

A N T E C E D E N T E S

I N D I C E :

	Pags.
HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES VULCANOLÓGICAS Y GEOTÉRMICAS EN MÉXICO.	1
NECESIDAD DE LA INVESTIGACIÓN EN ESTA ÁREA.	26
IMPORTANCIA DE ESTA INVESTIGACIÓN EN EL DESARROLLO ECONÓMICO DE MÉXICO.	27
FENÓMENOS ERUPTIVOS (Y CONEXOS) DE LOS VOLCANES DE MÉXICO.	29
MANANTIALES TERMALES (CON PROPIEDADES CURATIVAS) EN LA REPÚBLICA MEXICANA.	31

Por M. Maldonado-Koerdell
Presentado en la
Reunión Anual de la UGM
(22-25 de febrero de 1972)

HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES VULCANOLÓGICAS Y GEOTÉRMICAS EN MÉXICO.

Las erupciones de algunos volcanes mexicanos, así como ciertos fenómenos asociados (emanaciones, sismos, etc.) debieron atraer la atención de los habitantes de nuestro territorio desde la más remota antigüedad. Tanto los vocablos como los jeroglíficos de códices y otros documentos de origen indígena así parecen indicarlo, aunque no se ha estudiado bien este aspecto del pasado cultural de México. Pueden citarse como ejemplos de toponimia vulcanológica los nombres de los Volcanes Popocatepetl (montaña que humea), Citlaltepetl e Iztaccihuatl (en el primer caso, cerro de la estrella o brillante o níveo y en el segundo, la mujer blanca, por el espeso manto de nieve que tienen desde hace milenios) y los jeroglíficos del Códice Mendocino en que el símbolo de cerro o elevación lleva encima una voluta espiralada como columna de humo (o fumarola).

Se dice que Hernán Cortés envió al capitán Diego de Ordaz con varios soldados al cráter del Popocatepetl para extraer azufre y llevarlo al pequeño ejército de conquistadores para la fabricación de pólvora en 1519, pero no se ha comprobado ese hecho y puede tratarse de una leyenda a posteriori. Durante la Época Colonial (1521-1821), por diversas razones, ni la exploración ni el estudio de los volcanes mexicanos y/o fenómenos asociados fueron de carácter sistemático, aunque a fines del Siglo XVIII

el Presbítero D. José Antonio Alzate llevó a cabo algunas observaciones en el mismo Volcán Popocatepetl. En varias de sus publicaciones, v. gr., la Gaceta de Literatura, informó de las características de altura, clima, extensión de las nieves, etc., de aquella elevación y de la próxima (Volcán Iztaccihuatl), pudiendo atribuírsele también la iniciación de los estudios glaciológicos en nuestro país.

En 1793 el Volcán de los Tuxtlas, en el Estado de Veracruz, tuvo una violenta erupción que estudió detenidamente el naturalista mexicano D. José Mariano Moziño, miembro de la Real Expedición Botánica de la Nueva España y cuya memoria sólo se publicó hasta 1913, en un volumen especial, por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Pocos años antes, en 1766, el Volcán de las Vírgenes, en la costa oriental de la Península de Baja California, también había tenido un período de actividad que observó el P. Fernando Connsag, jesuíta alemán, quien transcribió sus datos en las cartas que remitía a los Provinciales de su orden en la ciudad de México. Pero, la más violenta erupción en la segunda mitad del Siglo XVIII fué del Volcán del Jorullo, al sur de la ciudad de Morelia, Michoacán, en 1759, de la cual existen numerosos relatos por lo espectacular y dañino que resultó para aquella área el nacimiento de tal aparato volcánico.

Fué el Barón Federico Alejandro de Humboldt, el gran viajero

científico alemán, quien realmente dió principio a la investigación de los fenómenos ígneos en el territorio mexicano, tanto aparatos volcánicos (al visitar el Volcán del Jorullo y otros volcanes en el centro y sur de México) como principalmente rocas, aguas termales y otros productos directa o indirectamente asociados con esa actividad de la naturaleza. En su obra Essai Geonostique sur les Gisements des Roches dans les Deux Hemispheres, basada esencialmente en observaciones y análisis que llevó a cabo en México o en materiales mexicanos en París, trató ampliamente de aquellas manifestaciones y echó las bases de la Vulcanología Mexicana. También en el Essai Politique sur le Royaume de la Nouvelle Espagne y en el Atlas Géographique que lo acompañaba, son innumerables las referencias a dichos fenómenos y confirman que fué Humboldt el iniciador de esas investigaciones en nuestro país.

A partir de 1821 se sucedieron visitas y exploraciones de europeos, norte-americanos y mexicanos a nuestros volcanes, llevándose a cabo la primera ascensión científica al Volcán Popocatepetl en 1827 por un grupo que encabezaba el Barón Federico de Gerolt, de la Legación de Prusia, relatada en varios periódicos de la época. Otro Alemán, el minero Joseph Burkart, quien vivió en México entre 1825 y 1834, a su vuelta a Europa publicó en Stuttgart una valiosa obra titulada Aufenthalt und Reise in

Mexiko zu den Jahre 1825 bis 1834, que contiene descripciones geognósticas de varios aparatos volcánicos, de sus rocas y otros rasgos (según las ideas de la época) que todavía son válidas en muchos aspectos, aunque desgraciadamente nunca se tradujo al español y pasó casi inadvertida en nuestro país. Hacia 1854, en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística aparecieron los trabajos de D. Augusto Sonntag, quien exploró principalmente el Volcán Popocatepetl y aportó datos sobre su forma y actividad, pero hay otras fuentes de información en la primera mitad del Siglo XIX que muestran el interés que ya despertaron los volcanes mexicanos entre los científicos del mundo.

En 1835 tuvo lugar la tremenda explosión del Volcán Cosigüina, en la península del mismo nombre que cierra parcialmente el Golfo de Fonseca, en América Central. Abundante y extendida fué la lluvia de material pulverulento (principalmente tobáceo) que cubrió buena parte del istmo centro-americano hasta el Estado de Chiapas, en México, conociéndose ese suceso por su duración y magnitud, como el "año del polvo" en aquellos países. Es probable que algunos horizontes profundos de material volcánico de esa entidad mexicana y otras próximas, aún no bien identificados, correspondan a la violenta erupción del Volcán Cosigüina, que lo mismo que otros del área, como se dirá después, han afectado a la porción sur de nuestro país.

Al crearse la Comisión Hidrográfica del Valle de México, en 1857, se incluyó el estudio de las elevaciones de carácter volcánico que rodean a la gran depresión u hoya en que se asienta la capital del país como parte del programa. Desgraciadamente, la memoria de la Comisión (publicada en 1864 en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística) sólo se refirió a los aspectos hidrográficos y nunca aparecieron los datos geológicos que debió proporcionar el Prof. Próspero Coyzuela, como se dice en el texto. La Memoria de la Comisión Científica de Pachuca, que funcionó principalmente durante la época del Imperio, en un hermoso volumen que apareció el mismo año de 1864, contiene una descripción muy amplia de la Sierra de Pachuca, de composición ígnea, ampliando hacia el noroeste del Valle de México aquellas investigaciones, con las ilustraciones y los mapas correspondientes. En 1855 el Barón G. von Egloffstein publicó en Nueva York un volumen titulado Contributions to the Geology and the Physical Geography of Mexico, con datos fisiográficos y mineralógicos sobre nuestro país, aunque los interpretaba erróneamente en función de una sola cadena montañosa (Cordillera del Anáhuac) que lo cruzaría diagonalmente y se extendería hacia el norte según las ideas de Humboldt y abarcando, por supuesto, a los volcanes mexicanos.

Corresponde al último tercio de la pasada centuria la siste

matización de las investigaciones vulcanológicas en México por nacionales y extranjeros que se aplicaron a la exploración, análisis e interpretación de los numerosos aparatos existentes en nuestro país. También entonces se iniciaron los trabajos de laboratorio, particularmente el examen de las aguas termales y otros productos que hacían principalmente los farmacéuticos en sus tesis profesionales, muchas de ellas ahora perdidas o relegadas en las bibliotecas de las Escuelas de Medicina de México, Guadalajara, Guanajuato, San Luis Potosí, Puebla y otras ciudades. Sin embargo, en el antiguo Instituto Médico Nacional, después de 1890, el Dr. Eduardo Armendáriz analizó químicamente aguas de varias localidades, por ejemplo, El Peñón, en el Valle de México y Tehuacán, en el Estado de Puebla.

En 1875 el Volcán Ceboruco, situado al sureste de Tepic, Nayarit, entró en una fase de actividad de cierta violencia, emitiendo materiales de diversa naturaleza, pero principalmente lavas basálticas que escurrieron hacia la llanura próxima y originaron un "malpáis" notable por sus características de color, aspereza, etc. Las erupciones estuvieron acompañadas de sismos, ruidos subterráneos y abundantes gases y determinaron que el Gobierno del Estado de Jalisco, al que entonces pertenecía el Cantón de Tepic, enviase una expedición que dirigía el Ing. Juan I. Matute. Sus observaciones dieron motivo a la publicación de

un trabajo titulado Fenómenos Volcánicos en Jalisco que apareció en la ciudad de Guadalajara al poco tiempo y probablemente representa el segundo informe vulcanológico que se dió a conocer en nuestro país (el primero fué de Moziño sobre el Volcán de los Tuxtlas).

Los Ings. José Guadalupe Aguilera y Ezequiel Ordóñez iniciaron en el Instituto Geológico de México, hacia 1885, un estudio metódico de los aparatos volcánicos situados entre la costa occidental (Volcanes Sangangüey, Ceboruco y Colima) y la oriental (Pico de Orizaba y Cofre de Perote), así como en la larga cadena central, entre Michoacán (Volcán del Jorullo) y Puebla (Malinche). Particularmente el Ing. Ordóñez colectó muestras de rocas y datos sobre la estructura y dinámica de aquellos aparatos y los resultados de sus estudios aparecieron en el Boletín del Instituto Geológico de México, en las Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate", en El Minero Mexicano y otras publicaciones, aunque debe mencionarse el estudio que Aguilera y Ordóñez publicaron sobre el Volcán Popocatepetl en 1895. El Volcán de Colima fué también objeto de observaciones continuadas por los Presbíteros José María Arreola y Severo Díaz, quienes dieron a conocer sus datos bajo el rubro general de "Efemérides del Volcán de Colima" en el Boletín del Observatorio Meteorológico y Magnético Central de México que después se reunieron en un volumen, con dibujos y croquis.

Fueron de alto interés los trabajos petrográficos del Ing. Ordóñez en relación con rocas ígneas ácidas de carácter extrusivo y su memoria sobre "Las Riolitas de México", aparecida en el Boletín del Instituto Geológico de México, en dos partes, es todavía clásica. Otros estudios desarrollados por el mismo investigador se refieren a mantos de lava y otros materiales de numerosos volcanes y tal experiencia le permitió después, seguramente, entender los problemas estructurales de las áreas petroleras en la llanura costera del Golfo de México. La larga lista de estudios del Ing. Ordóñez fué incluida en una nota necrológica, a raíz de su muerte, por el Ing. Carlos Castillo Tejero, en el Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, preparada con la colaboración del Sr. Jesús Martínez Portillo, antiguo bibliotecario del Instituto Geológico de México.

Por aquella época vinieron a México dos investigadores alemanes, los Profs. J. Félix y H. Lenk, quienes emplearon varios años colectando minerales, rocas y fósiles y estudiando los más variados aspectos de nuestro territorio, especialmente en los Estados de Veracruz, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y México y en el Valle de México. Además de otras contribuciones, el grueso de sus datos llenaron 3 volúmenes bajo el título general de Beiträge zur Geologie und Paleontologie der Republik Mexiko, impresos entre 1888 y 1891 en Alemania. Por primera vez se discutían en esos

trabajos aspectos geotectónicos de nuestro territorio, parcialmente resultantes de la actividad volcánica a lo largo de las partes central y oriental de México, aunque también estudiaron otras áreas occidentales para su interpretación geológica.

En el sur de Mexico (Estados de Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán y Territorio de Quintana Roo) desarrolló varias investigaciones geográficas y geológicas el Dr. Karl Sapper, científico alemán que exploró durante diez años esa área y la totalidad del istmo centro-americano. En lo relativo a nuestro país sus datos están consignados en la obra "Sobre la Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán" que apareció en el Boletín del Instituto Geológico de México, en 1896, tocando muchos aspectos de la estructura y dinámica de la corteza terrestre, entre ellos el vulcanismo. Un problema preocupó mucho a Sapper, por su importancia económica para México y los países centroamericanos: los suelos de origen volcánico, tan fértiles y tan complejos en su composición y en su manejo.

En 1902 hizo erupción el Volcán Santa María, en la República de Guatemala, cuyas cenizas también cubrieron una ancha faja territorial que incluía el Estado de Chiapas y seguramente las partes sur y central de la Península de Yucatán. Fue enviado a estudiar el fenómeno el Dr. Emil Böse, quien produjo un informe publicado en el Boletín del Instituto Geológico de México con

con datos sobre la mineralogía y la petrografía de los productos volcánicos, así como un examen de las condiciones en que tuvo lugar la erupción del Volcán Santa María, contemporánea de la gran erupción de la Montaigne Pelée, en la Isla de la Martinica, Antillas Francesas.

Para la X Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en México a mediados de 1906, se prepararon muchos trabajos relativos a la estructura y dinámica de nuestro país, en uno de los cuales el propio Aguilera dió a conocer sus opiniones (contradictorias a las de Félix y Lenk) en un artículo titulado "Les Volcans Actifs du Mexique dans leur Relations avec le Relief et la Tectonique dy Pays" en las Comptes Rendus du Xeme. Congres Géologique International (México, D.F., 1907). Postulaba Aguilera que durante el Terciario se había seguido un proceso de "propilitización" de las rocas ígneas, es decir, que las más ácidas (riolitas) entre las eruptivas habían precedido a las más básicas (andesitas y basaltos), por lo cual era posible establecer una secuencia o cronología vulcanológica y que la acción tectónica no correspondía a lo supuesto por los alemanes, ya que estaba ligada con otros factores estructurales y dinámicos. En realidad, el tiempo ha venido a dar la razón a Aguilera, a lo menos en parte, pues se ha demostrado la importancia del fracturamiento a diversas profundidades de la corteza terrestre y de la migración de magmas en sentido ascendente, aunque no en la

secuencia que pensaba sino indistintamente pues aparecieron rocas ácidas, intermedias y/o básicas según la evolución geoquímica del magma.

Entre las excursiones del Congreso Geológico Internacional de 1906 se contaron dos de carácter estrictamente vulcanológico, una al Volcán del Jorullo que dirigió el Ing. Ordóñez, con la colaboración del naturalista michoacano Dr. Manuel Martínez Solórzano y otra al Volcán de Colima, bajo la guía del Dr. Paúl Waitz, también del Instituto Geológico de México. En ambas y con base en la Guide Géologique du Mexique correspondientes pudieron comprobarse muchas de las observaciones e ideas que ya se tenían sobre el vulcanismo mexicano, coleccionar muestras y revisar aquellos aparatos. Además, en otras áreas del país, por ejemplo, cerca de la ciudad de Zacatecas, se estudiaron fases paleovolcánicas en rocas de gran antigüedad denominadas en general "rocas verdes" que el mineralogista alemán H. Rosenbusch clasificó como espilitas y que originaron la idea de que el vulcanismo mexicano tenía una larga historia geológica.

Desde fines del Siglo XIX también se llevaron a cabo reconocimientos del fondo submarino en regiones cercanas a los litorales mexicanos por navíos hidrográficos norte-americanos, aunque fueron exigüos y de carácter puramente mecánico los estudios batimétricos y de composición de rocas. Sin embargo, en el

Oceano Pacífico, frente a la Península de Baja California y más al sur, en las costas de los Estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. fué posible localizar agudos salientes y anchas elevaciones del tipo pináculo y/o mesa que posteriormente se han identificado como de origen volcánico. Fué necesario el desarrollo de equipo oceanográfico de mayor precisión, después de la Primera Guerra Mundial, para que se consolidaran y ampliaran esas ideas y ahora se sabe que frente a la Península de Baja California existe la "provincia de pináculos volcánicos" y que el Archipiélago de las Revillagigedo es un conjunto de aparatos volcánicos cuyas sucesivas erupciones dieron origen a las islas.

En 1913 tuvo lugar, dentro de una larga serie seguramente milenaria, otra erupción del Volcán de Colima acompañada de temblores, ruidos subterráneos, emisión de lavas y cenizas, etc. Sus efectos en las ciudades próximas (Guadalajara, Ciudad Guzmán y Colima) alcanzaron tanta magnitud que el Instituto Geológico de México, a pesar de la situación política del país, envió una expedición a cargo del Dr. Waitz para estudiar el fenómeno y formular recomendaciones de tipo práctico. El informe correspondiente apareció en el Boletín del Instituto Geológico de México y constituye ahora un trabajo clásico, acompañándolo datos que se calificarían como geofísicos y geoquímicos. Como ya existía el Servicio Sismológico Nacional en la misma institución, en otros

números de la misma publicación aparecieron trabajos que analizaban esos aspectos de la erupción del Volcán de Colima, de otros aparatos similares y en general del territorio mexicano, con lo cual se empezaba a comprender las relaciones entre ciertos sacudimientos terrestres y la emisión de materiales volcánicos, así como la necesidad de mantener una red sismológica y ampliarla a las áreas de posibles erupciones.

En la segunda y tercera décadas del presente siglo también ha manifestado actividad el Pico de Orizaba con fumarolas, sismos de poca intensidad y tal vez escurrimientos lávicos que por su gran altura y el hielo que lo cubre no se han conocido bien. Pero, entre 1921 y 1926, el Volcán Popocatepetl tuvo una fase de actividad que estudiaron los geólogos Fernando Urbina, Heriberto Camacho y otros del Instituto Geológico de México, quienes establecieron un observatorio vulcanológico en las cercanías del cráter y llevaron a cabo mediciones diversas, publicando sus datos en los Anales del Instituto Geológico de México, nueva serie que permitía la rápida difusión de informes de ese tipo. Desgraciadamente, en otros aspectos, los fenómenos volcánicos recibieron por entonces relativamente poca atención, aunque en la prensa diaria aparecieron noticias aisladas de manifestaciones volcánicas que al terminar dejaban en olvido el interés de tales estudios en el territorio mexicano.

Debe decirse que en el lapso comprendido entre 1915 y 1940, se introdujeron a México métodos modernos para la exploración geofísica tanto por parte del Gobierno Federal como de las compañías petroleras que operaban en la llanura costera del Golfo de México. Además, fué la época en que se comenzó a interpretar mejor el origen y desarrollo del territorio mexicano, especialmente desde el punto de vista de la influencia de los fenómenos volcánicos que ya habían ocupado la atención de algunos investigadores, pero que no se apoyaba en información estratigráfica y paleogeográfica. Entre los precursores de esa nueva tendencia no debe olvidarse el nombre del Dr. Böse, quien publicó algún trabajo sobre "grietas pre-existentes" como posible mecanismo de origen de aparatos volcánicos en la Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate", a principios del Siglo XX.

En 1918, el Dr. Ernest Wittich dió a conocer en un trabajo titulado "El Origen de la Mesa Central" su interpretación geotectónica de ese problema en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Dicho autor, con base en anteriores ideas de los geólogos alemanes que habían trabajado en México, postuló también que gran parte de sus aparatos volcánicos tuvieron origen en grietas pre-existentes o alineamientos estructurales, particularmente en su porción central, causando la emisión de enormes volúmenes de rocas, que rellenaron depresiones y provocaron un alza-

miento general. También mencionaba el efecto de factores geomórficos, como el equilibrio isostático, la acción modeladora de la erosión y otros para explicar el proceso de una fase paleogeográfica del territorio mexicano.

Desde 1912, con auxilio de un péndulo modelo del U. S. Coast & Geodetic Survey que había facilitado el Dr. William Bowie al Ing. Pedro C. Sánchez, Director de la Comisión Geodésica Mexicana, se midieron varias estaciones en diversas partes de México. En el "Rapport sur les Travaux Géodesiques", presentado a la Asamblea General de la Asociación Internacional de Geodesia en Roma, en 1922, por el Ing. Sánchez como una Publicación de la Dirección General de Estudios Geográficos y Climatológicos, se anexaron tres mapas gravimétricos, en uno de los cuales destaca la línea de valor 0 para las anomalías de Bouguer a lo largo del Eje Neo-Volcánico, en tanto que hacia el norte y noroeste se marcaban valores positivos y hacia el sur valores negativos. Ese mapa probablemente es la primera confirmación geofísica que se tuvo de la significación del Eje Neo-Volcánico, situado más o menos a la altura del paralelo 19° lat. N, como alineamiento estructural si se toman en cuenta las variaciones indicadas en ambos lados.

La Compañía Mexicana de Petróleo "El Aguila" introdujo la balanza de torsión para la exploración geofísica en el área de Poza Rica, en el Estado de Veracruz, hacia 1926 que proporcionó

indicaciones sobre la existencia de una gran masa de rocas de alta densidad en el subsuelo. Después las perforaciones de esa compañía y de Petróleos Mexicanos han confirmado ampliamente que dicha masa de rocas se compone esencialmente de basaltos emitidos por aparatos volcánicos y ahora sepultados bajo muchos metros de sedimentos marinos y continentales. Fue también en esa área donde la sismología de explosión se aplicó para determinar la presencia de afallamientos y deslizamientos en el subsuelo por una brigada del Ing. Antonio García Rojas, algunos años antes de consumarse la expropiación petrolera, en 1938.

Otro conjunto de importantes estudios e interpretaciones fue realizado por el Ing. Pedro C. Sánchez, a cuyo cargo estaba la nueva Dirección General de Estudios Geográficos y Climatológicos y luego como Director del Instituto Panamericano de Geografía e Historia a partir de 1929. El Ing. Sánchez fué el primero en exponer en forma metódica la importancia de los estudios geofísicos para la correcta interpretación de los fenómenos orogénicos según lo describe en un trabajo titulado "Volcanismo" entre las Publicaciones del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, en 1932. Además, en 1936, encabezó la primera expedición geodésica y geofísica que el Instituto Panamericano de Geografía e Historia envió a varios países de América Central (Guatemala, El Salvador y Honduras) así como a la Península de

Yucatán para mediciones gravimétricas, magnéticas y de otra índole y se le debe una noción fundamental: como unidad geotectónica, el sur de México y el Istmo-Centro-Americano forman un todo estructural y dinámico entre el paralelo 19° lat. N y el Río Atrato, en el noroeste de la República de Colombia.

Esta idea es de importancia básica para el entendimiento del vulcanismo mexicano y centro-americano, cuyo estudio no puede dissociarse ya que los fenómenos están ligados genéticamente y resultan de factores estructurales y dinámicos comunes a las dos áreas. Además, en los últimos años, el mejor conocimiento del fondo submarino próximo, tanto en el Mar Caribe y Golfo de México como en el Océano Pacífico ha permitido ampliar conceptos y ligar su propio vulcanismo con las áreas continentales (caso del Archipiélago de las Revillagigedo). Por último, la reconstrucción paleogeográfica del sur de México y del Istmo Centro-Americano comprueban que en gran parte la historia geológica es común y en alta proporción de carácter volcánico.

El mayor estímulo para los estudios vulcanológicos en los años recientes fué la erupción del Volcán Parícutín, al oeste de Uruapan, en el Estado de Michoacán, a partir del 23 de Febrero de 1943. Surgió este aparato volcánico en una área de características muy peculiares en la parte central de esa entidad, donde se han desarrollado desde siglos antes fenómenos volcánicos muy va-

riados y productivos (Pico de Tancítaro, Volcán de Jorullo, etc. y más al suroeste, el gran complejo del Volcán de Colima). Desde su iniciación, el Volcán Parícutín atrajo la atención mundial y sirvió para que amplias investigaciones en diversas disciplinas: mineralógicas, petrográficas, geoquímicas, sismológicas, magnéticas, etc., sin contar los propios aspectos geológicos, hasta hacer de ese aparato volcánico probablemente el más documentado y el mejor conocido en la presente centuria.

Desde su origen el Instituto de Geología de la U.N.A.M. (antes Instituto Geológico de México) destacó a varios investigadores para estudiar su origen, manifestaciones, productos y fenómenos asociados al igual que otras dependencias, como la Secretaría de Recursos Hidráulicos en cuyo órgano, Irrigación en México, apareció una de las primeras reseñas del fenómeno con artículos de los Ings. Ezequiel Ordóñez, Alfonso de la O. Carreño y Ramiro Robles Ramos y Dr. Paul Waitz, en 1943. El Instituto de Geología publicó la obra titulada "El Volcán Parícutín" con informes de los Ings. Teodoro Flores, Luis Flores Covarrubias, Eduardo Schmitter, Jenaro González Reyna y otros, en el mismo año. Todavía el Ing. Ordóñez, por cuenta del Instituto Nacional de la Investigación Científica, llevó a cabo estudios sobre el Volcán Parícutín y fue autor de varias obras e informes aparecidos entre 1944 y 1950.

No solamente los investigadores nacionales hicieron traba-

jos sobre el Parícutín, sino extranjeros, principalmente norteamericanos, como los Dres. Carl Fries, William H. Foshag, Robert T. Hatt, Howel Williams y muchos más que pasaron largas temporadas estudiando ese aparato y sus productos desde variados puntos de vista. Las publicaciones sumaron varios cientos durante los primeros 10 ó 12 años y aunque actualmente aparecen nuevos informes, en su mayoría corresponden a dicho lapso. Se distinguieron las observaciones de tipo "vigilancia volcánica" del Dr. Fries, cuyos datos aparecían en las Transactions of the American Geophysical Union y las mineralógicas y petrográficas del Dr. Foshag, que se publicaron en diversos números del Bulletin of the U. S. Geological Survey y otras de esa organización.

Aunque todavía se discuten algunas características del Volcán Parícutín y de sus materiales, la opinión general lo clasifica como un cono de origen explosivo, en gran parte cinerítico (con intercalaciones de lavas basálticas), de cuyo cráter se desprendieron abundantes gases y vapor de agua cuyo volumen el Dr. Fries calculó con gran aproximación. Al volcán se adhirió un cono parásito (El Zapicho), teniendo su contorno en algunos momentos emisiones de materiales sobrecalentados, al estilo de los "hornitos" del Volcán del Jorullo que describió Humboldt. La lengua lávica alcanzó a cubrir una amplia extensión que llegó hasta San Juan Parangaricutiro, completamente arrasado por ella,

en tanto que los depósitos cineríticos destruyeron las áreas boscosas circundantes, si bien ahora la erosión y la lixiviación prácticamente han incorporado ese material a los suelos agrícolas y de bosques. En muchos aspectos, al escurrir desde el cono, las lavas se asemejaban extraordinariamente a las emisiones de tipo hawaiano (pahoe-hoe), con una capa intermedia incandescente y capas inferior y superior a más baja temperatura y de color obscuro, que al igual de otras lavas similares dejaron un "malpaís" bien característico.

Seguramente muy pocos volcanes de su tipo en el mundo han sido objeto de tantas investigaciones y se han reproducido en fotografías, películas y pinturas como el Volcán Parícutín. Además de sus estudios, el Dr. Fred M. Bullard, de la Universidad de Texas, realizó una película cinematográfica a colores, con vistas diurnas y nocturnas verdaderamente excepcionales que constituyen un documento científico y técnico de primera categoría. Tampoco debe olvidarse la formidable colección de pinturas de Gerardo Murillo (pintor mexicano más conocido como Dr. Atl,) quien pasó largas temporadas en el Volcán y lo mismo que para otros volcanes mexicanos, dejó un rico legado plástico y un conjunto de artículos y libros que constituyen valioso documento para estimar la magnitud y las características de sus erupciones.

La última erupción importante en territorio mexicano tuvo

lugar, a partir de Agosto de 1952, en la Isla San Benedicto, del Archipiélago de las Revillagigedo, con una duración de dos años en su período de máxima actividad, levantándose un cono de cerca de 400 m de altura en el extremo sureste de la isla. Tuvo también carácter explosivo con intervalos de relativa quietud, pero con emisiones constantes de material pumítico y en la fase terminal de actividad intensa con un derrame de lava que formó un amplio delta en el sureste. Fué también objeto de numerosos estudios por vulcanólogos y oceanógrafos de la Scripps Institution of Oceanography de la Jolla, California, en relación con las líneas estructurales del fondo submarino del Océano Pacífico, del Golfo de California y de la porción continental de México.

La Isla San Benedicto está constituida por una serie de aparatos volcánicos ya destruidos (Cráter Herrera y Monte Villalobos) que ocupan el centro y la punta norte, cuya edad corresponde al Terciario Superior y Cuaternario hasta el Reciente, al igual que el resto de las Revillagigedo. La variedad de rocas colectadas en diversas expediciones es muy grande y en su mayoría han sido analizadas en diferentes instituciones, siendo de llamar la atención la secuencia de tipos que aparecieron durante la fase de actividad del Volcán Bárcena (nombre con que fue bautizado el cono pumítico que se menciona). En cambio, en otras islas del Archipiélago, también volcánico en su origen, predominaron los tipos más básicos (Islas Socorro y Clarión) que a pesar de su

importancia no han recibido la necesaria atención por su lejanía y dificultad de Acceso.

En realidad, el proceso del vulcanismo submarino del Océano Pacífico y del Golfo de California, con manifestaciones constantes en los últimos milenios, es un todo continuo ligado a las condiciones estructurales y dinámicas de la corteza terrestre y del Manto Superior (caso de las Islas Marías, Cerralvo, Angel de la Guardia, Tiburón y otras). Por otra parte, cerca de la costa occidental, tierra adentro, existen los aparatos volcánicos del Colima y otros ya mencionados, cuyo estudio no puede separarse de aquellos submarinos. Aún el viejo atolón que forma la Isla Clipperton (o de la Pasión, según la nomenclatura española de otros siglos) se apoya en un pináculo volcánico surgido en el fondo submarino a unas 600 millas náuticas al suroeste del puerto de Acapulco y merecería ser incluido en un programa de investigaciones con los aparatos ya mencionados.

El vulcanismo reciente (y sub-reciente) del occidente de México, que incluye el Golfo de California y las tierras que lo rodean, comprueba también el fenómeno mundial de un desplazamiento en sentido este-oeste de la actividad volcánica. Debe estudiarse mejor la vulcanología de la Península de Baja California y revisarse la Sierra Madre Occidental, para lograr una visión general del proceso. A este propósito, serán útiles las guías

geológicas que prepararon los Ings. Federico Mina, Alfonso de la O. Carreño, Luis Blázquez y Federico Mooser y Dr. Carl Fries, jr., para varias excursiones de la XX Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrado en México en 1956 que se usaron para aquellas áreas del territorio mexicano, así como las partes centrales del Eje Neo-Volcánico, en algunas de las cuales también se tocaron aspectos de focos geotérmicos; son los Libretos-Guías Núms. A-1 y C-4, A-15, A-16, C-7 y C-9.

La Asociación Internacional de Vulcanología de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional ha publicado la parte VI del Catálogo de los Volcanes Activos del Mundo y Campos de Solfataras sobre los correspondientes a México y América Central, preparado por el Ing. Federico Mooser y los Dres. Helmut Meyer-Abich y Alexander McBirney en 1958; que incluye noticias sobre unos 40 apatos activos en los tiempos recientes. Los volcanes centro-americanos fueron también objeto de una revisión por el Dr. Fred M. Bullard, publicado con mapas y fotografías en la Sección I - Vulcanología del Cenozoico de la Memoria del XX Congreso Geológico Internacional, que apareció en 1957. Desde este mismo año se envían informes trianuales a la Asociación Internacional de Vulcanología con datos sobre actividad volcánica, fenómenos conexos, paleovulcanología, bibliografía y otros aspectos en el territorio mexicano (Toronto, 1957; Helsinki, 1960; Berkeley, 1963).

Otros trabajos de carácter geográfico son complementarios de las investigaciones que se han mencionado, pues ayudan a entender las características estructurales y dinámicas del Eje Neo-Volcánico y áreas próximas. El más importante es la Geografía General de México, del Ing. Jorge L. Tamayo, que ha tenido dos ediciones, la primera (incompleta hacia 1952 y la segunda en 4 volúmenes y un Atlas de México) en 1962. Los dos primeros tomos están dedicados precisamente a la descripción del relieve y otras características del territorio mexicano, comprendiendo amplios capítulos sobre los aparatos volcánicos y sus productos que sintetizan la información disponible hasta entonces.

Más o menos desde 1953-1955 la Comisión Federal de Electricidad inició un programa de estudios sobre energía geotérmica bajo la dirección del Ing. Luis F. de Anda, al principio en el área de Pathé, en el Estado de Hidalgo, donde existe actualmente una planta eléctrica de carácter experimental con una capacidad de 400 KW y después ampliándolos al resto del Eje Neo-Volcánico y otras áreas. En ocasión de la XX Sesión del Congreso Geológico Internacional, el Ing. de Anda presentó un trabajo en la Sección I - Vulcanología del Cenozoico de la Memoria del Congreso. Además, el Ing. H. Alonso Espinoza, de la misma Comisión Federal de Electricidad, dió a conocer el resultado de otros estudios que abarcan una somera descripción del campo de energía geo

térmica en Larderello, Italia, en el Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, en 1962, con datos sobre las potencialidades geotérmicas de México.

Desde 1963 las investigaciones geotérmicas se han acelerado en diversas áreas del territorio mexicano ubicadas sobre o cerca del sistema transversal de aparatos volcánicos (Pathé, Hgo., Ixtlán de los Hervores, Mich. y especialmente al sur de Mexicali, B.C., en el campo de Cerro Prieto). Después de un detenido estudio geológico y geofísico se iniciaron las perforaciones en las cercanías del antiguo Volcán de Cerro Prieto (Pozos M-1, M-2, M-3, M-4 y M-5) que dieron por resultado el alumbramiento de un enorme caudal de vapor del subsuelo para el cual se han trazado planes de desarrollo financiados por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento de las Naciones Unidas. Se calcula a grosso modo que una vez construída la planta eléctrica tendrá una capacidad mínima de 150,000 KW que transformará en muchos aspectos la vida social y económica del Valle de Mexicali, en el delta del Río Colorado.

Un número especial del Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros se dedicó en 1964 al problema de la energía geotérmica en México, con trabajos de los Ings. de Anda, Mooser, Alonso Espinosa y otros expertos de la Comisión Federal de Electricidad. Cada uno, en su rama de estudios, presentó un cuadro

de la diversidad de problemas que abarca la exploración y explotación de los recursos geotérmicos nacionales: estructura y dinámica de la corteza terrestre en México, investigación en el campo de Cerro Prieto y distribución de otros campos, etc. Este renglón de la potencialidad energética en nuestro país tiene evidentemente perspectivas inmensas y debe atenderse para asegurar a México la capacidad de producción que requiere su desenvolvimiento en los años próximos.

NECESIDAD DE LA INVESTIGACION EN ESTA AREA.

La necesidad de llevar a cabo una investigación amplia y detallada de los fenómenos volcánicos se justifica al considerar la frecuencia e intensidad de los fenómenos volcánicos en los últimos 400 años y muy especialmente en los últimos 100 años, la que se puede apreciar en el cuadro No. 1.

Por otra parte existen estrechas relaciones entre el vulcanismo y la sismicidad, de manera que los adelantos que se logren en la comprensión de los fenómenos volcánicos redundarán indudablemente en avances en el entendimiento de los fenómenos sísmicos. Finalmente y como causa principal para proponer el presente proyecto de investigación, se tiene que la energía geotérmica almacenada en las regiones volcánicas en nuestro país es sumamente abundante (véase mapa Focos volcánicos del Cuaternario y manañ-

tiales termales). Ya que este recurso natural tiene gran importancia económica, es indispensable realizar estudios encaminados a comprender los fenómenos eruptivos a los que aparece asociada la energía geotérmica pues sólo de esta manera se estará en posición de desarrollar técnicas adecuadas para su localización y explotación.

IMPORTANCIA DE ESTA INVESTIGACION EN EL DESARROLLO ECONOMICO DE MEXICO.

La importancia que para México tiene este estudio, queda patentizada por los siguientes hechos:

a.- Las posibilidades que ofrecen los recursos geotérmicos como fuente para generar energía eléctrica son amplias aunque en el momento actual imprevisible. Para dar una idea de las posibilidades que esta fuente ofrece, mencionaremos tan sólo el hecho de que en el campo de Cerro Prieto en el Valle de Mexicali, se proyecta instalar una planta geotermoeléctrica con capacidad de 150 M.W. para el año de 1970.

b.- Una gran parte de la población del país se encuentra concentrada entre los paralelos 19° y 21° Lat. N. que es precisamente donde se extiende el Eje Volcánico, objeto de estudio de este proyecto (véase Mapa No. 1) Es ahí donde se encuentran centros urbanos tan importantes como las Ciudades de México, Puebla y Guadalajara, y muchos otros núcleos de población que pueden sufrir

daños materiales y pérdidas de vidas humanas como consecuencia de los fenómenos volcánicos. El vigilar y preveer tales fenómenos, es por los mismo de la mayor importancia para México.

c.- El vapor geotérmico contiene diversas sustancias químicas, Boro, Fluor, Potasio, Sodio, etc., que con el tiempo podrían adquirir importancia en la industria, como ha sucedido en la industria química de Larderello, Italia. Para ilustrar la abundancia y variedad de este tipo de manantiales en México véase el cuadro 2.

d.- Aprovechamiento de las lavas, tobas y otros productos volcánicos para la industria. Al mismo tiempo se abrirán nuevas perspectivas para la minería de metales.

e.- Impulso en el entrenamiento de naturalistas en general y de geofísicos en particular que son indispensables para el desarrollo de la ciencia y de las industrias extractivas y de transformación.

FENOMENOS ERUPTIVOS (Y CONEXOS) DE LOS VOLCANES DE MEXICO.

NOMBRE	UBICACION	ERUPTIONES	OTRAS MANIFESTACIONES
Santa María	Guatemala	1902	Sismos, fumarolas y lluvias de cenizas post-eruptivas.
Tucaná	Frontera de Guatemala-México	1855, 1878, 1903, 1949	Sismos, actividad solfatárica, etc.
El Chichón	Edo. de Chiapas	Ca. 1350	Actividad solfatárica.
San Martín o de los Tuxtlas	Edo. de Veracruz	1664, 1793, 1829, 1922	Sismos, lago-cráter.
Pico de Orizaba	Edo. de Veracruz	1545, 1566, 1630, 1687, Siglos XVIII a XX	Sismos, ruidos subterráneos, fumarolas post-eruptivas y ocasionales.
Popocatepetl	Edos. de México, Puebla y Morelos	1347, 1354, 1519, 1530, 1539, 1542, 1548, 1571, 1592, 1642, 1664 a 1667, 1697, 1720, 1802 a 1804, 1920 a 1926, 1935 <u>seqq.</u>	Sismos, ruidos subterráneos, fumarolas post-eruptivas y ocasionales.
Xitle	Distrito Federal	÷ 500-1000 A.C.	Sismos, "malpáis"
Teutli	Distrito Federal	? A.C.	Sismos, "malpáis"
Sierra de San Andrés	Edo. de Michoacán	? - 1872 <u>seqq.</u>	Actividad solfatárica continua, sismos, ruidos subterráneos.
Jorullo	Edo. de Michoacán	1759 - 1774 (?)	Sismos, "hornitos"
Paricutín	Edo. de Michoacán	1943-1952	Sismos, "hornitos", lenguas de lava.
Colima	Edos. de Jalisco y Colima	? A.C.-1590, 1611, 1749, 1770, 1795, 1806, 1808, 1818, 1869, 1909, 1913, 1922 a 1932 (dentro del cráter), 1945, 1963-1965 <u>seqq.</u>	Sismos, ruidos subterráneos, fumarolas post-eruptivas, lenguas de lava, etc.

NOMBRE	UBICACION	ERUPCIONES	OTRAS MANIFESTACIONES.
Ceboruco	Edo. de Nayarit	1870-1876	Sismos, "malpáis" fumarolas post- eruptivas.
Bárceñas	Archipiélago de las Revillagigedo	1952-1955 <u>seqq.</u> (?)	Sismos, lengua de lava, fumarolas post-eruptivas.
Las Vírgenes	Península de Baja California	1766, 1857 (?)	Sismos, fumarolas post-eruptivas.

MANANTIALES TERMALES (CON PROPIEDADES CURATIVAS) EN LA REPUBLICA MEXICANA.

NOMBRE	UBICACION	TEMP.	CARACTERISTICAS QUIMICAS.	APLICACIONES Y USOS.
San Pedro, al S de La Paz	Territorio Sur de Baja California	"		"vivificante"
Santiago, al S de La Paz	Territorio Sur de Baja California	"caliente"		
Imuris, al S de Nogales	Estado de Sonora			reumatismo, etc.
San Diego de Alcalá, al N de Bachimba	Estado de Chihuahua		"mineral"	"vivificante"
Ciudad Camargo Rosalía, Mpo. de C. Camargo	Estado de Chihuahua	45° C	"mineral"	aparato circulatorio, lumbago, neuritis, etc.
"La Azufrosa" o San Lucas, Mpo. de Monclova	Estado de Coahuila		sulfurosa	
Hacienda de Las Hermanas, al N de Monclova	Estado de Coahuila		"caliente"	
Bilbao, Mpo. de Torreón	Estado de Coahuila		"mineral"	"vivificante"
Topo Chico, Mpo. de Monterrey	Estado de Nuevo León	41° C		Artritis, artrosis, clorosis, gástritis, hepatitis, etc.

"minerales"

Balnearios de Hedionda, Estado de Nuevo León
Agua Nueva, San Fernando, Dolores, Loma Atravesada, El Jaquey; alrededores de Monterrey.

"calientes"

Agua del Burro, Ojo de la Caña, Las Blancas, La Mahuacata; al NW de Monterrey

"vivificantes"

"termales"

Galeana, al W de Linares

"termales"

San Ignacio, Mpo. de Linares

"minerales"

Camargo, al E de Reynosa

"muy calientes"

Santiago Papasquiaro, al NW de Durango (Los Hervideros)

enfermedades diversas

"termales"

Fresnillo, Mpo. de Fresnillo

enfermedades diversas

32° C

Ojo Caliente, al S de Zacatecas

enfermedades diversas

32° C

Pinos, al E de Zacatecas

enfermedades diversas

Alrededores de Santa María del Río, Mpo. de Sta. Ma. del Río	Estado de San Luis Potosí	"termales"	"minerales"	Enfermedades diversas.
Lourdes, cerca de Santa María del Río	Estado de San Luis Potosí	"minerales"	"minerales"	trastornos digestivos, artritis, etc.
Hacienda de Gogorrón al E de Sn. Luis Potosí	Estado de San Luis Potosí	38° C		Enfermedades diversas.
Taumin, al E de Ciudad Valles	Estado de San Luis Potosí	38° C	"minerales"	Enfermedades diversas.
El Bañito, al S de Ciudad Valles	Estado de San Luis Potosí			Enfermedades diversas.
Alrededores de Matehuala y Vanegas, al N de San Luis Potosí	Estado de San Luis Potosí	diversas temperaturas	"minerales"	Enfermedades diversas.
Oblatos, al NW de Cuadalajara	Estado de Jalisco	40° C		Enfermedades diversas.
Soyatlán del Oro, al NW de Guadalajara	Estado de Jalisco	40° C		Enfermedades diversas.
Alrededores y Aguascalientes	Estado de Aguascalientes	diversas temperaturas	"minerales"	Enfermedades diversas.
Ojo Caliente o San Ramón	Estado de Aguascalientes	diversas temperaturas	alcalinas, carbonadas y calcificadas	Enfermedades diversas

Abasolo, al SE de Ira- puato	Estado de Guana- najuato	23-75° C	"minerales" (in- cluyendo lodos)	enfermedades diversas
San Bartolomé Aguasca- lientes, al E de Cela-	Estado de Guana- juato	93° C	"minerales"	enfermedades diversas
Celaya, Mpo. de Celaya	Estado de Guana- juato	65.5° C	"minerales"	enfermedades diversas
Baños Calientes, Mpo. Acámbaro	Estado de Guana- juato	36° C	"minerales"	enfermedades diversas
San Miguel Allende y Atotonilco	Estado de Guana- juato	"termales"	"minerales"	enfermedades diversas
Tequisquiapan y Cade- reyta, al N de San Juan del Río	Estado de Queré- taro	varias tempe- raturas	"minerales"	enfermedades diversas
El Jacal, Mpo. de Querétaro	Estado de Queré- taro			enfermedades diversas
Agua Caliente, cerca de Actopan	Estado de Hidalgo	"termales"	"minerales"	enfermedades diversas
Atotonilco El Grande, al N de Pachuca	Estado de Hidalgo	"termales"	"minerales"	enfermedades diversas
Ixmiquilpan	Estado de Hidalgo	35° C	"minerales"	enfermedades diversas
Cardenal, al E de IX- miquilpan	Estado de Hidalgo	36.5° C	Sulfurosas	artritis, etc.

San José de Buenavista, cerca de Tlaxcala	Estado de Tlaxcala	"termales"			
"Hervideros de Lodo", cerca de Tiquilpan	Estado de Michoacán	103° C			
Sar José Purúa y Jun- gapeo	Estado de Michoacán	32° C (y lodos)	gaseosas, bicar- bonatadas	trastornos di- gestivos, etc.	
Alledores de Zamora	Estado de Michoacán	"termales"	"minerales"		
Ciudad Hidalgo	Estado de Michoacán	30° C	"minerales"	enfermedades diversas	
Ixtapan de la Sal y "Los Salitres"	Estado de México	30-40° C	"minerales"	enfermedades diversas	
Alrededores y en Puebla	Estado de Puebla	varias tem- peraturas	sulfurosas	enfermedades diversas	
Alrededores de Atlixco y Chignahuapan	Estado de Puebla	varias tem- peraturas	sulfurosas	enfermedades diversas	
Tehuacán	Estado de Puebla	varias tem- peraturas	"minerales"	enfermedades diversas	
El Peñón	Distrito Federal	"termales"	"minerales"	enfermedades diversas	
Agua Hedionda, cerca de Cuautla	Estado de Morelos	27° C	sulfurosas	enfermedades diversas	
Atotonilco, cerca de Jonacatepec	Estado de Morelos	"termales"	(1) sulfurosas y (2) ferrugin- sas	enfermedades diversas	

enfermedades
diversas

"minerales"

"minerales"

"termales"

Estado de Morelos

Estado de Chiapas

Tepalcingo, al S de
Atctonilco

Ixtapa, cerca de
Chiapa de Corzo

INVESTIGACION

INDICE:

	Pags.
FINALIDAD Y OBJETIVOS.	37
PARTES PRINCIPALES DE LA INVESTIGACION:	37
1.- Adquisición de los conocimientos básicos y determinación de la manera de llevarlos a su aplicación práctica.	37
2.- Preparación de especialistas.	38
3.- Predicción de fenómenos volcánicos.	39
4.- Asesoramiento a la C.F.E. en la localiza- ción y aprovechamiento de la energía geo- térmica.	39
5.- Asesoramiento a dependencias oficiales que emplean materiales de origen volcá- nico en la construcción de obras públ. cas.	39
6.- Asesoramiento de los productores oficiales en la rentabilidad de los suelos.	39

I N V E S T I G A C I O N

I N D I C E :

	Pags.
FINALIDAD Y OBJETIVOS.	37
PARTES PRINCIPALES DE LA INVESTIGACION:	37
1.- Adquisición de los conocimientos básicos y determinación de la manera de llevarlos a su aplicación práctica.	37
2.- Preparación de especialistas.	38
3.- Predicción de fenómenos volcánicos.	39
4.- Asesoramiento a la C.F.E. en la localización y aprovechamiento de la energía geotérmica.	
5.- Asesoramiento a dependencias oficiales que emplean materiales de origen volcánico en la construcción de obras públicas.	39
6.- Influencia de los productos volcánicos en la fertilidad de los suelos.	40
CONVENIENCIA DE EFECTUAR ESTAS INVESTIGACIONES EN MEXICO.	40
TABLA I. (EQUIPO NECESARIO)	41

INVESTIGACION

FINALIDAD Y OBJETIVOS.

La investigación vulcanológica objeto de este proyecto está encaminada a la realización de las siguientes metas:

- 1.- Adquisición de los conocimientos básicos y determinación de la manera de llevarlos a su aplicación práctica.
- 2.- Preparación de especialistas.
- 3.- Predicción de fenómenos volcánicos.
- 4.- Asesoramiento a la Comisión Federal de Electricidad para la localización y aprovechamiento de la energía geotérmica.
- 5.- Asesoramiento a dependencias oficiales que emplean materiales de origen volcánico en obras públicas.
- 6.- Influencia de los productos volcánicos en la fertilidad de los suelos.

PARTES PRINCIPALES DE LA INVESTIGACION.

De acuerdo con los objetivos mencionados, la investigación que se propone puede subdividirse en la forma indicada a continuación:

- 1.- ADQUISICION DE LOS CONOCIMIENTOS BASICOS Y DETERMINACION DE LA MANERA DE LLEVARLOS A SU APLICACION PRACTICA.

a) Red instrumental y sitios de ubicación.

Con el objeto de investigar la dinámica de los fenómenos vol-

cánicos y además localizar sitios con potencialidad geotérmica, se instalarán 15 estaciones sismográficas de tipo Willmore a lo largo del alineamiento volcánico que atraviesa el país de noroeste a sureste como se muestra en el mapa No. 2. Los datos se concentrarán en el Instituto de Geofísica para procesarse en una máquina I.B.M. 1130.

b) Análisis de muestras de rocas y vapor.

En vista de que las erupciones volcánicas están íntimamente ligadas con la evolución magmática de una cámara subterránea es indispensable mantener una vigilancia química de los manantiales termales en el eje volcánico. Además será necesario analizar sistemáticamente los materiales de los aparatos volcánicos incluyendo los gases que emanan de ellos. Para ello se cuenta con los servicios de los laboratorios químicos, tanto de la UNAM como de la Comisión Federal de Electricidad.

2.- PREPARACION DE ESPECIALISTAS.

Se formularán programas de estudio que permitan formar especialistas completando su preparación. Además se enviarán cuatro personas a realizar estudios de postgraduado en Sismología, Sismología Volcánica, Petrología y Vulcanología Física. Se contará con asesores en las siguientes ramas:

- i) Sismología volcánica (Dr. G.R. Robson, Chief Seismic Research Unit, University of the West Indies, Trinidad

Tobago, West Indies).

ii) Dinámica volcánica y productos eruptivos. (Dr. George McDonald, University of Hawaii, Islas Hawaii, EE.UU.)

iii) Vulcanogénesis y predicción de erupciones. (Prof. I. S. Goshkov o alguno de sus asociados, Academia de Ciencias de la U.R.S.S.)

iv) Energía Geotérmica. (Dr. Raffaele Cataldi, Ente Nazionale de Electricitate, Direzioni studi e Ricerche, Roma).

3.- PREDICCIÓN DE FENÓMENOS VOLCÁNICOS.

La red de estaciones sismográficas intercomunicadas transmitirá los datos que permitan prever erupciones inminentes.

En tal caso se transmitirá una alarma a las autoridades del área amenazada para que se tomen las medidas pertinentes.

4.- ASESORAMIENTO A LA C.F.E. EN LA LOCALIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA.

Determinación de áreas potencialmente geotérmicas con base en los datos sismológicos, estudios geofísicos y análisis de vapor y rocas hechos en los laboratorios de la C.F.E. y UNAM. Investigación del régimen térmico y en general de los procesos físicos que rigen la producción de energía geotérmica.

5.- ASESORAMIENTO A DEPENDENCIAS OFICIALES QUE EMPLEAN MATERIALES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS.

Este asesoramiento consistirá en la determinación de las propiedades de los distintos materiales de origen volcánico para su uso apropiado.

6.- INFLUENCIA DE LOS PRODUCTOS VOLCANICOS EN LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS.

El asesoramiento consistirá en proporcionar datos sobre origen, concentración y características de los contaminantes volcánicos de suelos agrícolas.

CONVENIENCIA DE EFECTUAR ESTAS INVESTIGACIONES EN MEXICO.

La estructura geológica de México lo hace un país ideal para la investigación vulcanológica. Por una parte existe un amplio eje volcánico; por otra el 40% de las rocas aflorantes son volcánicas. Además los recursos geotérmicos son abundantes.

T A B L A I
EQUIPO NECESARIO

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO ESTIMADO	IMPORTE TOTAL (en dólares)	FUNCION
Sistemas sismográficos electromagnéticos de período corto con gal- vanómetro, registrador reloj, radio, para ope- ración D.C. con edifi- cios 2x3m., con aire acondicionado o deshumi- ficador según necesida- des.	15	5,000	75,000	42 43 46 46 46
Sismógrafos portátiles con radiointercomunica- ción y registro de plu- ma.	4	3,750	15,000	47 48
Computadora I.B.M. 1130 con tarjetas y memoria de 4K.	1	34,000	34,000	49
COSTO TOTAL			124,000	

F I N A N C I A M I E N T O

I N D I C E .

	Pags.
ASPECTO ADMINISTRATIVO	42
FINANCIAMIENTO	43
INFORMES	46
RESULTADOS	46
EQUIPO	46
TABLA II. (Contribución de México al Proyecto)	47
TABLA III. (Contribución del Fondo Especial de las Naciones Unidas)	48
TABLA IV. (Contribución Total al Proyecto)	49

ASPECTO ADMINISTRATIVO.

La Universidad Nacional Autónoma de México como Organismo Estatal Colaborador adaptará las medidas de tipo administrativo y reglamentario que considere conveniente para establecer una escala de salarios y condiciones de trabajo que aseguren los servicios de tiempo completo del personal especificado en el Anexo 2. Dentro del total de horas-hombre suministrado por la Universidad, podrán hacerse reajustes menores en la asignación a cada uno de los puestos si ello fuere conveniente para el proyecto.

Se utilizarán las instalaciones y laboratorios existentes en el Instituto de Geofísica de la propia Universidad, con las mejoras y adaptaciones que se juzguen necesarias.

Toda la contribución de la Universidad se hará en especie, sufragando los costos de instalaciones y material, personal, y costos diversos que se indican en la Tabla II.

La Universidad seleccionará libremente al personal nacional que participará en el proyecto. En cuanto a los asesores extranjeros su designación deberá estar sujeta a la conformidad de la Universidad, la cual participará en la formulación de los contratos correspondientes.

La Secretaría de Relaciones Exteriores colaborará en lo referente a la internación, estancia en el país y permiso de trabajo de los asesores extranjeros, los cuales deberán sujetarse a las

leyes del país y a los reglamentos internos de la Universidad.

FINANCIAMIENTO.

En la Tabla I se presenta mediante un gráfica de barras el programa propuesto para el desarrollo de la investigación. Se observa que el proyecto de la investigación completa abarcará un período de 5 años. La adquisición del equipo y la visita de los asesores extranjeros se han planeado de acuerdo con las necesidades de cada etapa del proyecto. En la gráfica de barras se presentan sombreadas aquellas fases de la investigación que se propone sean financiadas por el Fondo Especial de las Naciones Unidas.

Contribución del Fondo Especial⁺. \$4,797,500.00* US \$383.800

Contribución en especie del Go-

bierno de México. \$7,623,750.00* US \$609.900

En las tablas II, III y IV se presentan los costos estimados para cada partida correspondientes a cada año de duración de la investigación propuesta. En los anexos 1 y 2 se presentan desglosados los costos y los desembolsos anuales para cada una de las partidas que componen el proyecto.

⁺ Las aportaciones en efectivo en el Fondo Especial se depositarán en la Tesorería de la Universidad de donde serán retiradas por la administración del Proyecto conforme lo requiera éste.

* Pesos Mexicanos.

Dentro de los lineamientos generales del proyecto se podrán hacer los ajustes menores en las asignaciones de becas que se juzguen convenientes.

La Universidad nombrará Director del Proyecto al Director del Instituto de Geofísica, el cual será responsable de los programas de trabajo y de la dirección del personal nacional y de los asesores extranjeros empleados en el proyecto. La labor de éstos aparece desglosada en el Anexo 3.

La Universidad proporcionará un Administrador del Proyecto quien será responsable ante el Director y entre cuyas obligaciones estarán las de llevar la contabilidad del proyecto, registro de almacenes, libros de caja y nóminas de pago.

Para orientar y evaluar el proyecto, se establecerá un consejo coordinador compuesto de los siguientes miembros.

- 1) El Rector de la Universidad en calidad de Presidente.
- 2) El Secretario General de la Universidad que fungirá como Secretario del Consejo.
- 3) El Coordinador de Ciencias.
- 4) El Director de Programas del Fondo Especial de las Naciones Unidas en México.
- 5) Un representante de la Comisión Federal de Electricidad.
- 6) Un representante de la Secretario de Relaciones Exteriores.
- 7) Un representante de la Secretaría de Hacienda y Crédito

Público, y

8) El Director del proyecto.

El Consejo Coordinador se reunirá cuantas veces sea necesario, antes del comienzo de las operaciones y al menos cada 6 meses, durante el tiempo de duración del proyecto con el fin de conocer el estado del mismo y sujetar las medidas de coordinación requeridas, para realizar los objetivos del proyecto.

Las sugerencias del Consejo tendrán un carácter orientador, pero las decisiones corresponden a la Universidad por conducto del Instituto de Geofísica. Las labores del Consejo se desarrollarán sin detrimento de la autonomía de la Universidad y de la autoridad que la Universidad tiene sobre el Instituto de Geofísica.

En caso de que alguno o algunos de los expertos sugeridos en esta propuesta, no pueda efectuar la asesoría encomendada, se someterá al Instituto de Geofísica el nombre o los nombres de los candidatos propuestos en su lugar para que éste decida si son aceptables para el proyecto. Los casos de diferencia de opinión entre el personal, incluyendo los asesores extranjeros, respecto al desarrollo del proyecto, deberán de someterse a la consideración de la Universidad, la cual por conducto del director del proyecto, decidirá lo que juzgue conveniente y a su decisión deberá ajustarse el personal.

INFORMES.

El Gobierno, la Universidad y el Fondo Especial, intercambiarán informes periódicamente a intervalos establecidos de común acuerdo. Los intercambios de información con otros organismos durante el desarrollo del proyecto, deberán ser canalizados a través de la Universidad.

El proyecto será examinado periódicamente por el Fondo Especial. Toda desviación considerable con respecto a los objetivos establecidos requerirá una cuidadosa evaluación por las tres partes interesadas en el proyecto a fin de determinar el futuro curso de acción.

RESULTADOS.

Los resultados obtenidos durante el período de duración del proyecto pertenecerán de manera solidaria al Gobierno, al Fondo Especial y a la Universidad, quienes deberán publicarlos libres e independientemente según sus intereses.;

EQUIPO.

El gobierno facilitará la introducción sin pago de impuestos del equipo utilizado en el proyecto. El equipo será propiedad de la Universidad y durante el desarrollo del programa se destinará exclusivamente para este fin. A la terminación del programa la Universidad podrá disponer libremente de este equipo.

TABLA II

CONTRIBUCION DE MEXICO AL PROYECTO

	1er.AÑO	2o.AÑO	3er.AÑO	4o.AÑO	5o.AÑO	TOTAL
INSTALACIONES Y MATERIAL	40,000*					40,000
PERSONAL	81,800	90,400	100,200	105,000	105,000	
DIVERSOS	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	87,500
TOTAL	139,300	107,900	117,700	122,500	122,500	609,900

* Se incluyen instalaciones ya existentes en el Instituto de Geofísica.

TABLA III

CONTRIBUCION DEL FONDO ESPECIAL DE LAS NACIONES UNIDAS.

	1er.AÑO	2o.AÑO	3er.AÑO	4o.AÑO	5o.AÑO	TOTAL
EXPERTOS	42,000	63,000	63,000	42,000	21,000	231,000
BECAS	14,400	14,400	88,000	42,000	21,000	28,800
EQUIPO	74,000	25,000	25,000	164,500	143,300	124,000
TOTAL	130,400	102,400	88,000	42,000	21,000	383,800

TABLA IV

CONTRIBUCION TOTAL AL PROYECTO

	1er.AÑO	2o.AÑO	3er.AÑO	4o.AÑO	5o.AÑO	TOTAL
MEXICO	139,300	107,900	117,700	122,500	122,500	609,900
FONDO ESPECIAL	130,400	102,400	88,000	42,000	21,000	383,800
TOTAL	269,700	210,300	205,700	164,500	143,500	993,700

Anexo 1. Contribución del Fondo Especial de las Naciones Unidas.	50
Anexo 2. Contribución del Gobierno de México.	52
Anexo 3. Descripción de las Funciones de los Expertos Extranjeros.	54
Anexo 4. Continuación y Consecuencias de la Investigación.	55
Anexo 5. Historia del Instituto de Geofísica.	56
Anexo 6. Actividades Recientes del Instituto de Geofísica, U.N.A.M.	62

CONCEPTO

PERSONAS

COSTO ESTIMADO EN DOLARES U.S.A.

meses hombre A N E X O S

I.- EXPERTOS

I N D I C E :

						Pags.
1.- Asesor en Sismología Volcánica.	50	105,000	21,000	21,000	21,000	21,000
Anexo 1. Contribución del Fondo Especial de las Naciones Unidas.						50
Anexo 2. Contribución del Gobierno de México.						52
Anexo 3. Descripción de las Funciones de los Expertos Extranjeros.						54
Anexo 4. Continuación y Consecuencias de la Investigación.						55
Anexo 5. Historia del Instituto de Geofísica.						56
Anexo 6. Actividades Recientes del Instituto de Geofísica, U.N.A.M.						62

II. DEMAS

1.- Especialización en Cal. Tech.	24	7,200	3,600	3,600		
1.- Vulcanología en Hawaii.	24	7,200	3,600	3,600		
1.- Vulcanología en Observatorio Vulcanológico del C.N.A.	24	7,200	3,600	3,600		
4.- Especialización en Sismología Volcánica U.N.A.M.	24	7,200	3,600	3,600		
	88	28,800	14,400	14,400	0.00	0.00

ANEXO I

CONTRIBUCION DEL FONDO ESPECIAL DE LAS NACIONES UNIDAS.

CONCEPTO	PERIODO meses hombre	COSTO ESTIMADO EN EFECTIVO (DLS.)					
		TOTAL	1er.AÑO	2o.AÑO	3er.AÑO	4o.AÑO	5o.AÑO
I.- EXPERTOS							
1.- Asesor en Sismología Volcánica.	60	105,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
2.- Asesor en Dinámica Volcánica y productos eruptivos.	24	42,000		21,000	21,000	0.00	0.00
3.- Asesor en Vulcanogénesis y predicción de erupciones.	24	42,000	21,000	21,000			
4.- Asesor en Energía Geotérmica.	24	42,000		21,000	21,000		
	<u>132</u>	<u>231,000</u>	<u>42,000</u>	<u>63,000</u>	<u>63,000</u>	<u>42,000</u>	<u>21,000</u>
II BECAS							
1.- Especialización en Cal.Tech.	24	7,200	3,600	3,600			
2.- Vulcanología en Hawaii.	24	7,200	3,600	3,600			
3.- Vulcanología en Observatorio Vulcanológico del Etna.	24	7,200	3,600	3,600			
4.- Especialización en Sismología Volcánica University of West Indies.	<u>24</u>	<u>7,200</u>	<u>3,600</u>	<u>3,600</u>			
	96	28,800	14,400	14,400	0.00	0.00	0.00

CONCEPTO	PERIODO meses hombre	COSTO ESTIMADO EN EFECTIVO (DLS.)				
		TOTAL	1er.AÑO	2o.AÑO	3er.AÑO	4o.AÑO
III.- EQUIPO						
1.- Sismógrafos fijos.		75,000	25,000	25,000	25,000	
2.- Sismógrafos portátiles.		15,000	15,000			
3.- Computadora IBM 1130 con tarjetas y memoria 4K.		34,000	34,000			
TOTAL DEL FONDO ESPECIAL DE LAS NACIONES UNIDAS.		124,000	74,000	25,000	25,000	0.00
IV.- CONTRIBUCION						
TOTAL DEL FONDO ESPECIAL DE LAS NACIONES UNIDAS.		383,800	130,400	102,400	88,000	42,000
Técnicos	360	72,000	9,600	9,600	14,400	19,200
Operadores de los sismógrafos.	720	50,000	5,000	10,000	15,000	15,000
Secretarías para investigación y asistencia administrativa.	108	10,800	2,200	2,200	3,300	3,300
TOTAL	1,248	487,400	111,900	100,000	100,000	100,000

ANEXO 2

CONTRIBUCION DEL GOBIERNO DE MEXICO.

CONCEPTO	PERIODO	COSTO ESTIMADO EN EFECTIVO (DLS.)					
	meses hombre	TOTAL	1er.AÑO	2o.AÑO	3er.AÑO	4o.AÑO	5o.AÑO
I.- <u>INSTALACIONES Y MATERIAL</u>							
Oficina y Locales.		40,000	40,000				
		<u>40,000</u>	<u>40,000</u>				
II.- <u>PERSONAL</u>							
Investigadores Titulares con sueldo y compensación.	240	200,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Investigadores Adjuntos con sueldo y compensación.	240	100,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Técnicos	360	72,000	9,600	9,600	14,400	19,200	19,200
Operadores de los sismógrafos.	720	60,000	5,000	10,000	15,000	15,000	15,000
Secretarias para investigadores y servicios administrativos.	<u>168</u>	<u>50,400</u>	<u>7,200</u>	<u>10,800</u>	<u>10,800</u>	<u>10,800</u>	<u>10,800</u>
	1,728	482,400	81,800	90,400	100,200	105,000	105,000

CONCEPTO	PERIODO meses hombre	COSTO ESTIMADO EN EFECTIVO (DLS.)					
		TOTAL	1er.AÑO	2o.AÑO	3er.AÑO	4o.AÑO	5o.AÑO
III.- DIVERSOS							
Mantenimiento de Equipo.		15,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Gastos Menores		20,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Inspección de estaciones.		25,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Material para investigación y refacciones.		27,500	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500
Libros, publicaciones y sobretiros.		6,000	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
		87,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500
IV.- CONTRIBUCION							
TOTAL DEL GOBIERNO DE MEXICO.		609,900	139,300	107,900	117,700	122,500	122,500

ANEXO 3.

Descripción de las funciones de los expertos extranjeros.

- Dr. J. Robson: Planeará la localización de las estaciones que integrarán la red volcanosismológica de México. Supervisará la oficina que procesa los datos sísmológicos. Su estancia en México será permanente durante 5 años.
- Impartirá 1 clase formalmente en el Instituto de Geofísica. Programará mediciones geofísicas en las zonas geotérmicas.
- Dr. Goshkoff,
o asociado Colaborará con el Dr. J. Robson. Impartirá 1 clase semanalmente sobre temas vulcanológicos en el Instituto de Geofísica. Su estancia en México será de 2 años. Durante los períodos de clases.
- Dr. G. McDonald Colaborará con los Drs. Robson y Goshkoff o Asociado, impartirá una clase semanalmente sobre Vulcanología en el Instituto de Geofísica. Su estancia en México será de 2 años durante los períodos de clases.
- Dr. R. Cataldi Colaborará con los Drs. Robson y MacDonald; impartirá 1 clase por semana sobre la explotación de energía geotérmica durante los períodos de clase en los 2 años que resida en México.

ANEXO 4.

CONTINUACION Y CONSECUENCIAS DE LA INVESTIGACION.

CONTINUACION DE LA INVESTIGACION.

La red sismográfica así como el departamento de vulcanología física que se organizará dentro del Instituto de Geofísica durante la realización del proyecto, continuarán funcionando indefinidamente a la terminación del proyecto y del acervo de información que se obtenga con la red de instrumentos establecidos; se obtendrán conclusiones relativas a la dinámica del sistema de volcanes, objeto del estudio así como también datos que auxilien en la localización de los yacimientos geotérmicos.

Las investigaciones realizadas se irán ampliando conforme surja la necesidad de hacerlo.

CONSECUENCIAS DE LA INVESTIGACION.

Como consecuencia de la investigación, objeto de esta propuesta, probablemente se pueda llegar a conclusiones que permitan predecir la ocurrencia de erupciones volcánicas. Además se harán contribuciones tendientes a desarrollar las técnicas de prospección geotérmica.

ANEXO 5.

HISTORIA DEL INSTITUTO DE GEOFISICA.

Antecedentes. Desde la segunda mitad del Siglo XVIII se llevaron a cabo aisladamente trabajos de campo y gabinete en el territorio mexicano que podrían calificarse ahora como geofísicas. Por ejemplo, se hicieron una triangulación en el Valle de México por los matemáticos Velázquez Cárdenas y León y León y Gama y observaciones vulcanológicas y glaciológicas en la Sierra Nevada (Volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl) por el Pbro. Alzate. En algunos puertos, especialmente en el Apostadero Naval de San Blas, Acapulco y Veracruz, se hicieron medidas de la declinación e inclinación magnéticas, observaciones solares y otras que afectaban la navegación y en general el manejo de las embarcaciones.

El viaje de Humboldt a México, entre Febrero de 1803 y Marzo de 1804, dió oportunidad para hacer mediciones y estudios geofísicos, particularmente de carácter geodésico, vulcanológico y magnético, cuyos datos usó posteriormente en sus obras sobre la América Equinoccial. Desde esos años hasta más o menos 1860, la situación de los estudios geofísicos varió muy poco aunque se hicieron investigaciones de tipo distinto en el pequeño observatorio que existió en el Colegio de Minería, en la ciudad de México y en otra institución similar, en la ciudad de Guanajuato. Durante la Invasión Francesa, entre 1862 y 1867, la Commission

Scientifique du Mexico, con métodos más avanzados y mejor instrumental, realizó varios trabajos geológicos y geofísicos y nuevas observaciones en los puntos que tocaron las fuerzas extranjeras, especialmente en el centro y en el norte de México.

En 1877 se crearon dos instituciones, el Observatorio Meteorológico y Magnético Central y la Comisión Geográfico-Exploradora, cada una de las cuales llevó a cabo importantes trabajos en sus especialidades. En 1886 se estableció la Comisión Geológica de México, pronto convertida en Instituto Geológico de México, al cual después de modificaciones introducidas en la organización y actividades de las anteriores instituciones, se encargaron ciertas investigaciones geofísicas. Sin embargo, en otros aspectos, otras dependencias oficiales (como fué el caso de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas) continuaron haciendo operaciones e investigaciones geofísicas en sus respectivos campos de actividades.

El Lapso 1900-1949. En la primera década de la presente centuria, después de intentos variados o de transferirle servicios geofísicos de carácter oficial, el Instituto Geológico de México tenía (antes de 1910), los siguientes programas: a) una red sismológica equipada con instrumental europeo y cuyos registros de sismos y fenómenos asociados se publicaron en los Parergones del Instituto Geológico de México, b) el Observatorio Magnético de

Teoloyucan, al norte de la ciudad de México, cuando el Observatorio Meteorológico fué trasladado a otro sitio y c) oficinas y laboratorios dedicados a estudios geoquímicos y geohidrológicos variados. Había nacido la Comisión Geodésica Mexicana que se fusionó en 1916 con la Comisión Geográfico-Exploradora y otras dependencias para construir la Dirección General de Estudios Geográficos y Climatológicos (ahora Dirección General de Geografía y Meteorología de la Secretaría de Agricultura y Ganadería). La Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, a través de la Dirección General de Faros, realizaba estudios hidrográficos para la iluminación y balizamiento de costas y la Dirección General de Pesca de la Secretaría de Industria y Comercio otros de incipiente carácter oceanográfico.

Después de 1920 se introdujeron en México varios instrumentos geofísicos, como la balanza de torsión de Eötvös para estudios gravimétricos, aunque ya la Dirección General de Estudios Geográficos y Climatológicos había usado un péndulo de cuarzo del modelo U.S. Coast and Geodetic Survey. Las ex-compañías petroleras emplearon otros instrumentos geofísicos en sus exploraciones, especialmente en el área de Poza Rica y Laguna de Tamiahua, en el Estado de Veracruz, donde se aplicaron métodos de sismología de explosión para el estudio de estructuras en el subsuelo. Las investigaciones geohidrológicas fueron impulsadas por el Instituto

Geológico de México y además, las aguas oceánicas próximas al territorio mexicano comenzaron a estudiarse mejor desde el punto de vista oceanográfico por diversas instituciones nacionales y extranjeras.

Al realizarse la autonomía universitaria en 1929, el Instituto Geológico de México y la Dirección de Estudios Biológicos de la Secretaría de Agricultura pasaron a depender de la Universidad Nacional de México, con los nombres de Institutos de Geología y de Biología, respectivamente, manteniéndose los programas geofísicos que ya existían. En el mismo año se creó el Instituto Panamericano de Geografía e Historia, cuyo director era el Ing. Pedro C. Sánchez, quien favoreció el desarrollo de estudios geofísicos dentro y fuera de México, especialmente geodésicos, magnéticos, sismológicos y vulcanológicos. También se llevaron a cabo por esa época algunas expediciones oceanográficas en barcos mexicanos, por ejemplo, el "Tecate" en aguas cercanas a la Península de Baja California, con lo cual se esbozaba ya la necesidad de impulsar más directamente los estudios geofísicos en México.

El Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. En 1949, el Ing. Ricardo Monges López, Director del Instituto de Geología de la U.N.A.M., logró autorización para crear el Instituto de Geofísica, con base en algunos departamentos ya existentes y adicionando otros nuevos, para atender e impulsar las necesidades de investi-

gación en diversas disciplinas: gravimetría, magnetometría, sismología, radiación cósmica, etc. En 1954 se creó en la U.N.A.M., con la cooperación de la UNESCO, el Instituto de Ciencia Aplicada para impulsar estudios de diversa índole, entre ellos de actividad solar, meteorología y física de la atmósfera, geohidrología y conexos, cuyos departamentos pasaron al Instituto de Geofísica al suprimirse aquella dependencia. Ya se habían sistematizado las observaciones mareográficas y posteriormente se crearon secciones de geoquímica, geodesia y espacio exterior, con lo cual el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., llegó a cubrir prácticamente todas las especialidades que se incluyen en programas de esa naturaleza.

Por otra parte, el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., ha celebrado convenios con otras instituciones similares del país y del extranjero para llevar a cabo estudios geofísicos, ampliándose así su área de acción, por ejemplo, los programas gravimétricos en el Istmo Centro-Americano en colaboración con las Universidades de Wisconsin y Hawaii, el Servicio Geodésico Inter-Americano y las dependencias cartográficas nacionales. Miembros del personal del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., han participado en numerosas reuniones internacionales, especialmente las Asambleas Generales de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, la Comisión para Investigaciones del Espacio Exterior (COSPAR), etc. y forman parte de Comités y Grupos nacionales e internacionales. En 1961,

después de crearse la Unión Geofísica Mexicana bajo sus auspicios, se inició la publicación de Geofísica Internacional, que junto con los Anales del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., las Monografías del Instituto de Geofísica y otras publicaciones, constituyen el acervo de difusión de sus investigadores y técnicos.

Han sido directores del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. el Ing. Ricardo Monges López y el Dr. Julián Adem y lo es actualmente el Dr. Ismael Herrera. Pueden mencionarse también los programas y departamentos que integran el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.: Espacio Exterior, Meteorología, Geomagnetismo, Geodesia, Gravimetría, Sismología, Geohidrología, Oceanografía, Geofísica Aplicada, Geoquímica y Geocronología, Química Atmosférica y Radiación Solar y los Laboratorios de Electrónica y Mantenimiento y Reparación de Instrumentos. Existen la Biblioteca y Hemeroteca y otros servicios administrativos y técnicos, todos ellos alojados en tres pisos de la Torre de Ciencias y un edificio anexo en la Ciudad Universitaria, así como estaciones sismológicas, mareográficas y magnéticas y el Observatorio Magnético de Teoloyucan.

ANEXO 6.

ACTIVIDADES RECIENTES DEL INSTITUTO DE GEOFISICA, U.N.A.M.

A partir del Año Geofísico Internacional 1957-1958 y de la Cooperación Geofísica Internacional 1959, los programas científicos y técnicos del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., han sido ampliamente estimulados y diversificados. Los resultados que se obtuvieron durante aquellos eventos se dieron a conocer en la Monografía del Instituto de Geofísica Núm. 3, publicada en 1962, con datos sobre Actividad Solar, Observaciones Ionosféricas, Circulación Atmosférica, Radiación Solar, Observaciones Oceanográficas, Glaciología, Longitudes y Latitudes y Actividad Sísmica en territorio mexicano y aguas oceánicas próximas. Como una extensión de aquellos programas, la Unión Geodésica y Geofísica Internacional ha puesto en marcha el Programa Internacional del Manto Superior, la Prospección Magnética Mundial y los años Internacionales del Sol Quieto y la UNESCO el Decenio Hidrológico Internacional, en todos los cuales también participa el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

Dentro del país se atienden ciertos Servicios Nacionales: Mareas, por contrato con la Secretaría de Marina, Magnetismo Terrestre y Sismos a través de los Departamentos de Oceanografía, Geomagnetismo y Sismología. Los resultados de estos programas

nacionales, se dan a conocer a través de Apéndices especiales de los Anales del Instituto de Geofísica, U.N.A.M., y de boletines mensuales y semestrales mimeografiados dentro y fuera del país. En total, se mantienen 19 estaciones mareográficas, el Observatorio Magnético de Teoloyucan y 60 estaciones magnéticas y 12 estaciones sismológicas, lo que demanda un gran esfuerzo y gasto de parte de la institución.

A partir de 1962 se cuenta con los Departamentos de Espacio Exterior, Meteorología, Geomagnetismo, Geodesia, Gravimetría, Sismología e Ingeniería Antisísmica, Geohidrología, Oceanografía y Geofísica Aplicada y los Laboratorios de Geoquímica y Geocronología, Química Atmosférica, Radiación Solar, Electrónica y Mantenimiento y Reparación de Instrumental. Además, se dispone de la Biblioteca y Hemeroteca y otros servicios técnicos y administrativos para la atención de las necesidades institucionales. Las publicaciones son: Anales del Instituto de Geofísica, U.N.A.M., con Apéndices (Tablas de Predicción de Mareas, Valores Magnéticos de la República Mexicana, Geodesia y Gravimetría, Atmósfera y Espacio Exterior y Memoria Anual del Decenio Hidrológico Internacional), así como los "Boletines Sismológicos" (mensuales y semestrales).

En colaboración con organizaciones nacionales y extranjeras, entre ellas la Comisión Nacional del Espacio Exterior de México,

los Años Internacionales del Sol Quieto y otras, el Departamento de Espacio Exterior, realiza investigaciones sobre su régimen electromagnético, relaciones solar-terrestres y participa en congresos y reuniones nacionales e internacionales. Igualmente el Departamento de Meteorología auspició la celebración de la III Conferencia Técnica sobre Huracanes y Meteorología Tropical en colaboración con la American Meteorological Society y la American Geophysical Union, en la ciudad de México en Junio de 1963 y lleva a cabo investigaciones sobre circulación atmosférica y problemas conexos. En el Departamento de Geomagnetismo se trabaja sobre la definición del Ecuador Geomagnético y se lleva el registro de las componentes geomagnéticas (intensidades, anomalías, etc.) , publicándose anualmente los resultados para los valores magnéticos y quinquenalmente las "Cartas de Declinación Magnética para la República Mexicana".

El Departamento de Geodesia ha determinado las coordenadas del nuevo poste astronómico en el ex-Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya y referenciado otro punto similar en Acapulco y se han comparado las dos triangulaciones geodésicas en México, ejecutándose también otras operaciones de campo y gabinete para fines especiales. En el Departamento de Gravimetría se mantiene permanentemente un programa nacional de mediciones de la gravedad en aeropuertos y puertos marítimos, se llevan a

cabo otras determinaciones para el programa Internacional del Manto Superior en el territorio mexicano y se colabora con las dependencias cartográficas nacionales en América Central y el Servicio Geodésico Inter-Americano desde 1958. En el Departamento de Sismología e Ingeniería Antisísmica se realizan estudios de carácter teórico sobre mecanismos sísmicos y se lleva el registro de temblores y fenómenos asociados en territorio mexicano, colaborándose con el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., en otros programas especiales.

El Departamento de Geohidrología, ha elaborado estudios sobre aguas radioactivas y cartografía geohidrológica y atiende el Programa del Decenio Hidrológico Internacional a petición del Gobierno Mexicano. El Departamento de Oceanografía opera las estaciones mareográficas, investiga diversos problemas del régimen oceánico y publica anualmente las "Tablas de Predicción de Mareas" para el año siguiente. El Departamento de Geofísica Aplicada tiene un programa especial de exploración geoelectrica con fines prácticos, usando un equipo cedido por el Banco de México.

El Laboratorio de Geoquímica y Geocronología ha investigado acuíferos en el subsuelo con isótopos trazadores, y otros problemas y llevado a cabo investigaciones geoquímicas diversas. El Laboratorio de Química Atmosférica, en colaboración con el Departamento de Espacio Exterior, está midiendo las variaciones del

ozono a diversas alturas, pero tiene también un programa de estudio de contaminación atmosférica y radioactividad. El Laboratorio de Radiación Solar viene estudiando su régimen y efectos en ciertas áreas de México en tanto que el Laboratorio de Electrónica y mantenimiento y reparación de instrumental atiende las necesidades del Instituto de Geofísica en tales aspectos.

Bajo los auspicios del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., se creó en Noviembre de 1960 la Unión Geofísica Mexicana para estimular investigaciones nacionales e internacionales y dar a conocer sus resultados en el órgano científico y técnico bilingüe Geofísica Internacional, del cual han aparecido ya seis volúmenes, además del Boletín de la Unión Geofísica Mexicana para fines informativos. En colaboración con el Instituto de Geofísica, la Unión Geofísica Mexicana ha celebrado cuatro Reuniones Anuales en diversas ciudades del país, una de ellas de carácter internacional ya mencionada anteriormente y se prepara la quinta Reunión Anual para fines de 1966 o principios de 1967. Finalmente, el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., en los últimos años, ha enviado delegaciones y representantes a la XIII Asamblea General de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (Berkeley, Calif., 1963), Reunión de COSPAR (Buenos Aires, 1964), 46a. Reunión Anual de la American Geophysical Union (Washington, D.C., 1965), II Congreso Oceanográfico Internacional (Moscú, 1966) y otras.