instalado a bordo de un vehículo orbital o satelitario, el que a través de celdas solares, sistemas de control y telecomunicación automatizados, proporcionan la posibilidad de una cobertura regular y repetitiva de la superficie terrestre. Las órbitas de este tipo de satélites son generalmente polares, por lo que el movimiento combinado del satélite y el de rotación de la tierra (fig. 3) hacen que la

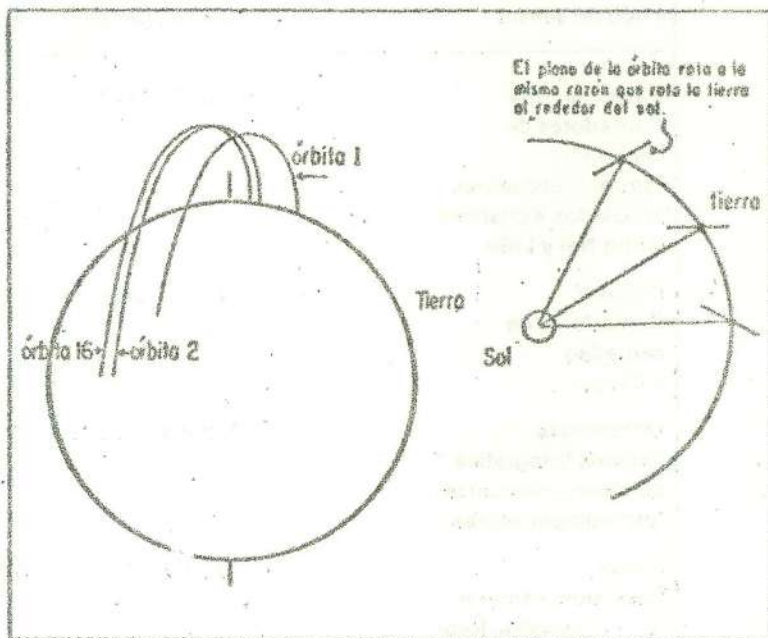


Fig.3) Cubrimiento terrestre por un satélite de PR con órbita polar

superficie de ésta, sea cubierta totalmente en periodos de entre 2 y 3 semanas. Además, la órbita del satélite está ajustada de tal manera que la observación de una misma región se hace a la misma hora del día: 10:00 hrs local aproximadamente. Esto deja como única variación en las condiciones de ilumi-

* por resolución se entiende aquí la capacidad de un sistema sensor para separar los elementos de un objeto bien definido como una sucesión de líneas equidistantes.

nación de la escena, a las variaciones debido a las estaciones del año, sobre todo en latitudes cercanas a las polares, donde el ángulo de elevación solar varía considerablemente de verano a invierno para una misma hora del día. Otra ventaja de este tipo de satélites, es que el envío de datos se hace inmediatamente a la estación terrestre más cercana, por lo que en principio las imágenes resultantes pueden quedar disponibles en un lapso de tiempo de algunos días.

El Sistema de Procesamiento, los sensores remotos actuales son capaces de producir imágenes de alta calidad en forma analógica o digital, es decir pueden proporcionar una representación continua o discreta de la escena. Una imagen continua es aquella donde la variación de tonos de gris o color se presenta sin discontinuidades, sin líneas, o fronteras, aparte de las que pudiera tener la escena misma. Una imagen discreta es aquella que está compuesta por elementos definidos y diferenciados como puntos o cuadrados. Una escena es siempre continua, no así la imagen respectiva. En realidad una representación o imagen continua es una idealización de lo que realmente sucede. Una fotografía podrá verse continua, pero al ser amplificada podrán apreciarse una colección de pequeños puntos de diferentes tonalidades, que son los que componen la imagen en forma similar a un rompecabezas. En general diremos que una imagen será entonces catalogada o discreta dependiendo del grado de resolución que tenga el sensor y del detalle que se desee discernir. Solo las imágenes ópticas podrán considerarse siempre como continuas. Daremos el nombre de digital a aquellas imágenes discretas donde cada punto que la compone está dado no por una tonalidad sino por un número, asignando por ejemplo el 0 al tono más oscuro y 127 al más claro. Debido a esta representación numérica de una escena es que es posible el manejo por computadora de la imagen digital correspondiente, con las consecuencias evidentes en rapidez y volumen en el análisis de una gran variedad de imágenes. La disponibilidad de computadoras digitales ha hecho que ahora se puedan analizar imágenes digitales de gran dimensión y complejidad, lo que ha dado a la percepción remota un impulso notorio en los últimos 10 años. Más aún, este desarrollo de la Percepción Remota ha demandado recursos computacionales cada vez más importantes, llegando a ocurrir que los especialistas en ciencias de la computación, hayan consagrado un esfuerzo considerable al diseño y construcción de arquitecturas y

lenguajes computacionales con el propósito específico de analizar imágenes digitales principalmente y esto ha dado un impulso aún mayor a la Percepción Remota. Los sistemas computacionales cuentan actualmente con un rango muy amplio de algoritmos* para el análisis de imágenes, los que a través de sistemas de despliegue (fig. 4) de color de alta resolución, permiten desplegar la imagen digital y proporcionan al usuario una comunicación de tipo interactivo con la computadora en donde residen los mencionados algoritmos de análisis. Esta comunicación interactiva produce información, resultando de dicho análisis, que puede ser canalizada a bancos de memorias en la misma computadora y de donde puede ser extraída, representada o manipulada lo más adecuadamente posible para la toma de decisiones acerca de uno o varios aspectos del paisaje. A esto último se le llama sistema de información y convierte a la toma de decisiones en un proceso cuantitativo y de rápido apoyo a la gestión de un recurso específico del paisaje.

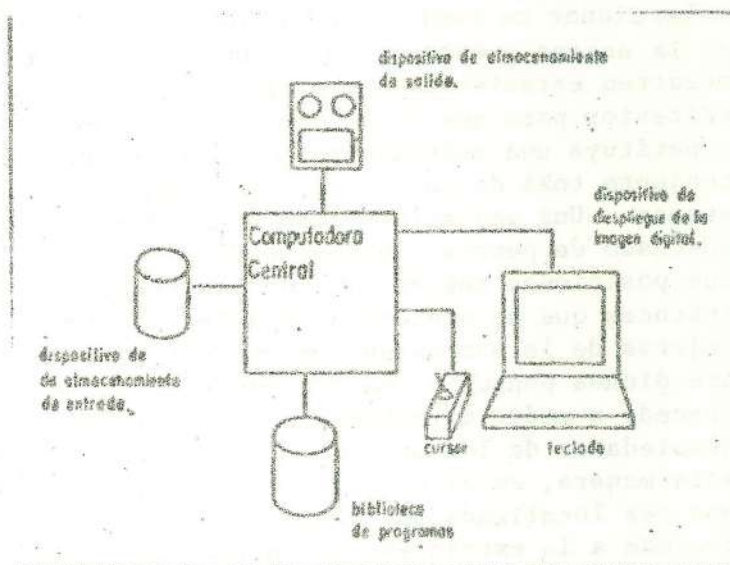


Fig. 4) Sistema computacional aplicado a una pantalla de despliegue para el análisis interactivo de imágenes digitales

El Apoyo de Campo, las técnicas de apoyo de campo se refieren a la inspección cualitativa y cuantitativa de lugares selectos del paisaje. Estas técnicas son resultado de los métodos de muestreo estadístico y de me-

*Un algoritmo es una sucesión lógica de instrucciones, las que traducidas por medio de un lenguaje de computadora como FORTRAN, proporciona al sistema computacional las órdenes necesarias para ejecutar una tarea específica.

didas de propiedades físicas y químicas de los objetos que se encuentran en la escena. Es claro que no es posible ni tiene sentido hacer una evaluación exhaustiva de todos los objetos de la escena, pues además de que esto sería costoso y de gran consumo de tiempo, dejaría de lado a la Percepción Remota, es decir, ya no tendría razón de ser la observación a distancia desde una plataforma particular. Sin embargo, la observación directa de ciertos puntos de la escena es necesaria para la correcta validación de las observaciones hechas por Percepción Remota. Esto es así porque las medidas hechas por un sensor remoto son en general relativas al sensor mismo, a la metodología usada y pueden estar distorsionadas por una gran variedad de aspectos no controlables por el experimentador; tales como interferencia atmosférica si se trata de una plataforma satelitaria, o interferencia de los tejidos blandos si se trata de obtener una radiografía. A partir de los hechos arriba mencionados, se desprende la necesidad de seleccionar un conjunto adecuado de puntos de la escena y esto se hace con técnicas de muestreo estadístico que proporcionan los criterios para que dicho conjunto de puntos constituya una representación realista del conjunto total de puntos que componen la escena. Una vez seleccionados un número adecuado de puntos y habiendo determinado sus posiciones respectivas en la escena es entonces que se procede a localizar a los objetos de la escena que se encuentran sobre dichos puntos y una vez hecho esto, se procede a medir directamente una serie de propiedades de los objetos en cuestión. De esta manera, en el caso de una radiografía, una vez localizada una zona sospechosa, se procede a la extracción de un poco de tejido para someterlo al análisis de laboratorio cuyos resultados determinarán la acción correctiva a tomar. En el caso de estudios de silvicultura desde una plataforma satelitaria, se procederá a inspeccionar un cierto número de árboles, determinando propiedades como área foliar, diámetro mayor del tronco o estado de salud, en caso de que los árboles se encuentren infestados por una plaga. Todos estos datos son retroalimentados al sistema computacional, el que correc-

tamente programado dará la localización y extensión de un tumor, o proporcionará las zonas de árboles enfermos. Desde luego habrá ocasiones en las que el apoyo de campo no es posible o es demasiado costoso, en cuyos casos las inferencias que se hagan sobre la escena y el paisaje tendrán que ser indirectas. Este es el caso de regiones de difícil acceso en el planeta o de cuerpos celestes muy alejados. Aquí es muy importante puntualizar que ni la Medicina, ni la Astronomía se han convertido en Percepción Remota o está en Astronomía y Medicina, sino que la Percepción Remota es una metodología científica multidisciplinaria cuyas técnicas y métodos son de aplicación en diversas áreas del conocimiento científico.

El nombre de Percepción Remota aparece inicialmente durante las primeras misiones interplanetarias de sondas espaciales no tripuladas, a bordo de las cuales se instalaron cámaras de televisión para la captura y envío a la tierra de imágenes correspondientes a regiones selectas de la superficie de otros planetas. El desarrollo de la ciencia de la Percepción Remota, por su aplicación novedosa a la geología y a la geofísica, se ha visto involucrado tradicionalmente al estudio de la superficie planetaria terrestre. De aquí que la Percepción Remota se ha definido en su desarrollo histórico, como la obtención de información acerca de una superficie o escena, utilizando luz visible e invisible, por medio del análisis automatizado de datos obtenidos a distancia por un sensor remoto. Esto con fines de evaluación del medio ambiente en general y en muchas ocasiones con el objeto de apoyar las labores de prospección de los recursos terrestres, lo que constituye una herramienta valiosa para el bienestar de la humanidad. El avance que ha tenido la tecnología asociada a la Percepción Remota ha hecho que el método propio de esta moderna ciencia sea aplicable a una gran variedad de escenas y paisajes y la evaluación no se restringe ya al medio ambiente sino que se realiza a una diversidad de sistemas físicos.

* * * * *



VOLCAN POPOCATEPETL

En la llamada Faja Volcánica Trans Mexicana, localizada en la porción central de México, se encuentran algunos volcanes de gran tamaño y cuya actividad aún es apreciable. La vida económica de diferentes regiones de esta porción de la República puede ser afectada seriamente por la manifestación de estos gigantes; por eso es necesario que estudios de diferente índole sean llevados a cabo con el fin de conocer mejor las características volcanológicas de cada uno de ellos. En el caso del Popocatepetl, su estudio se hace necesario debido a la cercanía de grandes centros de población que, por su importancia, no solo es interesante desarrollar proyectos de investigación sobre su actividad, sino que además es indispensable.

En el Instituto de Geofísica de la UNAM se desarrollan programas de investigación sobre el volcán Popocatepetl de manera que se pueda conocer su evolución en el tiempo y las características actuales de su actividad, auxiliados de diferentes técnicas de estudio. Estos estudios incluyen análisis petrográficos, isotópicos, paleomagnéticos y químicos de diferentes tipos. Para poder llevarlos a cabo, es necesaria la recolección de muestras en el campo. La obtención de muestras de gases es tal vez una de las más espectaculares, además de peligrosas. El análisis de las fumarolas del Popocatepetl, junto con otros estudios, nos permite conocer su actividad, aunque para ello es necesario realizar muestreos continuos para detectar la presencia de sustancias que indiquen una reactivación del vulcanismo o bien que permitan saber si se encuentra en vías de extinción. Algunas de las características que se observan directamente en el campo son la temperatura y las condiciones en que se encuentra el domo central.

El Popocatepetl tiene una altitud de 5452 m.s.n.m. y tiene una forma cónica truncada hacia la cima; el corte es una sección elíptica alineada NE-SW y las dimensiones de los ejes de esta elipse son 650 metros uno y 450 metros el otro. Entre la altitud máxima del cráter del volcán (denominada Labio Superior) y la altitud mínima (denominada Labio Inferior) existen 300 m. de diferencia. La parte interna del cráter es de forma cilíndrica y desciende ver-

ticamente (55 metros en su parte más baja y 300 metros en su parte más alta) hasta una pendiente rocosa cubierta por depósitos de talud que desciende hasta los 5000 m.s.n.m. A partir de aquí se levanta un pequeño cono de 200 a 250 metros de diámetro y aproximadamente 40 metros de altura, que se encuentra cortado en uno de los flancos por el cual es posible tener acceso al interior de éste, donde se puede observar en ocasiones una pequeña laguna; desde el fondo de este pequeño cráter hasta su parte más alta hay 70-80 metros de desnivel.

Durante los días 25 y 26 de enero de 1986 se efectuó un descenso hacia la parte interior del cráter con el fin de obtener muestras de gases de las fumarolas que se encuentran localizadas en la porción interna del cráter principal y en el fondo (alrededor del pequeño cráter y en la parte interna de éste). El descenso se realizó desde el labio inferior a una altitud de 5250 m.s.n.m., para alcanzar posteriormente la parte interior del cono interno, donde se muestrearon los gases de un campo fumarólico. Ahí se pudo constatar que la temperatura de los gases es de 97 a 99 grados centígrados. No obstante, durante la noche del 25 de enero se observó la presencia de "círculos" incandescentes en la pared interna del cono menor, al cual en esta ocasión no fue posible tener acceso, pero que sugieren una temperatura mucho más elevada. Cabe señalar que estos círculos incandescentes no habían sido reportados desde 1938.

Durante el muestreo fueron obtenidas también muestras de agua de la laguna interna para su análisis. La temperatura de este cuerpo de agua es de 29 grados centígrados.

Haciendo una comparación de las observaciones hechas en visitas previas (1978 y 1985) se puede hacer notar la presencia de un ligero levantamiento de la porción externa del cono pequeño y una actividad de gases mayor en las últimas dos visitas, aunque esto se debe sin duda a la influencia de la variación estacional sobre estos fenómenos.

Se agradece la participación de la Organización de Montañismo y Exploración de la UNAM, sin cuya participación, efectuar este tipo de muestreos no sería posible. Por otra parte, se agradece al M.enC. Servando

de la Cruz Reyna los comentarios hechos respecto a las observaciones mencionadas y el haber facilitado un termómetro de precisión para altas temperaturas.

Hugo Delgado Granados

Laboratorio de Paleomagnetismo
y Geofísica Nuclear, Instituto
de Geofísica, UNAM.

LOS VOLCANES DE IO

La detección de vulcanismo activo en Io, uno de los satélites de Júpiter, es uno de los resultados más interesantes del reciente programa de exploración espacial llevado a cabo por las sondas *Viajero 1* y *Viajero 2*. Este hecho permite analizar otro cuerpo planetario que al igual que la Tierra presenta una serie de procesos de carácter tectónico en su superficie. El origen del tectonismo parece ser una serie de procesos que se llevan a cabo en el interior del cuerpo planetario.

La observación de Io desde varios observatorios astronómicos en la Tierra había presentado siempre diversas interrogantes acerca de su comportamiento térmico. W.M. Sinton logró detectar durante el curso de algunas observaciones astronómicas realizadas en el infrarrojo (entre 1 y 5 micras) lo que parecían ser explosiones en la superficie de Io. Estas explosiones se manifestaban como un repentino exceso de radiación que ocasionaba que su brillo fuera dos o tres veces superior a lo normal; en ocasiones esta emisión caía a 1.25 veces lo normal. Analizando este patrón se llegó a proponer que en Io existía una fuente de emisión de radiación la cual se manifestaba solo temporalmente y que además estaba fija en la superficie del satélite, pues el modelo podía hacer ver a la fuente emisora como un punto fijo rotando con el cuerpo planetario.

Durante 1979, la primera sonda espacial *Viajero 1* llegó a las inmediaciones de Io y la señal enviada dejó ver claramente la existencia de vulcanismo activo. A partir de esta fecha, las observaciones se han incrementado y se han llegado a catalogar más de una docena de volcanes activos además de diversas regiones que muestran signos de actividad volcánica reciente. Actualmente las observaciones han continuado y diversos autores llevan a cabo un análisis

de este comportamiento volcánico.

Durante 1985 y 1986 los satélites de Júpiter estarán situados en una posición tal que será posible observar desde la Tierra sus diferentes eclipses y ocultamientos entre ellos.

La emisión que detectamos de un cuerpo planetario corresponde a la que emite más la que refleja del Sol. En esta forma, al ser eclipsado podemos medir solamente la que emite y calcular la temperatura de su superficie ajustándola a una correspondiente radiación de cuerpo negro. La temperatura así calculada para Io resulta ser de 120°K, pero durante las explosiones llega a ser hasta de 600°K.

Usando los eclipses, es posible, en principio, delimitar las áreas de emisión en la superficie del satélite debido a que el cuerpo eclipsante va ocultando lentamente a Io. Las sondas espaciales que se han usado para este tipo de estudios tienen una alta resolución espacial pero solo por un tiempo limitado. Las observaciones desde la Tierra permiten seguir esta actividad por tiempos largos pero tienen una baja resolución espacial. Diversas técnicas de filtraje y el uso de eclipses y ocultamientos pueden ayudar a mejorar la resolución espacial.

Actualmente varios observatorios en el mundo observan a Io con objeto de localizar los puntos de emisión volcánica y analizar sus variaciones.

La presencia de vulcanismo se piensa que está ligada al calor generado internamente por decaimiento de isótopos radioactivos, al igual que en la Tierra. No obstante, hay investigadores que proponen para el origen de esta actividad al calor disipado por la alta marea terrestre a la que está sujeto Io debido a su cercanía con Júpiter.

El fenómeno es también interesante desde otro punto de vista, ya que el material arrojado por los volcanes queda atrapado en la inmediaciones de Io y debido al movimiento de éste alrededor de Júpiter se desarrolla una región similar a una dona, con alta concentración de partículas ionizadas sobre todo de sodio, potasio y azufre.

Francisco Medina M.

Instituto de Geofísica, UNAM

AYUDAS RADIOELECTRICAS PARA EL PRONOSTICO DEL TIEMPO

Al hablar de las "ayudas radioléctricas para el pronóstico del tiempo" no nos referimos al radar o a los radiosondeos, sino a otras cosas que a menudo no se consideran como útiles en la meteorología sinóptica, como la estática atmosférica o las variaciones en la transmisión de las ondas cortas de la radio.

En el Centro de Ciencias de la Atmósfera utilizamos las señales radioeléctricas que, con el nombre de "estática", producen las descargas atmosféricas que siempre hay y que se registran en los receptores de radio, especialmente en las ondas muy largas, y las utilizamos como una ayuda al pronóstico del tiempo con fines agrícolas.

El verano y las masas de aire húmedas y calientes se caracterizan por una gran cantidad de estática. En México el aire tropical marítimo muestra una gran actividad eléctrica. El invierno y las masas de aire frías y secas muestran una actividad eléctrica reducida. A ciertas horas del día aparece una convección que genera descargas audibles en aparatos receptores adecuados. Durante la noche pueden oírse los ruidos generados a larga distancia.

En un frente frío una masa de aire polar se mueve y substituye a otra masa de carácter tropical y en la superficie de contacto de las dos se generan descargas eléctricas que son audibles. En un frente caliente es una masa caliente, tropical, la que substituye a otra de carácter polar, fría y seca. Los frentes calientes generan menos descargas que los fríos. Un huracán tropical genera muchas descargas. Las descargas generadas por la convección de la atmósfera son fuertes y ocurren a horas determinadas del día.

Si un meteorólogo conoce bien la forma de las descargas que ocurren en cada fenómeno meteorológico, así como su frecuencia de ocurrencia y la dirección desde la cual se registran, podrá suponer -si conoce cómo se comporta la atmósfera de su país- la clase de fenómeno que va a ocurrir o que está ocurriendo. Podrá así ayudarse en el pronóstico del tiempo.

Los agricultores pueden aprender con facilidad a oír la estática que se registra en un radio ordinario y a interpretar lo que oyen. La estática y su registro sirven también para otras cosas, como para detectar las ráfagas solares, porque la estática aumenta mucho durante la ocurrencia de ellas. Hoy existen algunas decenas de observatorios que registran "los aumentos súbitos de la estática" para advertir la presencia de las ráfagas solares que tienen efectos muy serios sobre las comunicaciones radioeléctricas, especialmente en las ondas cortas.

El Laboratorio de Electricidad Atmosférica del Centro de Ciencias de la Atmósfera se ocupa de todos estos problemas y además estudia los rayos y sus efectos, con el fin de diseñar mejores dispositivos protectores, o sean pararrayos y arrestarrayos.

José Merino y Coronado

Centro de Ciencias de la Atmósfera
UNAM

GEOCAPSULA

VOLCANES EN VENUS

De acuerdo con recientes trabajos realizados por Ronald G. Prinn, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, es altamente probable la existencia en la actualidad de volcanes activos en Venus. Esta hipótesis se apoya en dos hechos: en la detección por radio sondeo de estructuras montañosas de aspecto volcánico en su superficie y en las observaciones de los Pioneros de cambios drásticos en la cantidad de óxidos de azufre en las partes altas de las nubes de la atmósfera venusina.

NUESTROS GEOFISICOS

DON CARLOS DE SIGÜENZA Y GONGORA (1645-1700)

En esta primera semblanza de NUESTROS GEOFISICOS nos referiremos a alguien que fue considerado en su tiempo "Honor de la Nación", según lo llamó Don Juan Antonio Alzate (1), y a quien De Gortari (2) considera como "una especie de estrella de primera magnitud". Hablamos de Don Carlos de Sigüenza y Góngora, nacido en la Ciudad de México el 15 de septiembre de 1645. Don Carlos de Sigüenza, astrónomo, matemático, geógrafo, físico, artillero, historiador, poeta y médico llegó a ser una de las más grandes personalidades científicas y culturales del Nuevo Mundo y de Europa. El rey Carlos II lo nombró Geógrafo General y Luis XIV de Francia trató de convenserlo para que se fuera a trabajar a su reino.

Carlos de Sigüenza puede considerarse, si no el primero, sí uno de los primeros científicos de la Nueva España en el concepto moderno del término. Sus estudios y su trabajo fueron guiados en gran parte por la observación minuciosa, y desechando argumentos o posiciones apriorísticas, fue catedrático de la Real y Pontificia Universidad de México en la cual detentó la cátedra de Ciencias Exactas y Filosofía.

La razón de incluirlo en esta sección es el marcado interés que mostró y la labor que realizó en el campo de la Geografía y en el estudio de los cometas. En el campo de la Geografía, cabe destacar que determinó con mucha precisión la posición de la Ciudad de México (3), corrigiendo errores de más de un grado en latitud y longitud en las posiciones marcadas en las cartas geográficas entonces en uso.

Levantó un plano del valle de México y de las obras del desagüe que no se publicó hasta 1748 y que fue de gran utilidad para los estudios realizados por José Antonio Alzate. Participó en la expedición de reconocimiento del Golfo de México realizada en 1693 en la cual levantó varios mapas con mucha precisión, particularmente el de la bahía de Panzacola (4) y la desembocadura del río Mississippi. Trazó la primera carta general de la Nueva España

elaborada por un mexicano, si bien ésta no fue publicada sino hasta 1775.

Su contribución más notable en el estudio de los cometas fue su "Libra Astronómica y Philosophica", publicada en 1690, en la cual se incluye la disputa con el Padre Eusebio Kino acerca de la naturaleza de los cometas, defendiendo enfáticamente el estudio científico de dichos cuerpos celestes. Previamente había publicado el "Manifiesto Filosófico Contra los Cometas Despojados del Imperio Que Tenían Sobre Los Tímidos" y "Cálculos del Cometa de 1681".

Finalmente mencionaremos que sus intereses en otros campos también produjeron obras de trascendencia como el estudio de las fases de la Luna (con la publicación de sus lunarios), la historia de los antiguos mexicanos, obras de corte religioso y poesía varia. Murió el 22 de agosto de 1700 y al donar su cuerpo para que se le practicara la autopsia dió su última clase de anatomía y nos legó el ejemplo del científico inquieto que sabe buscar la verdad de la naturaleza hasta sus últimas consecuencias.

Adolfo Orozco

BIBLIOGRAFIA

- (1) José Antonio Alzate, "Estudio de la Geografía de la Nueva España y Modo de Perfeccionarla" en el libro "Historia de la Ciencia en México, Siglo XVIII", Elías Trabulse, CONACYT-FCE, Méx. 1985
- (2) Eli de Gortari, "La Ciencia en la Historia de México", Ed. Grijalbo, Mex., 1980
- (3) Joaquín Velázquez de León, "Determinación de la Situación Geográfica del Valle de México" en "Historia de la Ciencia en México: Siglo XVIII, Elías Trabulse, CONACYT-FCE, México, 1985
- (4) José Bravo Ugarte, "La Ciencia en México" Col. México Heróico, Ed. Jus, Mex., 1967

* * * *

THE SEPTEMBER 19, 1985 MICHOACAN EARTHQUAKE:
AFTERSHOCK ACCELERATION DATA RECORDER BY A
TEMPORARY INSTALLATION OF STRONG MOTION
INSTRUMENTS

L. Mungula, G.W. Simila, K.C. McNally, and
H. Thompson

(enviado al Geophys. Res. Letters)

We describe acceleration signals recorded for nine aftershocks of the September 19, 1985 Michoacán earthquake. To obtain this data set, three A-700 Teledyne-Geotech digital strong-motion instruments were operated temporarily at two sites in the José María Morelos (La Villita) Dam, and at a site located at about 12 km to the west of the town of Zihuatanejo. Peak horizontal accelerations of 0.005g to 0.031g were recorded at epicentral distances between 10 and 75 km, for earthquakes with magnitude (m_b) between 4.5 and 5.3. It was observed that the peak accelerations recorded at a site on the embankment of the dam (near the crest) are approximately three times those recorded on the abutment bedrock portion of the dam. Although these sites were spatially separated by no more than 300m, differences among their records are also significant. Waveforms recorded at the embankment site look more complex than those from the abutment site. This fact, as well as the higher peak accelerations on the embankment provides evidence of a strong influence of the structure of the dam on the ground motion at the embankment.

THERMODYNAMIC ASPECTS IN PLINIAN ERUPTIONS
WITH A NOZZLE CONDUIT CONFIGURATION
Francisco Medina M.

(enviado al J. of Vulc. and Geothermal Res.)

The internal pressure in explosive volcanic eruptions is evaluated by muzzle ejection velocities of the eruptive flow. This internal pressure, which is assumed to be related with the depth of the fragmentation level (F.L.), implies that higher velocities correspond with greater depths in the F.L. The initial distance travelled by the eruptive flow from the F.L. can be approximated by an isotropic flow of its gaseous phase. This is due to the fact that the process occurs faster than the heat transfer with the sur-

roundings and the temperature remains practically constant between the gas and the pyroclastics. Numerical examples show that a flow with low internal pressure, developed near the surface, can reach higher velocities in a nozzle conduit configuration.

SEISMIC INTENSITY STUDIES OF THE SEPTEMBER
19 AND 20, 1985 MEXICAN EARTHQUAKE.

A. Uribe, F.J. Aguilar, M. Benhumea, and
C.J. Rebollar

(enviado al Bull. of Seis. Soc. of America)

The effects of the earthquake which took place in México in September 19 and 20, 1985, will be described here, emphasizing the damages observed in the locations close to the rupture area and in México City. Beside, an isoseismical map is included. It has been found that seismic intensity not only depends on epicentral distance but it is also strongly affected by local geological characteristics. Actually, the major intensity values were produced in cities built on large depositional lake sediments.

FINE STRUCTURE OF A POSTFAILURE WADATI-BENI-
OFF ZONE

C. Stolte, K.C. McNally, G.W. Simila, J.
González-Ruiz, A. Reyes, C. Rebollar, L.
Mungula and L. Mendoza

(enviado al Geophys. Res. Letters)

The Levenberg-Marquardt non-linear least square algorithm is used to invert for the crustal velocity structure in the epicentral region of the great ($M = 8.1$) michoacán, México, earthquake of September 19, 1985. The velocity model consists of a layer with linearly increasing velocity overlying a dipping, constant velocity halfspace. Our hypocentral location program uses a velocity model of the same form together with ray tracing. The hypocentral distribution obtained from aftershocks recorder by our local field array delineates a planar structure, roughly 10 km thick, dipping 14° at $N26^\circ E$. This is in good agreement with the source geometry obtained by waveform modelling of the mainshock. The earthquake hypocentral resolution obtained with this pro-

gram is significantly better than that from conventional approaches (HYPO) and looks very promising for its applicability in complicated velocity structures like subduction zones.

ANALYSIS OF THE SEISMICITY DETECTED IN 1982-84 IN THE NORTHERN PENINSULAR RANGES OF BAJA CALIFORNIA

C.J. Rebollar and M.S. Reichle

(enviado al Bull. of Seis. Soc. of America)

The San Miguel fault system strikes in the northwest direction within the peninsular ranges of Baja California. Emphasis will be great to the southern sector of the San Miguel fault (SSM) which is about 20 km long and had a large rupture in 1956. The background seismicity of SSM is high, in a time period of 23 days, 109 events were located with duration magnitudes between 1.4 and 2.8. Most focal depths were found to be between 5 and 15 km. Epicentral locations showed three clusters of seismicity. Two clusters were found on SSM. Another cluster was found closer to a normal fault that strikes parallel 8 km to the southwest of SSM. The seismicity was stationary with an average of 20 events per day. A "b" value of 0.92 ± 0.2 was found for the background seismicity. A large "b" value of 1.4 ± 0.07 was found for the cluster at the northwest end of SSM. It suggests a heterogeneous state of stress. Fault plane solutions in the Northern Peninsular Ranges of Baja California, mainly, indicated strike-slip motions, one exception showed normal faulting. The greater principal stress was found near a north-south direction.

STRESS DROPS ESTIMATES OF SOME AFTERSHOCKS OF THE OMETEPEC, GUERRERO, MEXICO EARTHQUAKE OF JUNE 7, 1982

C. Rebollar and R.M. Alvarez

(enviado al J. Geophys. Res.)

Source parameters of 26 aftershocks of the Ometepe earthquakes of magnitude (M_s) 6.9 and 7.0 were calculated. Brune's stress drop, apparent stress drop and σ_{rms} stress drop were estimated. We found that σ_{rms} stress drops and apparent stress drops were systematically smaller than Brune's stress drops at a single station. Stress drops from rms of acceleration and apparent

stress drops ranged from 0.02 to 10.2 bars but one (20.1). On the other hand, Brune's stress drops ranged from 0.6 to 91.0 but two (187 and 239 bars). Seismic moments ranging from 0.5×10^{19} to 289×10^{19} dyn-cm were estimated for events with coda magnitudes between 0.6-2.2. Radiated seismic energy calculated integrating the displacement spectra range from 2×10^{12} to 6.3×10^{15} dyn-cm. f_{max} was found to lie between 22.3 $\pm$ 4.2 Hz. Seismic coda wave attenuation was measured on narrow bandpass-filtered seismograms. It was found an almost linear dependence of the seismic quality factor of the form $Q_c = (29 \pm 5)f^{1.01 \pm 0.10}$ in the range of frequencies from 3 to 24 Hz.

COMPARISON OF MATRIX-EFFECT CORRECTION AND DIRECT INTENSITY-CONCENTRATION RELATIONSHIP METHODS FOR MAJOR-ELEMENT ANALYSIS OF GEOLOGICAL MATERIALS BY X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETRY

M. Guevara and S.P. Verma

(enviado al X-Ray Spectrometry)

Forty international geochemical reference samples are used to test two methods of data-processing of intensity values and obtain major-element concentrations by XRFS. It is found that the method of direct intensity-concentration relationship gives better results than the more commonly employed matrix-correlation technique. The major differences show up in MgO , Na_2O and Al_2O_3 . The method is precise to about $\pm 1\%$ and accurate to $\pm 6\%$ or better for most elements of geologic interest.

A PROGRAM PACKAGE FOR MAJOR-ELEMENT DATA HANDLING AND CIPW NORM CALCULATIONS

M.P. Verma, V.H. Aguilar-Vargas and S.P. Verma

(en prensa en Computers & Geosciences)

The package comprises a set of interactive and interrelated FORTRAN-77 programs to compile the data on major-element whole-rock chemical analysis on igneous rocks, calculate the corresponding CIPW norm and manage them in different formats (tabular form; graphic form; X-Y, triangular and histogram plots). The data are stored in an indexed file containing a number of keys with sample-name as the main key. The keys have extreme advantage for fast data accessing and comparative studies. The package

has been successfully used for compiling over 1800 bulk chemical analyses of igneous rocks from Mexican Volcanic Belt (MVB).

A COMPILATION OF SR AND ND ISOTOPE DATA ON MEXICO

S.P. Verma and M.P. Verma

(J. Geol. Soc. of India, Vol. 27, pp. 130, 1986)

A compilation is given of the available Sr and Nd isotope data on Mexican volcanic-plu-

tonic terranes which cover about one-third of Mexico's territory. The available data are arranged according to a subdivision of the Mexican territory in terms of geological provinces. Furthermore, site and province averages and standard deviations are calculated and their petrogenic implications are pointed out.

* * * * *

GEOFISICA

ISSN 0016 - 7169

INTERNACIONAL

REVISTA DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, AUSPICIADA POR EL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Vol. 25

México, D. F., 1o. de abril de 1986

Núm. 2

Contenido

Págs.

J. M. ESPINDOLA-CASTRO and L. W. BRAILE: Synthetic seismograms for a dislocation source by finite-difference techniques.

W. RITTER ORTIZ, M. E. de GARAY y S. GUZMAN RUIZ: Balances de radiación y potenciales de productividad primaria en algunos ecosistemas terrestres de la República Mexicana.

A. P. BAEZ, H. G. PADILLA and O. G. de GONZALEZ: Acid rain over Mexico City valley and surrounding rural areas.

I. PEREZ GARCIA, R. MURILLO y D. CASTELAN: El método de reducción cíclica a la ecuación de vorticidad.

Y. I. FALCON, J. E. MEZA y T. V. LARSON: Determinación de ácido nítrico y nitratos en partículas atmosféricas.

E. JAUREGUI O.: Distribución del vapor de agua precipitable en México.

* * *

Publicada con la ayuda del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

MEXICO
1986

INFORMACION Y NOTICIAS / INFORMACION Y NOTICIAS / INFORMACION Y NOTICIAS

CURSO REGIONAL DE GEOFISICA MARINA

La UGM está organizando un curso sobre Geofísica Marina que se llevará a cabo del 8 al 16 de agosto de este año en la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la UABC en Ensenada, Baja California y cuyo objetivo es actualizar los conocimientos de los profesores de enseñanza superior y de los profesionistas ligados al área de Geofísica Marina.

Para mayores informes dirigirse al Dr. René Chávez, Instituto de Geofísica, UNAM, tel. 5-5-52-15 ext. 4355 o al Dr. Javier González, Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE), tel. 8-38-02 al 05.

SIMPOSIUM MEXICO-ESTADOS UNIDOS SOBRE INGENIERIA AMBIENTAL Y MANEJO DE RECURSOS

La Universidad Autónoma de Chihuahua convoca a los investigadores mexicanos a participar en el Simposium México-Estados Unidos Sobre Ingeniería Ambiental y Manejo de Recursos que se efectuará en la ciudad de Chihuahua del 10 al 12 de septiembre de este año.

Para mayores informes dirigirse a la Facultad de Ingeniería, Apdo. Post. 1528 Suc C, Chih. Chih., At'n M.C. Regina García H., tel. 13-61-70 o a la Facultad de Ciencias Químicas, Apdo. Post. 669, Chih. Chih. At'n M.C. Eduardo L. Rocha, tel. 13-18-28 ext. 12.

REUNION ANUAL DE LA UGM

La Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana correspondiente a 1986 se llevará a cabo en los locales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán del 10 al 15 de noviembre. Las personas que deseen participar en las ponencias de dicha reunión deberán enviar su resumen corto a más tardar el 31 de julio. La fecha límite para la entrega del resumen extenso será el 10 de septiembre. Los resúmenes extensos que no sean entregados para esa fecha no serán incluidos en las Memorias de la Reunión aún cuando la ponencia haya sido aceptada. En este caso se incluirá en las Memorias el resumen corto.

CONFERENCIAS SOBRE VOLCANES

La UGM, en colaboración con la Comisión Federal de Electricidad organiza un ciclo de conferencias titulado "¿Qué Sabemos de Los Volcanes?" el cual se llevará a cabo los sábados a las 12 hrs. en el Museo Tecnológico de la CFE en el Bosque de Chapultepec con el siguiente programa:

Mayo 17: "Un Viaje al Centro de la Tierra" por Rosa María Prol

Mayo 24: "¿Por qué Hay Volcanes Sin Lava?" por Juan Manuel Espíndola

Mayo 31: "¿Se Pueden Predecir las Erupciones Volcánicas?" por Manuel Mena

SIMPOSIUM ESPACIAL INTERNACIONAL

El Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales de la UNAM, organiza un simposio titulado "Evaluación y Perspectivas de la Era Espacial en México" del 19 al 22 de mayo en el Auditorio "Nabor Carrillo" en Ciudad Universitaria. Participarán en el expositores de diferentes áreas científicas, técnicas, políticas y sociales y se presentarán ponentes de diversos países del llamado Tercer Mundo para hablar de las actividades espaciales que en ellos se desarrollan.

ACTIVIDAD EN EL VOLCAN TACANA

El Observatorio Vulcanológico del Instituto de Geofísica informa que la ocurrencia de sismos a partir de diciembre de 1985 en la zona fronteriza entre México y Guatemala, cercana al volcán Tacaná, motivó que se iniciara desde enero de este año un estudio "in situ" de esa región. Se colocó una red de cuatro sismógrafos rodeando al volcán, se midieron temperaturas del suelo en la cumbre del volcán y se recolectaron muestras de agua de los manantiales hidrotermales de la región. En febrero, además de los sismógrafos se instaló un inclinómetro tipo Westphal, dos inclinómetros "secos" y seis estaciones de monitoreo de radón, continuándose con el muestreo de los manantiales y los reconocimientos geológicos por parte del personal de la CFE. Hasta mediados de abril, la actividad sísmica había disminuido en comparación con el nivel alcanzado en diciembre; sin embargo, últimamente ha vuelto a aumentar, haciendo necesaria una estrecha vigilancia.

Actividad Sísmica en la República Mexicana de Enero a Abril

Dentro de la actividad sísmica normal que se ha venido observando en la República Mexicana en lo que va del año de 1986, destacan la actividad sísmica local en el área de réplicas del sismo del 19 de septiembre de 1985 y la actividad sísmica local de baja magnitud que viene ocurriendo desde el 19 de diciembre de 1985 en las cercanías del volcán Tacaná.

En un área de $170 \times 50 \text{ km}^2$ se siguen sucediendo las réplicas asociadas al gran sismo del 19 de septiembre de magnitud 8.1, y hasta ahora se ha estado registrando un promedio mensual de 20 temblores de magnitud entre 3.7 y 5.0, apreciándose hacia fines de abril una sensible disminución en el número de sismos en este rango de magnitud. Sin embargo, a seis meses y diez días del evento principal, el 30 de abril a las 1:07 horas, ocurrió un temblor de

magnitud 7.0 que viene a ser la segunda réplica más importante después del temblor del 20 de septiembre. Este último evento se localizó a los 18.3° Latitud Norte y 103.2° Longitud Oeste y fue sentido en un área de $450,000 \text{ km}^2$, aproximadamente. La localización del epicentro está a 50 km al Oeste del epicentro del terremoto del 19 de septiembre pasado, ubicándose al Noroeste del área de réplicas.

Cabe aclarar que estas réplicas tardías son observadas frecuentemente hasta un año después de la ocurrencia de un gran sismo como el del 19 de septiembre de 1985.

Zenón Jiménez

* * * * *

SERVICIO MAREOGRAFICO DEL INSTITUTO DE GEOFISICA DE LA UNAM

El Servicio Mareográfico, opera la red de mareógrafos primarios desde el año de 1952, tanto en la costa del Pacífico como en el Golfo de México y Mar Caribe.

El Instituto de Geofísica creó el Servicio Mareográfico a raíz de un convenio celebrado entre la Secretaría de Marina, el Servicio Geodésico Interamericano y la UNAM representada por el Instituto de Geofísica. Cada una de las partes se comprometió a cumplir con ciertas obligaciones: la Secretaría de Marina, representada en ese entonces por la Dirección General de Obras Marítimas, sería la que mantendría en buenas condiciones las instalaciones y construiría las casetas para instalar nuevas estaciones mareográficas; también se comprometieron a proporcionar el personal para realizar las observaciones necesarias para el control y buen funcionamiento de las estaciones mareográficas. El Servicio Geodésico Interamericano se comprometió a proporcionar el equipo necesario, mareógrafos estándar, refacciones, rollos para las gráficas, densímetros, termómetros, etc., así como a dar entrenamiento al personal asignado a este Servicio para dar manteni-

miento y mantener funcionando correctamente las estaciones mareográficas, y para la instalación de nuevas estaciones, y la interpretación y tabulación de la información registrada. El Instituto de Geofísica sería el encargado oficial del Servicio Mareográfico; se obligó a mantener funcionando la red que en ese entonces constaba de las estaciones siguientes: Guaymas, Son., Mazatlán, Sin., Acapulco, Gro. y Salina Cruz, Oax., en la costa del Pacífico y Tampico, Tamps., Veracruz, Ver., Coatzacoalcos, Ver. y Progreso, Yuc., en el Golfo de México. La interpretación, tabulación y determinación de los diferentes parámetros de la marea, serían publicados y proporcionados a los diferentes usuarios tanto nacionales como internacionales y se realizarían publicaciones, pronósticos e investigaciones.

En la actualidad el Servicio Geodésico Interamericano ya no colabora con el Servicio Mareográfico, cedió los mareógrafos, los cuales por falta de refacciones principalmente en la relojería, han ido quedando fuera de servicio. La Dirección General de Obras Marítimas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes mantiene con el Servicio Mareográfico por medio de un modesto contrato por prestación de

servicios, una exigua ayuda, olvidándose de las obligaciones contraídas en el mantenimiento de las Casetas Mareográficas, reparaciones o construcción de nuevas casetas, etc.

El Servicio Mareográfico, cuenta en la actualidad con 13 estaciones mareográficas, instaladas en el Océano Pacífico y 11 en el Golfo de México y Mar Caribe, publica anualmente las Predicciones de Mareas de 26 diferentes sitios de las costas del Pacífico Mexicano y 12 Pronósticos para el Golfo de México y Mar Caribe.

Estos pronósticos se publican en dos Tomos, uno para los puertos del Océano Pacífico y otro para los puertos del Golfo de México y Mar Caribe.

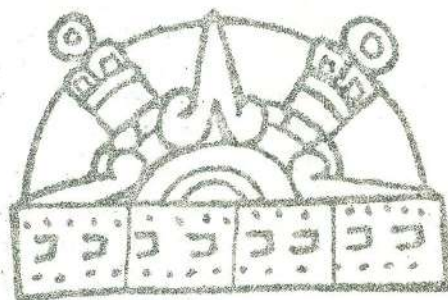
Se editan anualmente 6 Calendarios Gráficos de las Mareas, los cuales cubren totalmente las Costas Mexicanas.

Estas publicaciones pueden ser adquiridas anualmente en el Instituto de Geofísica de la UNAM.

Ing. Francisco Grível
Jefe del Servicio

VAMOS HACIENDO MAS

AYUDANOS A HACERLE PROMOCION A LA UGM. MIENTRAS MAS MIEMBROS TENGA LA UNION, MAYOR SERA SU CAPACIDAD DE ACCION Y SU TRASCENDENCIA, LO CUAL REDUNDARA EN BENEFICIO DE TODOS LOS QUE PERTENECEMOS A ELLA Y DE LAS CIENCIAS GEOFISICAS QUE NOS IMPORTAN.



SE BUSCAN

Tenemos registrados algunos miembros de la UGM cuyas direcciones desconocemos y por lo tanto no podemos enviarles las revistas que publica la Unión. Estas personas son:

Alejandro Arias Meda
Miguel Carrillo
Enrique de la Vega
Isabel Ma. Bárbara López
Oscar Toro

Luciana Astlitz
Alfredo Cervantes
Francisco Esparza
Adán Oviedo Pérez

Si alguien conoce a alguno, por favor avísele que se ponga en contacto con nosotros para completar sus datos.

Muchas Gracias

PROXIMAMENTE EN GEOS

- INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS EN IMAGENES LANDSAT PARA LA SELECCION DE LUGARES CON POSIBILIDADES DE CONTENER DEPOSITOS MINERALES
- EL COMPAS MAGNETICO EN CHINA Y MESOAMERICA
- LAS INVESTIGACIONES SOBRE CLIMA URBANO EN MEXICO
- GEOFISICA PARA POETAS (III)
- LA BOBINA EXPLORADORA Y LA INCLINACION MAGNETICA
- 42 AÑOS DE FISICA ESPACIAL EN MEXICO
- . . .



