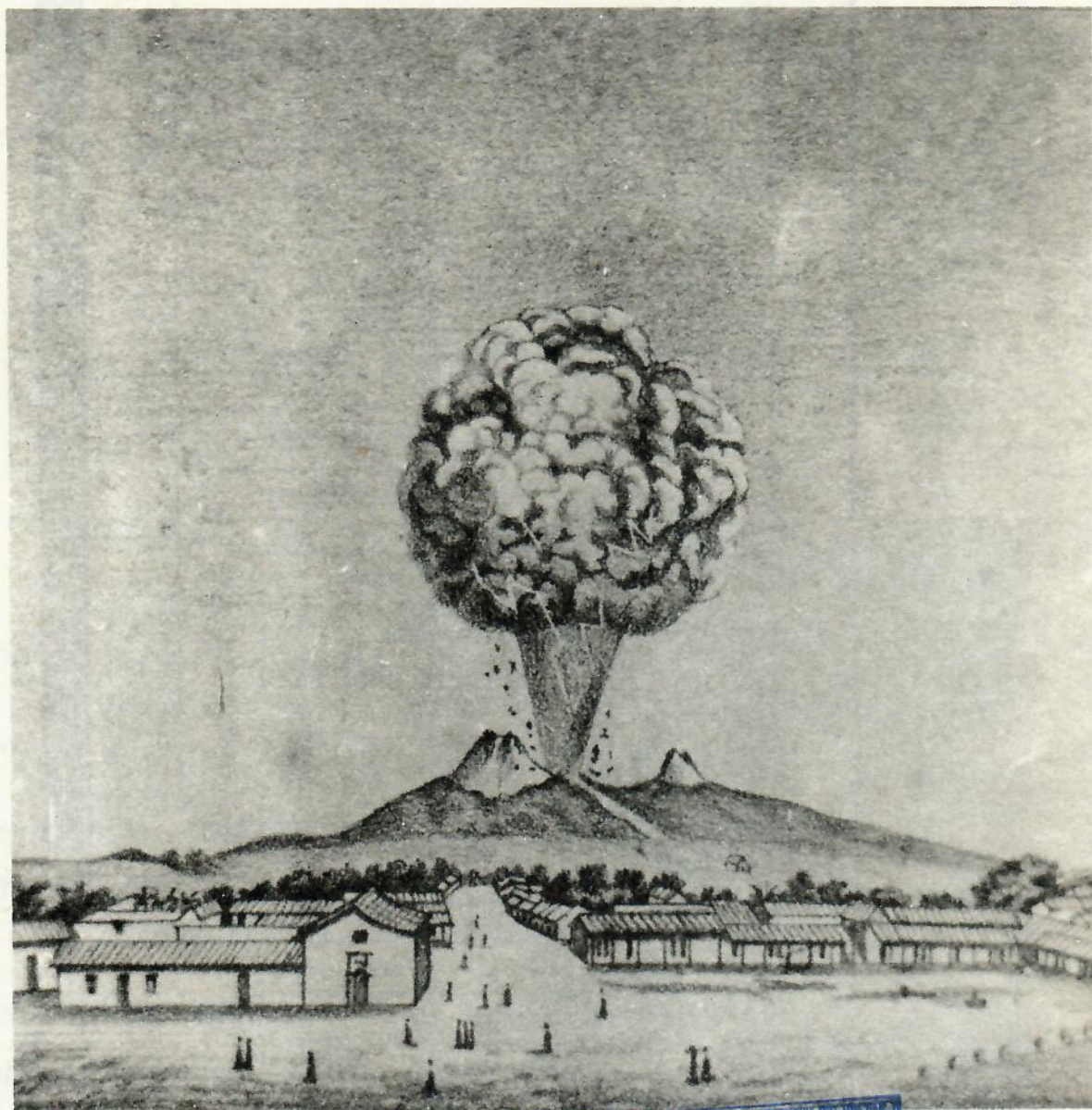


GEOS

CICESE

boletín, época II

UNION GEOFISICA MEXICANA



volumen 2

número 3



enero 30-1982

GEOFISICA INTERNACIONAL

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

Vol. 19

México, D. F., 1o. de abril de 1980

Núm. 2

Contenido

	Págs.
L. I. DORMAN and I. YA. LIBIN: The power spectrum of cosmic ray fluctuations and its role in discriminating the statistically significant fluctuations in detection data.	85
J. A. CANAS y A. CORREIG: Modelo de fricción interna de las ondas de cizalla para las placas Nazca-Cocos.	95
C. J. REBOLLAR and E. NYLAND: Spectra of some Oaxaca earthquake aftershocks from RESMAC.	109
M. K. SEGUIN: Paleomagnetism of the Sainte-Cécile and Saint-Sébastien granitic intrusive.	129
H. G. PEÑA, R. O. PLAISTED, F. J. OCAMPO T. y C. NAVA B.: Estimación espectral de ondas oceánicas por máxima entropía.	145

Publicada con la ayuda del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

●
MEXICO
1980

GEOFISICA INTERNACIONAL

Revista Trimestral destinada a la Publicación de trabajos en el área de la Geofísica y de las Ciencias Planetarias.

Suscripción \$900.00 al año. Correspondencia: Instituto de Geofísica, Sección Editorial, Ciudad Universitaria, México 20, D.F.

GEOS

UNION GEOFISICA MEXICANA

30 de enero de 1982

volumen 2

número 3

cartas recibidas 2

editorial 3

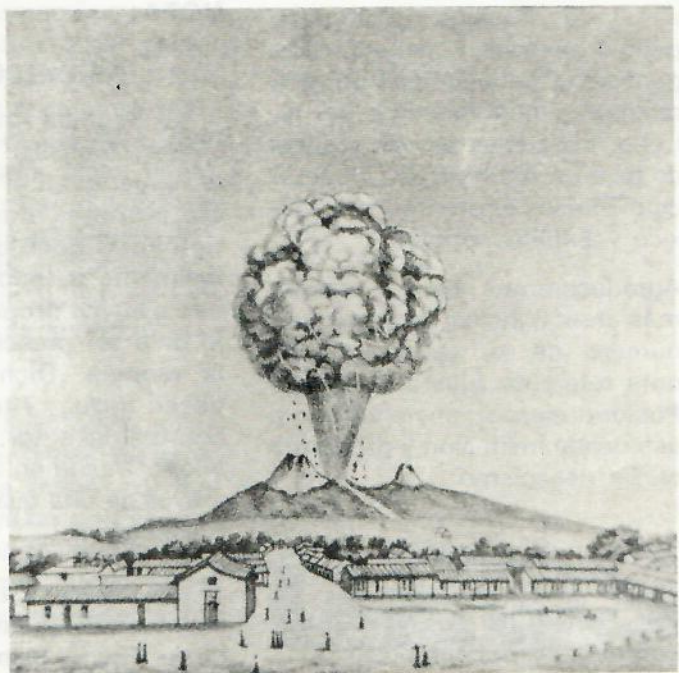
modelación matemática
en geofísica

perspectivas en méxico 4

las ciencias atmosféricas
investigación, enseñanza
y aplicaciones 8

el volcán de colima 11

reuniones, symposia
y congresos próximos 20



cartas recibidas

Sr. Editor
Unión Geofísica Mexicana
Ciudad Universitaria
México 20, D.F.

UNION GEOFISICA MEXICANA
INSTITUTO DE GEOFISICA,
UNAM
MEXICO 20, D.F.

Muy señores nuestros:

La Comisión Federal de Electricidad a través de la Coordinadora Ejecutiva de Cerro Prieto y en cooperación con el Departamento de Energía de los Estados Unidos, organizan el "IV Simposio sobre el Campo Geotérmico de Cerro Prieto" a celebrarse en Guadalajara, Jalisco del 9 al 13 de agosto de 1982.

El objetivo de este IV y último simposio, es el de presentar los logros obtenidos después de 5 años de trabajos geológicos, geohidrológicos, geoquímicos, geofísicos, de ingeniería de yacimientos y hundimientos del terreno; los cuales se han realizado bajo un Acuerdo de Cooperación Técnica existente entre México y Estados Unidos.

Agradeceremos de la manera más atenta, incluir en el próximo número de su revista alguna nota referente a este Simposio. Posteriormente enviaremos a ustedes la invitación y programa oficial del mismo.

Atentamente.

ING. IGNACIO PUENTE CRUZ
Coordinador del Simposio

Muy señores nuestros:

Tenemos interés en recibir los ejemplares de el "Boletín GEOS" que esa Unión edita, por lo que agradeceremos se sirvan incluirnos en la lista de suscriptores a título gratuito. En espera de sus prontas noticias y que éstas sean favorables, nos es grato aprovechar esta oportunidad para expresar a us-

tedes las seguridades de nuestra atenta consideración.

Centro de Información del
Estado de Chihuahua
BIBLIOTECA

LIC. ERNESTO LUGO F.
DIRECTOR

NOTA

1ª CIRCULAR

La Reunión Anual 1982 de la Unión Geofísica Mexicana tendrá lugar del 8 al 12 de noviembre próximos. Por tal motivo, el Comité Organizador invita cordialmente a todos los interesados a enviar propuesta de trabajo para ser presentados durante la reunión. Dichas propuestas deben incluir: Título de trabajo; nombre del autor; dirección y teléfono; resumen del trabajo no mayor de una cuartilla y área de presentación.

Las áreas de presentación son: Física y Química del Interior de la Tierra; Sismología; Ocea-

nografía Física; Exploración Geofísica; Estudios Espaciales y Planetarios y Ciencias de la Atmósfera. Mediante la 2a. circular se informará el lugar sede del evento así como de los detalles de la organización.

Las personas interesadas en participar deberán enviar sus propuestas antes del 30 de abril a:

UNION GEOFISICA MEXICANA
Comité Organizador Reunión
1982

Instituto de Geofísica
Ciudad Universitaria
04510, México, D.F.

editorial

El presente número del boletín incluye una nota de invitación para enviar propuestas de trabajo para participar en la reunión anual de la Unión del presente año.

Es oportuno recalcar la importancia nacional de esta reunión por tratarse de un evento que permite informar, a los profesionales de área, de los trabajos geofísicos que se están llevando a cabo en las diferentes instituciones del país. Asimismo, esta reunión representa un magnífico foro de discusión que permitirá replantear los objetivos generales de la unión con vistas a formular la política general de desarrollo de la Geofísica a nivel nacional.

Por otra parte, reiteramos la invitación a todos los colegas

para que participen en el boletín enviando sus comentarios y trabajos para su publicación; deseamos convertir el boletín en un canal de información y comunicación entre los colegas geofísicos. Estos comentarios o trabajos permitirán el mejor conocimiento del estado de desarrollo de las diferentes áreas de la Geofísica, así como el lugar en donde se está desarrollando. Estamos realizando una amplia difusión del boletín en el país y en diversos países latinoamericanos.

Finalmente, felicitamos calurosamente al Dr. Ismael Herrera, presidente de la Unión, por haber sido distinguido con el premio "Luis Elizondo" como reconocimiento a su trabajo en el área de las ciencias Físico Matemáticas.

Por el comité Editorial
Francisco Medina

GEOS

modelación matemática en geofísica

perspectivas en México

Por Ismael Herrera IIMAS-UNAM

Quiero hablar hoy de un tema fundamental en el desarrollo científico y tecnológico. Internacionalmente ha cobrado una importancia notable y en México ha empezado a desarrollarse, pero es claro que debería recibir mucha más atención. Me refiero a la modelación matemática.

En gran medida es verídico decir que la modelación matemática es el objetivo central de las ciencias físico-matemáticas. En realidad, esta afirmación se puede extender aún más allá, para incluir otras actividades y otras ciencias. Sin embargo, es en las ciencias físico-matemáticas donde nuestra capacidad de modelar el mundo ha alcanzado un grado de perfección mayor; y al decir aquí nuestra capacidad, me refiero a la capacidad del hombre.

El origen de la modelación matemática se pierde en la prehistoria. Y esto es así, porque el hombre desde muy temprano deseó tener capacidades de adivinación; para lograrlas intentó dos caminos, la hechicería y las

religiones, a través de las cuales trató de establecer comunicación directa con los dioses, y por otra parte, el camino científico. Este último era demasiado arduo y por ello durante mucho tiempo predominó el primero.

En efecto, la predicción científica es posible sólo cuando se ha alcanzado una comprensión muy profunda de los fenómenos a los cuales se aplica. Por ello fue necesario que transcurrieran milenios antes de que la Ciencia alcanzara el auge que hoy contemplamos y tuviera el éxito que le permite ostentarse como la Señora indiscutida del arte de predecir... O ¿qué acaso no resultaría grotesto, hoy en día, que un ingeniero invocara a los hados para definir la avenida de diseño de una estructura, por ejemplo?

Todos sabemos que fue Newton quien sentó las bases modernas de este arte. Y el esquema de Newton sigue siendo la base para la modelación de los

fenómenos macroscópicos que ocurren a velocidades ordinarias que son, por cierto, los que habitualmente interesan en Geofísica.

A pesar de ello, hubieron de pasar varios siglos para que este poderoso método diera los espléndidos frutos de nuestra época.

Se puede decir, adecuadamente, que el objetivo de la modelación físico-matemática es el movimiento, siempre y cuando este concepto se entienda en un sentido suficientemente amplio. La voz y el sonido; las olas del mar y las ondas en un sólido; la luz, que es propagación de ondas electromagnéticas. Los terremotos y las corrientes oceánicas. Un río que fluye y el transporte de sus sedimentos. La difusión de contaminantes en la atmósfera en el mar, en lagos y lagunas o en las aguas subterráneas. La conducción del calor. El viento, el estado del tiempo y aún el clima. Las corrientes de

modelación matemática en geofísica

perspectivas en México

convección en el interior de la Tierra, que generan la expansión de los fondos submarinos creando montañas en las costas y en los continentes. El viento solar que viene a través del espacio interplanetario y da lugar a ondas de choque en su interacción con el campo magnético terrestre. Puede verse que en efecto, el movimiento es un concepto muy amplio.

Debemos distinguir entre el movimiento de sistemas de partículas y el movimiento de un medio continuo, porque las posibilidades de la mecánica de los medios continuos son, con mucho, más ricas que las de la mecánica de partículas. La descripción matemática de un sistema de partículas tiene un sola variable independiente, el tiempo; la de un medio continuo, cuatro: una para el tiempo y tres para las coordenadas espaciales. Las ecuaciones diferenciales que rigen el movimiento son, en el primer caso ordinarias, mientras que en el segundo son parciales.

Para resolver este tipo de problemas se crearon poderosos instrumentos; casi todos los desarrollos del Análisis Matemático estuvieron motivados por

ellos. Sin embargo, hasta hace poco los resultados habían sido escasos; al menos cuando se las mira desde nuestra perspectiva presente.

Los problemas tenían que ser simples: las propiedades materiales y las configuraciones geométricas consideradas debían ser sencillas. Problemas unidimensionales como el de la cuerda vibrante. La propagación puramente comprensiva de ondas, como por ejemplo, el sonido. Materiales isotrópicos que ocupan todo el espacio o la mitad del espacio. Fluidos incomprensibles y fluidos desprovistos de viscosidad. La teoría linealizada de los fluidos comprensibles. La linealidad era una hipótesis inevitable que limitaba los resultados en casi todos los campos.

Hoy, la situación ha cambiado radicalmente. La disponibilidad de computadoras ha permitido abordar problemas de gran complejidad incluyendo los no-lineales. En Geofísica es posible ya modelar sistemas muy complicados. Lo mismo en Física de la Atmósfera, que en la del interior de la Tierra. Las corrientes oceánicas, la hidrología o la Geotermia. Esto permite llevar el

análisis hasta límites que hace sólo unos años eran inalcanzables y poner a prueba las hipótesis de trabajo con gran detalle.

Todo ello ha motivado que internacionalmente se dedique a la modelación matemática una atención que en la actualidad supera a casi cualquier otro campo. Independientemente de que esta actividad es objeto de estudio en muchas universidades, han surgido instituciones expresamente dedicadas a ellas; también, un gran número de revistas especializadas. Las industrias, la petrolera entre ellas, le dedican recursos crecientes.

Lo anterior se justifica porque la modelación matemática no sólo tiene relevancia científica, sino que también es indispensable en la solución de muchos problemas económica y socialmente importantes. En la explotación de un campo petrolero, por ejemplo, es necesario modelar el flujo de los hidrocarburos líquidos y gaseosos a través del medio poroso que los contiene. Su aprovechamiento óptimo depende de nuestra capacidad de reproducir matemáticamente este proceso. La efectividad de la exploración petrolera se basa

modelación matemática en geofísica

perspectivas en México

en la modelación e interpretación de las ondas elásticas que se transmiten a través del subsuelo. Para el aprovechamiento del agua subterránea es necesario reproducir las condiciones de su movimiento en el interior de la Tierra; sólo así se puede prever el desarrollo de las poblaciones que en ella se sustentan y evitar los graves problemas asociados al uso irracional del agua. Intrusión salina en los acuíferos costeros, que amenaza reintegrar al desierto las áreas que con dificultad se habían rescatado para uso agrícola. Hundimientos del suelo que ponen en peligro la estabilidad de las obras civiles en la ciudad de México.

Aún regiones que dependían sólo de recursos hidráulicos superficiales, se han visto en la necesidad de recurrir a las aguas subterráneas, debido a su creciente desarrollo. Al hacerlo es necesario prever su evolución futura, pues de lo contrario o se acepta un desarrollo que es insostenible, con los graves problemas económicos y sociales que esto acarrea, o se cae en el extremo opuesto de limitar innecesariamente el desarrollo.

Muchos ejemplos más se pueden citar: diseño de presas

para resistir sismos, modelación de campos geotérmicos para producir energía eléctrica, diseño de cimentaciones, predicción de avenidas en los ríos y canales, circulación en lagunas, difusión y transporte de contaminantes en la atmósfera, así como en las aguas tanto superficiales como subterráneas, etc.

Es evidente por lo anterior, que sería de gran importancia para nuestro país establecer las condiciones para que la modelación matemática pueda ser utilizada eficazmente por la industria y la ingeniería nacionales. Además de los beneficios directos que esto traería, podría constituir un importante primer paso en una acción más amplia que condujera a encauzar eficazmente la acción de la ciencia y la tecnología avanzada en beneficio del país.

México, al igual que otros países en una etapa similar de desarrollo, ha tropezado con obstáculos para vincular su progreso en las actividades de investigación, con su problemática tiene la virtud de constituir un núcleo integrador que aglutina en forma coherente actividades en disciplinas diversas, las cuales en su ausencia aparecen como

inconexas y aún carentes de toda relación. Por ello, el desarrollo de la modelación matemática contribuiría a que otras especialidades adquirieran una mayor conciencia de su capacidad aplicativa y de su importancia en el progreso tecnológico. Se daría así un paso que es indispensable para lograr nuestra autodeterminación tecnológica.

Sin embargo, no lo hemos hecho. Nos hemos limitado a hacer las aplicaciones más rudimentarias y a recurrir a modelos y programas desarrollados en otras partes, en los demás casos. También, y tal vez más grave, no utilizamos estas herramientas para el análisis de muchos problemas.

Podríamos preguntar ¿por qué es esto así? Creo que las causas principales se encuentran en una falta de interés motivada por falta de conciencia y de confianza en nuestras propias capacidades.

Quisiera explicar con algún detalle las bases de esta convicción mía. Vemos cuáles son los ingredientes que se requieren para el desarrollo de la mo-

modelación matemática en geofísica

perspectivas en México

delación matemática. Conocimiento de Física y de Matemáticas. De Física los procesos básicos que intervienen en los fenómenos, los que son macroscópicos, y generalmente relacionados con la Mecánica de Medios Continuos. De Matemáticas, Ecuaciones Diferenciales Parciales, Análisis Numérico y Computación. También, Probabilidad y Estadística, para modelar la incertidumbre de los procesos.

En México contamos con una ya importante tradición en Física y Matemáticas, la cual por cierto se ha desarrollado con una muy sólida base. De ahí provenimos muchos de los que hacemos Geofísica en México.

¿Qué falta entonces? Que nos propongamos alcanzar excelencia en este campo, suministrándole así una importante herramienta a quienes trabajan en problemas de Geofísica. Necesitaríamos empezar por preocuparnos porque existan programas educativos que integren este tipo de capacidades, pues no existen actualmente.

Nosotros hemos venido haciendo trabajo en este campo con cierto éxito. Las primeras aplicaciones las hicimos en hidrología subterránea y cuestiones relacionadas. Desarrollamos modelos y analizamos sus implicaciones para el Valle de México, en donde estudiamos el su-

ministro de agua subterránea y el hundimiento asociado. En la Costa del Pacífico, la evolución de los acuíferos sometidos a explotación y la intrusión salina. Los campos geotérmicos de Cerro Prieto y los Azufres, para definir su potencialidad y la factibilidad de proyectos de generación de energía eléctrica. Mucho más se puede hacer dependiendo de la disponibilidad de gentes y de que se nos dé acceso a los problemas. En la industria petrolera, por ejemplo.

En este sentido, el sector paraestatal y las dependencias gubernamentales deberían ser la vanguardia del progreso tecnológico de México.

las ciencias atmosféricas: investigación, enseñanza y aplicaciones

Por Julián Adem Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM

En los años 20 se inicia la época de la Meteorología moderna con el descubrimiento del frente polar por Berkjnes y Sorberg en Bergen, Noruega. Este descubrimiento sentó las bases para la Meteorología Sinóptica y sus aplicaciones a la predicción del tiempo a corto plazo.

En los años 30 se inventa la radiosonda que permite obtener datos de las capas superiores de la atmósfera. Las observaciones utilizando radiosondeos conducen al descubrimiento de la corriente en chorro por Rossby y sus colaboradores en los Estados Unidos, y a la elaboración de la teoría de las ondas planetarias de Rossby. Además, Rossby descubrió la conservación de la vorticidad, que dio lugar al modelo de dinámica de fluidos más sencillo que existe, para la predicción del tiempo: el modelo barotrópico.

A principios de la década de los 50, la invención de las computadoras electrónicas abre nuevas oportunidades al desarrollo de las Ciencias Geofísicas,

y en particular al de las atmosféricas. En el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, Von Neuman, eminente matemático, y pionero de las computadoras electrónicas, en colaboración con los famosos meteorólogos Charney y Fjortoft, lleva a cabo con éxito, la primera predicción numérica del tiempo que inicia la era de los modelos fisicomatemáticos de predicción, utilizando para ello, el modelo barotrópico propuesto por Rossby, y la computadora electrónica que tenía entonces a su disposición. Dicho trabajo fue publicado en 1950 en la revista "Tellus" editada en Suecia.

La posibilidad de hacer predicción numérica del tiempo, abre una nueva etapa en la investigación de las Ciencias de la Atmósfera, creándose con ese motivo dos centros donde se empezaron a resolver los problemas para desarrollar esta especialidad. Uno de los centros fue la Unidad de Predicción Numérica del Tiempo en Washington, que después habría de transformarse en el Centro Nacional de

Meteorología, y el otro, el Instituto Internacional de Meteorología de la Universidad de Estocolmo.

También en los años 50, y desde el verano de 1946 en que Schaefer hizo el gran descubrimiento de los núcleos de condensación y su posible utilización en la estimulación de la lluvia, se dio inicio a los estudios modernos de física de nubes.

En esa misma década, se iniciaron los estudios de química atmosférica a una escala sinóptica y, se empezó a estudiar seriamente la contaminación atmosférica.

Durante los años 1957 y 1958, se llevó a cabo el Año Geofísico Internacional, acontecimiento sin paralelo en la historia de la ciencia, en el que todos los países del mundo se pusieron de acuerdo para recabar datos geofísicos en forma coordinada, lo cual permitió establecer bancos más completos de datos que condujeron a nuevos descubrimientos en las Ciencias Geofísicas.

las ciencias atmosféricas: investigación, enseñanza y aplicaciones

cas y en particular en las Atmosféricas.

Como un corolario del Año Geofísico Internacional se pusieron en órbita satélites artificiales, cuyo objetivo era establecer plataformas de observación del planeta Tierra desde el exterior.

Se inicia, entonces, la era de los satélites artificiales, que da gran ímpetu a los estudios del espacio exterior y, además, proporciona datos geofísicos en regiones donde no es posible tener observatorios, por ejemplo las áreas oceánicas.

Se ponen en órbita varios satélites meteorológicos y se crea una nueva rama, la Meteorología de Satélite, cuyo objetivo es reducir los datos transmitidos por el satélite a datos útiles en meteorología.

Como una continuación del Año Geofísico Internacional, se establecen los centros mundiales de datos, con sede, en Washington, y Moscú.

En los años 60 había gran optimismo y mucho estímulo para llevar a cabo investigaciones en Ciencias Atmosféricas; la disponibilidad de datos cada vez más completos a escala planetaria y

de nuevas generaciones de computadoras electrónicas, hizo posible el desarrollo de modelos de predicción más avanzados. Se empezaron a desarrollar los modelos de ecuaciones primitivas y modelos para explicar con todo detalle las circulaciones generales de la atmósfera y de los océanos y, sus interacciones. Entre los investigadores que hicieron contribuciones en estas áreas debemos mencionar a Smagorinsky, Leith, Mintz, Arakawa, Manabe y Bryan.

En la misma década de los 60 aparecen los modelos termodinámicos del clima, de los cuales el primero fue desarrollado en México, en el Instituto de Geofísica de la UNAM y fue publicado en 1961, en la revista "Tellus". En 1965, este modelo fue adaptado en el Centro Nacional de Meteorología de Estados Unidos para hacer predicciones de las anomalías mensuales de temperatura y precipitación, a una escala hemisférica.

En 1968, Budyko y Sellers publican sus resultados utilizando modelos termodinámicos, en los que se introduce un mecanismo de retroalimentación entre la cubierta de hielo y el campo de temperatura.

En los años 80 existen ya modelos termodinámicos del clima, altamente sofisticados para estudiar el clima y sus fluctuaciones. Estos modelos se utilizan para estudiar el efecto del cambio de ciertos factores en el clima, tales como el bióxido de carbono atmosférico, la constante solar, el polvo y las cenizas introducidas en la atmósfera por las erupciones volcánicas, y se intenta hacer predicciones climáticas. La química atmosférica y sus aplicaciones a la solución del problema de la Contaminación Atmosférica, están altamente desarrolladas. Los modelos de predicción del tiempo a corto, mediano y largo plazo, se desarrollan, se estudian y se aplican, y se empiezan a desarrollar modelos adecuados para la predicción en las latitudes bajas.

Otras áreas de las Ciencias Atmosféricas, como la Radiación, la Física de las Nubes y la Meteorología de los Satélites, han alcanzado un alto grado de sofisticación fisicomatemático y además de su importancia intrínseca y aplicaciones propias, sirven de base para establecer, junto con los modelos de predicción y otros conocimientos geofísicos, una infraestructura para desarrollar una teoría cuantitativa del clima.

las ciencias atmosféricas: investigación, enseñanza y aplicaciones

Paralelamente a los descubrimientos y desarrollos de la investigación, se desarrolló la enseñanza. De hecho los primeros departamentos de meteorología que se iniciaron en la época de los 30 en MIT y luego en Chicago, fueron indispensables para que se pudieran llevar a cabo los hallazgos e investigaciones mencionados anteriormente.

A partir de los años 30 se fundan numerosos departamentos de meteorología, de Ciencias de la Atmósfera y de Ciencias de la Tierra, en diversas universidades de los Estados Unidos, Europa y otras partes del mundo.

Básicamente existen dos enfoques para la enseñanza en estas disciplinas. En uno se prepara al estudiante desde la licenciatura, como es el caso en la mayoría de las universidades americanas, y en el otro, la preparación empieza a nivel de maestría y doctorado, como ocurre en Inglaterra y algunos países europeos.

Paralelamente al desarrollo de la investigación y a la enseñanza, ha habido un aumento progresivo en las aplicaciones de las Ciencias de la Atmósfera. Algunas de estas aplicaciones ya se han mencionado. La predic-

ción del tiempo es quizá la más importante y la que ha servido de estímulo para desarrollar casi todas las especialidades de las Ciencias Atmosféricas. La predicción del tiempo se puede dividir en predicción a corto plazo, en la que se predice para 1 ó 2 días; a mediano plazo, en la que se hace una predicción detallada por un periodo hasta de una semana; y la predicción a largo plazo, que es la predicción de condiciones medias para periodos de un mes o mayores, que también se llama predicción climática.

La predicción puede ser rutinaria o de eventos especiales, como huracanes y tornados. La predicción climática es fundamental para la planificación de diversas actividades, como la Agricultura y la Industria. En especial la Agrometeorología permite optimizar las siembras, aumentando considerablemente las cosechas. Otra importante aplicación, es la relativa a los experimentos que se están llevando a cabo en diversos países del mundo para la estimulación de la lluvia, con esperanza de aumentar la cantidad de agua de que se dispone para la agricultura y otras actividades. Estos experimentos son de especial im-

portancia en regiones donde la lluvia es escasa y, donde un ligero aumento de ésta podría traer grandes beneficios.

Asociadas con las tres áreas mencionadas, investigación, enseñanza y aplicación, existen muchísimas oportunidades de trabajo para los que deciden dedicarse a las ciencias atmosféricas. Dichas oportunidades existen en:

1. Los servicios meteorológicos y climatológicos nacionales y estatales.
2. En dependencias gubernamentales y de la industria privada asociadas con diversas actividades.
3. En las universidades, para dedicarse a la enseñanza o a la investigación.

el volcán de colima

Por F. Medina, S. de la Cruz Reyna y M. Mena Instituto de Geofísica, UNAM.

Introducción

El pasado 19 de diciembre el Volcán de Colima inició un nuevo periodo de actividad consistente en derrames de lava viscosa por el flanco sur-suroeste del edificio volcánico. Este hecho motivó que un grupo de investigadores del Instituto de Geofísica de la UNAM, se trasladara a la ciudad de Colima con objeto de realizar un reconocimiento general y evaluar el riesgo volcánico implicado.

Desde 1975, fecha en que el volcán tuvo su última actividad eruptiva, este mismo grupo de investigadores ha estado trabajando en el área del volcán recabando datos gravimétricos, magnetométricos, sísmicos y geoquímicos; los cuales se han usado en la formulación de modelos geofísicos de la estructura interna del volcán. Asimismo, se han realizado extensos estudios bibliográficos tendientes a reconstruir la historia eruptiva del volcán para los últimos 500 años, lo cual ha permitido estimar mediante diversas técnicas estadísticas, la probabilidad de

ocurrencia de futuras erupciones.

Durante estos 6 años de estudio, se han logrado obtener algunos resultados, mismos que han sido publicados en diferentes revistas especializadas y cuyo resumen general se abordará en el presente escrito.

El Graben de Colima

El Volcán de Colima se encuentra situado en medio de una fosa tectónica conocida como Graben de Colima, con orientación norte-sur, la cual se considera una prolongación hacia el sur de las fosas de Sayula y de Toliman. En su parte más amplia tiene un ancho de 35 km y se encuentra limitado al este por el río Tuxpan y al oeste por el río Armería.

Un análisis geológico y gravimétrico del Graben indica que sobre una capa de calizas miocénicas de casi 3 km de espesor, descansan depósitos volcánicos y sedimentarios poco consolidados conocidos como formación atenuque con un espesor su-

perior a 1 km. Esta formación rodea el complejo volcánico formado por el Nevado de Colima y el Volcán de Colima (Fig. 1).

Hacia el SO del complejo es notoria una alineación NO-SE de anomalías gravimétricas negativas, del orden de 40 miligales sobre el residual que sugieren la existencia de antiguas formaciones volcánicas sepultadas casi en su totalidad por materiales arrojados, en épocas pasadas, por el Nevado de Colima y el Volcán de Colima (Fig. 2).

En esta misma alineación se presentan varias lagunas, la María, el Jabalí y la Escondida, probablemente originadas a partir de cráteres de explosión.

Es también notoria la presencia de conos cineríticos al NO y NE del complejo volcánico, destacando por su reciente edad el Volcán Apaxtepetl cuyos derrames se extienden al sur de Ciudad Guzmán.

El Nevado de Colima

A poco más de 5 km al norte

el volcán de colima

del Volcán de Colima se levanta el edificio del Nevado de Colima hasta una altura de 4320 m.s.n.m. Este volcán presenta signos de fuerte erosión la cual ha borrado la parte superior del edificio dejando al descubierto un picacho.

Las faldas del volcán están cubiertas de material piroclástico de composición casi idéntica a la del Volcán de Colima. El desarrollo de este volcán se ha estimado muy similar al desarrollo del Volcán de Colima; presentando 2 fases principales. La primera de ellas, el crecimiento y colapso de la parte superior del volcán, que originó una caldera de sumergencia de 4 ó 5 km de diámetro. La segunda fase, el desarrollo de un nuevo edificio a partir de la caldera.

La notable similitud entre las lavas del Nevado de Colima y del Volcán de Colima han permitido especular acerca de una misma fuente de material lávico para ambas estructuras.

El Volcán de Colima

El Volcán de Colima es un estratovolcán que se levanta, por encima de una caldera de sumergencia de 5 km de diámetro, poco más de 800 m teniendo

cerca de 2 km de base. Hasta 1960 la altura estimada sobre el nivel del mar era 3,960 m, sin embargo desde esa fecha el domo ha estado en constante ascenso y en la actualidad su altura debe sobrepasar los 4,000 m. Este ascenso del domo ha originado pequeños derrames tipo merapiano como el de 1975 y el actual.

Varios autores han estimado su formación como pleistocénica; considerándose que su origen está ligado con el desarrollo del Nevado de Colima.

Las emanaciones del volcán se caracterizan por lavas de composición intermedia bastante viscosa que periódicamente desborda el cráter produciendo derrames cortos y gruesos. No obstante hay numerosos depósitos de nubes ardientes sobre la parte sur del edificio.

El volcán se encuentra situado a 150 km al NE de la Trinchera de América Central, para la cual se ha delineado una zona de Benioff de 100 km por debajo del complejo volcánico con un ángulo de subducción de 30°.

Historia Eruptiva

Con los datos bibliográficos

recabados se ha podido estimar que el Volcán de Colima es el más activo de México. Esta información ha permitido formular un catálogo de la actividad eruptiva del volcán para los últimos 450 años. Es factible encontrar descripciones de sus diferentes fases eruptivas desde poco tiempo después de la llegada de los españoles al área.

Dentro de las fases importantes que ha mostrado está la de la formación, en 1869, de una boca adventicia conocida como el volcancito, la cual se encuentra asociada a una fisura de orientación N 30° E en el edificio volcánico. Esta boca derramó en aquella ocasión una cantidad de lava considerable.

Existen también pequeños domos en el flanco sur del volcán, cerca del límite de la caldera; para los cuales se ha atribuido una formación de fisura en tiempos históricos.

Con la ayuda del catálogo se ha podido establecer la existencia de cerca de 30 fases explosivas en los últimos 450 años; de las cuales un 25% ha originado lluvias de ceniza que han alcanzado la ciudad de Colima, localizada 32 km al S-SO.

Asimismo, dada la intensa actividad mostrada durante la

el volcán de colima

segunda mitad del siglo XIX, se instalaron 2 observatorios vulcanológicos de vigilancia, uno en la ciudad de Colima y otro en Ciudad Guzmán. En éstos se llevó registro diario de la actividad durante 12 años. Desgraciadamente estos observatorios fueron retirados hacia 1906.

La última erupción explosiva tuvo lugar en 1913, desarrollándose nubes ardientes que bajaron por los flancos norte y oeste con un alcance menor a los 8 km. Posterior a esta fecha, el tapón se formó a 300 m de profundidad en el cráter, y empezó un ascenso lento a partir de 1930. Hacia finales de los años 50 el tapón formó un domo que comenzó a rebasar los bordes del cráter y provocó derrames de escoria a principios de los años 60.

Este tapón es de lava de dacita de hornblenda y piroxenos que obstruye todo el cráter lo cual representa un serio riesgo potencial puesto que es bajo estas condiciones que se producen las nubes ardientes.

Los depósitos de las erupciones del siglo pasado y el presente siglo ocupan una extensión de 120 km² alrededor del volcán (Fig. 1).

Desarrollo de la Actividad de 1975 y 1982.

La actividad mostrada en la erupción actual es muy similar a la que se desarrolló en diciembre de 1975. Esta consiste en derrames de lava tipo bloque, muy viscosa, por el flanco sur. En la actividad de 1975 no se desarrollaron fases explosivas, aun cuando fueron reportadas pequeñas nubes ardientes. En esa ocasión los flujos (2 principales) alcanzaron los 3 km de largo en un lapso de 6 meses.

La actividad mostrada desde el 19 de diciembre de 1981 es muy similar a la de 1975 observándose que la temperatura de la lava es mayor, posiblemente entre 800 y 900°C. Esto se puede inferir por la mayor intensidad de su incandescencia.

Con objeto de evaluar la situación, fueron utilizados 2 aviones de la Secretaría de la Defensa Nacional. Con esta ayuda fue factible observar detenidamente el domo volcánico así como algunos detalles de la estructura del edificio volcánico. El estado actual del volcán es eruptivo sin actividad explosiva y sin actividad sísmica importante.

Adicionalmente, con la ayuda

de técnicos de la SAHOP de Colima se instalaron 4 estaciones sísmológicas portátiles, éstas fueron instaladas alrededor del volcán y permitieron observar que durante un periodo de monitores de 5 días hubo actividad sísmica importante. Sólo fueron detectados algunos tremores (Fig. 3).

Recientemente fueron instalados detectores de Radón alrededor del edificio volcánico en colaboración con investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; estos detectores permitirán detectar posibles fisuras en las cercanías del volcán así como determinar algunas características generales de la evolución del material magmático.

Análisis de la Actividad Eruptiva

Un análisis estadístico de la historia eruptiva del volcán fue procesado utilizando análisis de series de tiempo; se llevó a cabo un análisis espectral de la serie y se le aplicó un filtro predictivo de Wiener. Con esta metodología se logró detectar una aparente periodicidad en la actividad volcánica con periodo de 70 años. Este análisis permitió formular un patrón probabilístico que

el volcán de colima

arroja una alta probabilidad de erupción en la presente década.

Un análisis estadístico adicional fue considerado apoyándose en la duración de los periodos de reposo del volcán, es decir, el tiempo ocurrido entre una erupción y otra. El análisis está basado en la suposición de que el volcán continuará con un comportamiento similar al de los últimos 450 años. Un total de 57 periodos de reposo permitieron evaluar la función de densidad de probabilidad para la duración de los mismos, lográndose evaluar como muy alta la probabilidad de que el periodo de reposo, anterior a la presente actividad, terminará antes de 1986.

Ambos análisis se complementan y la presencia de actividad en el volcán en el presente indica la validez de los análisis estadísticos empleados.

Riesgo volcánico

Bajo estas circunstancias, uno de los aspectos necesarios del estudio lo constituye la evaluación del riesgo volcánico del área. Este debe establecerse no sólo para implementar un programa de emergencia en caso de actividad volcánica explosiva sino también para prever y pla-

nificar el crecimiento de asentamientos humanos en el área.

Los fenómenos destructivos asociados con la actividad volcánica son: la actividad sísmica; la cual reviste importancia sólo en una área muy cercana al volcán. La emisión de ceniza o piroclastos los cuales pueden dañar sembradíos y bosques puesto que su efecto destructivo principal radica en los efectos generadores y propagadores de incendios. El alcance de este fenómeno puede extenderse hasta 30 km del volcán. Flujo de piroclastos; este fenómeno está considerado como el más destructivo pues consiste de flujos de material denso, a temperaturas del orden de centenas de grados, de gran espesor y que llegan a adquirir velocidades del orden de 80-100 km/hr. Su alcance y dirección de salida dependen de factores topográficos, atmosféricos y principalmente estructurales del edificio volcánico. Se considera del orden de 10 km un valor medio para el alcance de estos flujos. Flujos de lava; este efecto es por lo general de muy corto alcance sobre todo en el caso de volcanes con lava muy viscosa. Colapso estructural; consistente en el colapso de una parte o todo el edificio volcánico, fenómeno muy poco frecuente.

Lahares; este fenómeno al igual que el flujo de piroclastos es muy destructivo pues consiste de avalanchas de lodo, formado por depósitos de ceniza y agua. El alcance y dirección de este fenómeno está limitado por factores topográficos fundamentalmente.

La existencia de un gran número de poblaciones en un radio de 15 km alrededor del volcán, (Fig. 3) exige un análisis muy riguroso del riesgo potencial para las mismas; estudio que está actualmente en elaboración pero que requiere de la instalación de un observatorio vulcanológico en el área. En este sentido el Instituto de Geofísica de la UNAM así como la Universidad de Colima, están elaborando un proyecto para la apertura de dicho observatorio mismo que requiere del apoyo de los organismos oficiales.

La existencia de un centro de Estudios Vulcanológicos en México es muy necesaria, no sólo para el área de Colima sino también para otras áreas del país; baste señalar que en el año de 1943 nació el Volcán Parícutín en el estado de Michoacán y que en 1952 nació el Volcán Bárcena en la Isla de San Benedicto en Colima.

el volcán de colima

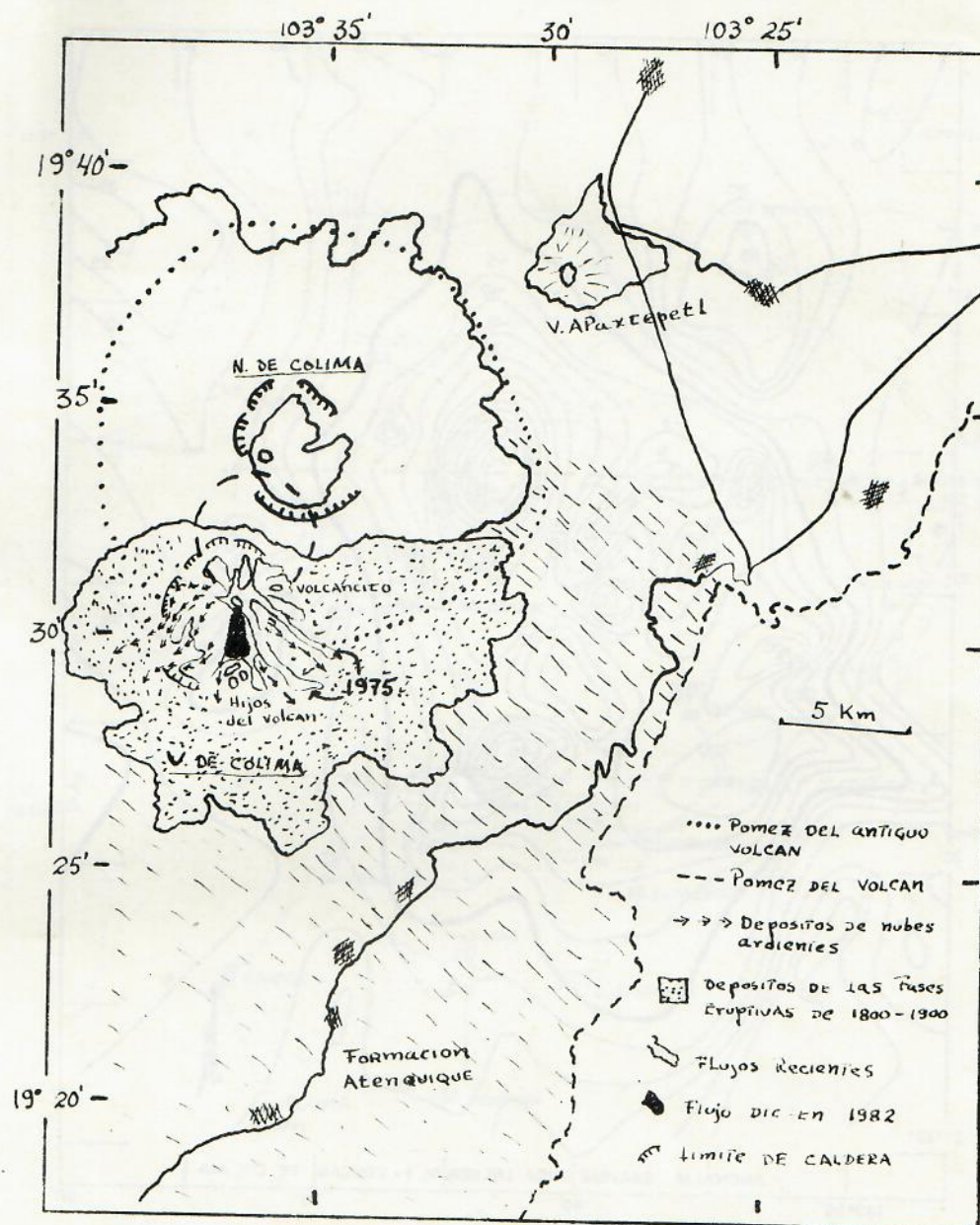


Figura 1

el volcán de colima

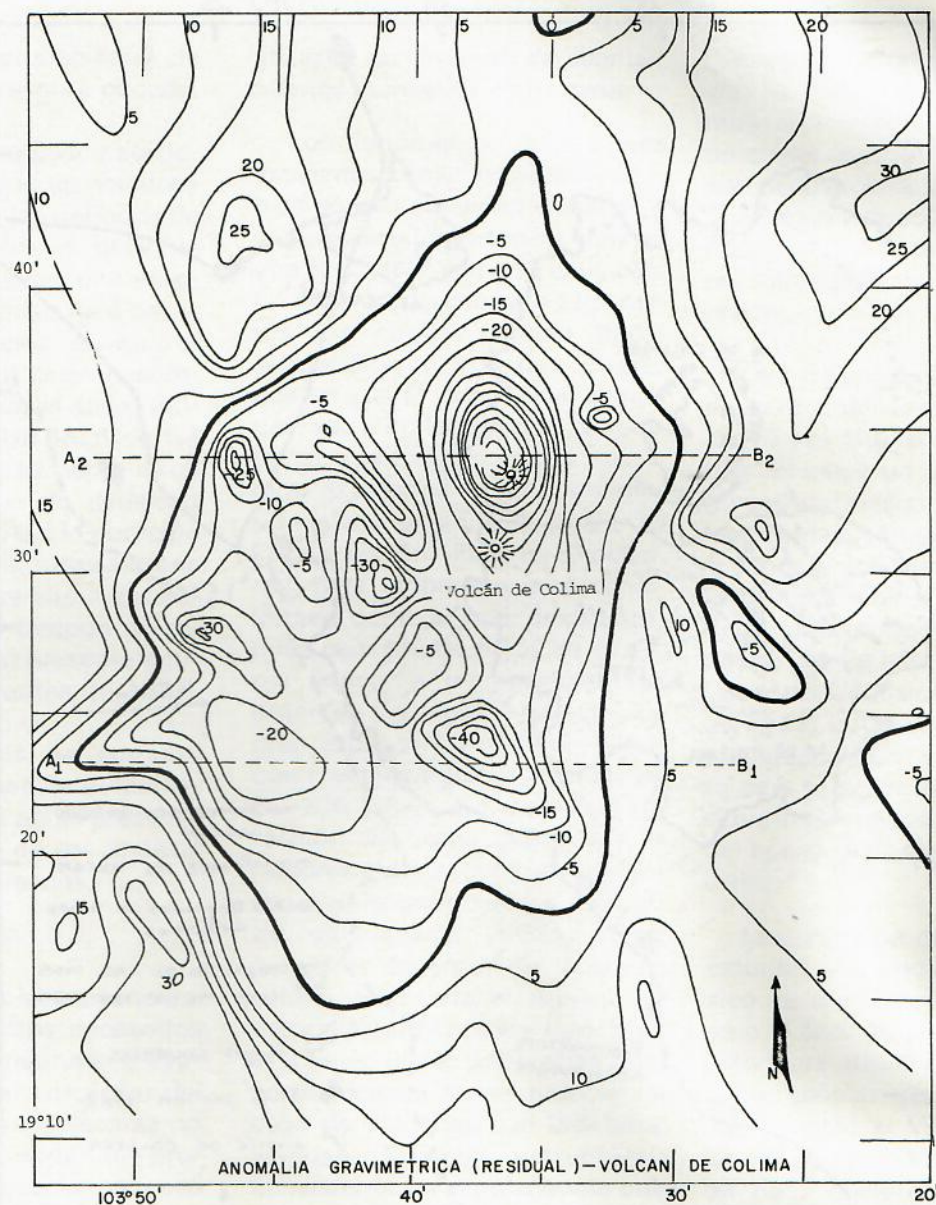


Figura 2

el volcán de colima

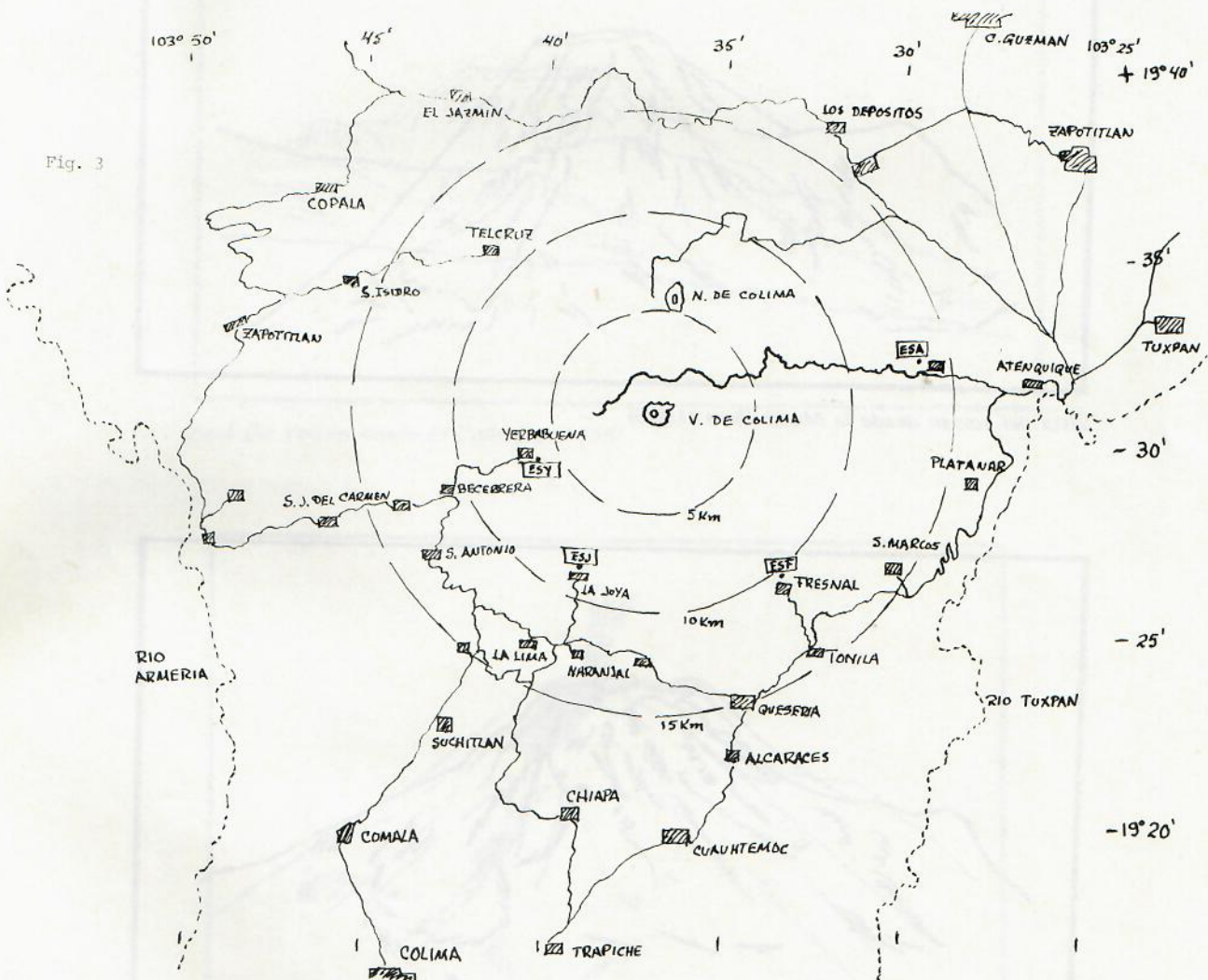
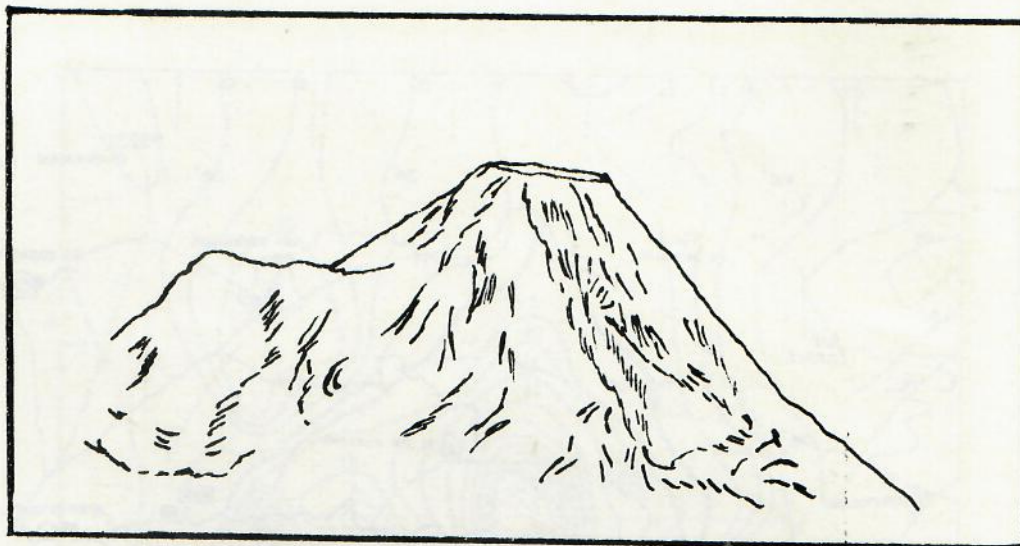


Figura 3

el volcán de colima

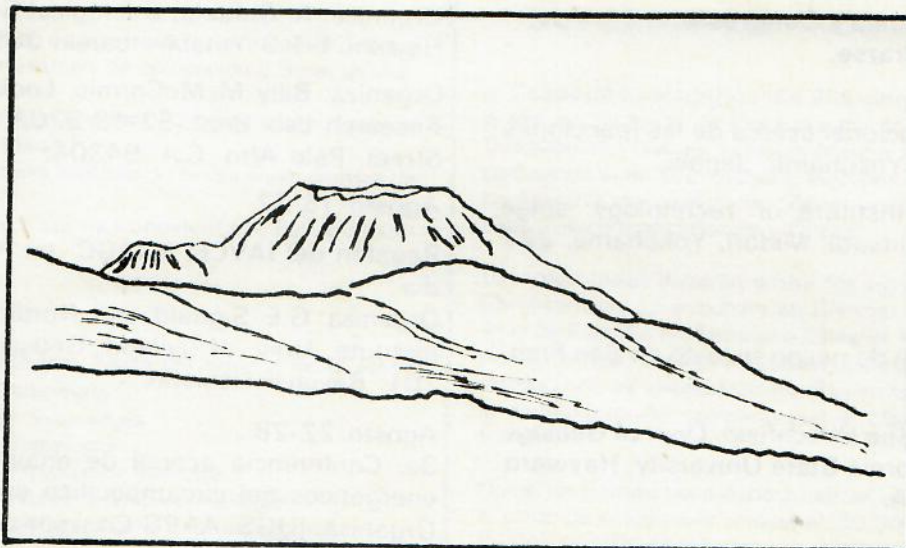


Vista del volcán desde la Membrillera (1906)

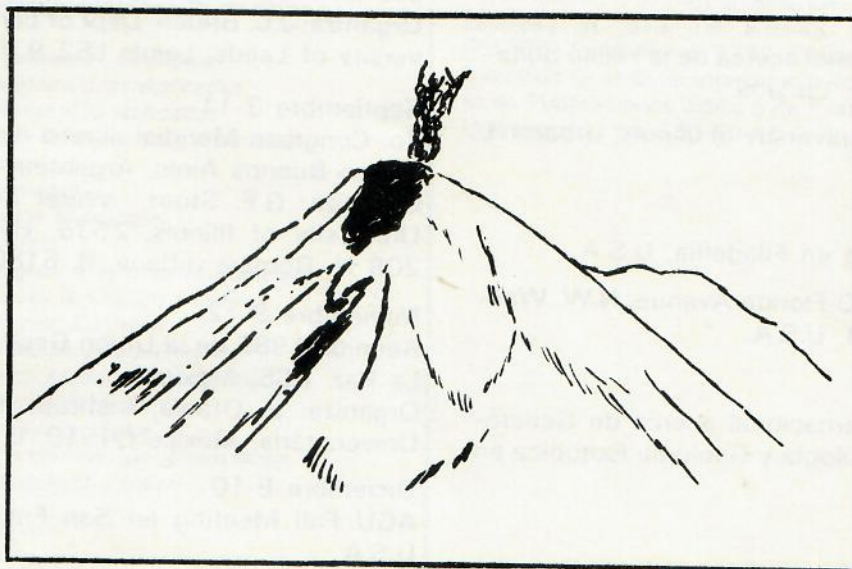


Vista del volcán desde la Membrillera (1913)

el volcán de colima



Vista del Volcán desde El Colimote (1958)



Vista aérea del volcán (1982)

reuniones, simposia y congresos próximos a celebrarse

Reuniones, Symposia y Congresos próximos a celebrarse.

Marzo 22-26

Simposium Internacional acerca de las reacciones hidrotermales, en Yokohama, Japón.

Organiza: Tokyo Institute of Technology, shige yuki Somiya, Nagatsuta, Midori, Yokohama, 227 Japón.

Marzo 24-27

Conferencia acerca de riesgo sísmico en San Francisco, Calif.

Organiza: USGS, Sue Hirschfield, Dept of Geological Sciences California State University, Hayward, C.A. 94542, U.S.A.

Mayo 7-20

Reunión General de IAG; en Tokyo, Japón.

Organiza: I. Nakagawa, Geophysical Institute, Kyoto University Sakyo-Ku, Kyoto 606 Japan.

Mayo 17-22

Simposium Internacional acerca de la Física Solar-Terrestre; en Ottawa, Canadá.

Organiza: Prof. Liu, University of Illinois, Urbana IL 61801, U.S.A.

Mayo 31-Junio 4

AGU Spring Meeting en Filadelfia, U.S.A.

Organiza: AGU, 2000 Florida Avenue, N.W. Washington, D.C. 20009, U.S.A.

Junio 27-Julio 2

5a. Conferencia Internacional acerca de Geocronología, Cosmocronología y Geología Isotópica en Japón.

Agosto 2-6

2o. Simposio Internacional sobre influencias Solar-Terrestres en el clima en Boulder, Colorado, U.S.A.

Organiza: K. Shibata, Geological Survey of Japan, Higashi 1-1-3 Yatabe, Ibaraki 305, Japón.

Organiza: Billy M. McCormic, Lockheed Palo Alto Research Lab. dept. 52-13/B202, 3251 Hanover Street, Palo Alto, C.A. 94304.

Agosto 15-22

Reunión del IAVCEI Y IAGC en Reykjavik, Islandia.

Organiza: G.E. Sigvaldason, Nordic Volcanological Institute, Univ. of Iceland, Geosciences Building, 101, Reykjavik, Iceland.

Agosto 22-28

3a. Conferencia acerca de recursos minerales y energéticos del circumpacífico en Hawai.

Organiza: IUGS: AAPG Convention dept. P.O. Box 979, Tulsa OK 74101

Agosto 24-27

9a. Reunión Anual de la Sociedad Geofísica Europea en Leeds, Inglaterra.

Organiza: J.C. Briden, Dept of Earth Sciences, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, England.

Septiembre 3-11

4o. Congreso Mundial acerca de recursos acuíferos en Buenos Aires, Argentina.

Organiza: G.E. Stout, Water Resources Center, University of Illinois, 2535, Hydrosystems Lab, 208 N. Romine urbana, IL 61801

Noviembre 8-12

Reunión 1982 de la Unión Geofísica Mexicana en La Paz, BCS, México.

Organiza: J. Otaola, Instituto de Geofísica, Cd. Universitaria, México 04510, D.F.

Diciembre 6-10

AGU Fall Meeting en San Francisco, California, U.S.A.

Organiza: AGU 2000 Florida Avenue, N.W. Washington, D.C. 20009.

avisos

MAESTRIA EN GEOFISICA Facultad de Ciencias, UNAM

Requisitos: Tener grado de licenciado en el área de Ciencias o Ingeniería, aprobar examen de colocación y tener promedio superior a 8.

Duración: 4 semestres para cubrir 72 créditos por materias y 2 semestres para tesis.

Becas: Existe un número limitado de becas a estudiantes de tiempo completo.

Áreas: Tierra Sólida y Ciencias Atmosféricas y Espacio Exterior.

Profesorado:

Dr. Juan Manuel Espíndola *Física del Interior de la Tierra*

Dr. Lautaro Ponce *Sismología*

Dr. Jaime Yamamoto *Sismología*

Dr. Reynaldo Mota *Sismología*

Dr. Sergio Camacho *Percepción Remota*

Dr. Surendra Pal *Geoquímica y Geocronología*

Dr. Jaime Urrutia *Geomagnetismo y Paleomagnetismo*

Dr. Román Álvarez *Propiedades Eléctricas de las Rocas*

M. en C. Enrique Lima *Métodos Eléctricos de Exploración*

Dra. María Prol *Física del Interior de la Tierra*

M.C. Servando de la Cruz *Física del Interior de la Tierra*

Dr. Ismael Herrera *Matemáticas Aplicadas*

M. en C. Tomás González *Procesamiento de datos Geofísicos*

Dr. Shri Krishna S. *Exploración Geofísica*

Dr. Federico Sabina *Matemáticas Aplicadas*

Dr. Carlos Vargas *Matemáticas Aplicadas*

Dr. Antón María Minzoni *Matemáticas Aplicadas*

Dr. Cinna Lomnitz *Sismología*

Dr. Alejandro Nava *Sismología*

Dr. Julián Adem *Modelos Climáticos*

Dr. Carlos Gay *Aeronomía*

Dr. Héctor Pérez de Tejeda *Magnetismo Planetario*

Dr. Román Pérez Enríquez *Radiación Cósmica*

Dr. Javier Otaola *Radiación Cósmica*

M. en C. Silvia Bravo *Medio Interplanetario*

M. en C. Tomás Morales *Modelos Atmosféricos*

Dr. Ignacio Galindo *Radiación Solar*

Dr. Armando Leyva *Radiación Solar*

Dr. Humberto Bravo *Contaminación Atmosférica*

Dr. José Barberán *Oceanografía Física*

Informes: Dr. Carlos Gay
Instituto de Geofísica
Cd. Universitaria
México 20, D.F.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION SUPERIOR EN ENSENADA, B.C.

El Centro de Investigación (CICESE) ofrece estudios de Postgrado en las áreas de Oceanografía con especialización en Oceanografía Física y Ecología Marina; en Geofísica con especialización en Sismología y Métodos Eléctricos; y en Física Aplicada con especialización en Instrumentación Electrónica, Telecomunicaciones y Óptica.

Los interesados deberán enviar los siguientes documentos: Certificado de Licenciatura en Ciencias o Ingeniería; Título, Acta de Examen Profesional o Carta de Pasante; al igual que tres cartas de recomendación en respaldo académico. Finalmente para los interesados en obtener beca de grado, enviar la documentación completa que el CONACyT solicita para tramitarla.

Quien no tramite beca deberá indicar la forma cómo cubrirá el costo de colegiatura semestral: 30,000.00 (TREINTA MIL PESOS 00/100 M.N.) para estudiantes de nacionalidad mexicana y 40,000.00 (CUARENTA MIL PESOS 00/100 M.N.) para estudiantes extranjeros. Solamente en el semestre de otoño (agosto) se aceptan estudiantes de nuevo ingreso.

Para mayores informes dirigirse directamente al CICESE Av. Espinosa No. 843, Tel. 810-48, 816-60 812-16 Telex 056539, Apdo. Postal 2732. Ensenada, B.C., o bien en la Dirección General de Intercambio Académico, Departamento de Publicaciones, Edificio de Postgrado 2o. Piso, Ciudad Universitaria, Tel. 550-50-11.

UNION GEOFISICA MEXICANA

Presidente Dr. Ismael Herrera

Secretario Dr. Javier Otaola

Tesorero Dr. Mauricio De la Fuente

Vocal Dr. Juan Manuel Espíndola

Vocal Dr. Alejandro Nava

Asesor Dr. Ignacio Galindo

Asesor Dr. Saúl Alvarez

Comité Editorial:

Francisco Medina

Ismael Herrera

Juan Manuel Espíndola

Diseño y formación

Felipe Guevara

Fotocomposición

Tecnología Electrónica Digital, S.A.

Negativos e impresión

Creatividad Tipográfica, S.A.

San Borja 526-B México 12, D.F.

GEOS Boletín de la Unión Geofísica Mexicana. Revista Trimestral.

Publicada con la ayuda del Consejo Nacional de Ciencia y

Tecnología y del Instituto de Geofísica de la UNAM

Toda correspondencia dirigirla a:

Unión Geofísica Mexicana, Instituto de Geofísica, UNAM, México 20, D.F.