

INTRODUCCION

SITUACION Y ACCESO

La región descrita en el presente informe está situada en la parte sur-central de México quedando limitada por las coordenadas geográficas de $98^{\circ} 45'$ a $99^{\circ} 39'$ de longitud oeste y de $18^{\circ} 18'$ a $19^{\circ} 08'$ de latitud norte (véanse figs. 1 y 2). Su límite septentrional queda apenas 33 km. al sur del corazón de la Ciudad de México, capital de la República, y su límite austral se halla 95 km. más al sur. La anchura máxima de oriente a poniente es de 94 km. El terreno cartografiado tiene contornos irregulares y cubre sólo la mitad del área limitada por las coordenadas arriba citadas. Mide aproximadamente 4,150 km. cuadrados, de los cuales 3,200 km. cuadrados pertenecen al Estado de Morelos y el resto a los Estados de México y Guerrero. Casi dos tercios del Estado de Morelos, que es el penúltimo de los Estados de la República en orden decreciente de magnitud, están representados en el mapa geológico; el tercio restante corresponde a la parte suroriental del Estado donde el acceso era difícil y las fotografías aéreas disponibles no cubrían todo el terreno o no eran apropiadas para un estudio detallado, en la época en que se llevó a cabo el trabajo de campo. El autor efectuó recorridos de reconocimiento y levantamientos detallados en otras comarcas distantes hasta un máximo de 40 km. más allá de los límites del mapa geológico (lám. 1). En lugares apropiados del texto se mencionarán algunos de los puntos y localidades más alejados.

Tres carreteras pavimentadas se dirigen hacia el sur desde la cuenca de México (fig. 2) para atravesar la región cartografiada. Dos de ellas corren paralelas entre sí desde la Ciudad de México a Cuernavaca; una es la carretera federal y la otra una autopista de cuatro carriles dividida en el centro por un camellón; la tercera se dirige de México a Amecameca y a Cuautla. Desde la latitud de Cuernavaca-Cuautla, se extiende hacia el sur una red de seis carreteras asfaltadas hasta la latitud del río Amacuzac, donde convergen para formar dos carreteras asfaltadas que se dirigen también al sur hacia Iguala. En el Estado de Morelos dos de las carreteras corren paralelas entre Cuernavaca y Amacuzac; la occidental pertenece al gobierno federal y la oriental es un camino de peaje. Las dos carreteras que desde Amacuzac se dirigen hacia el

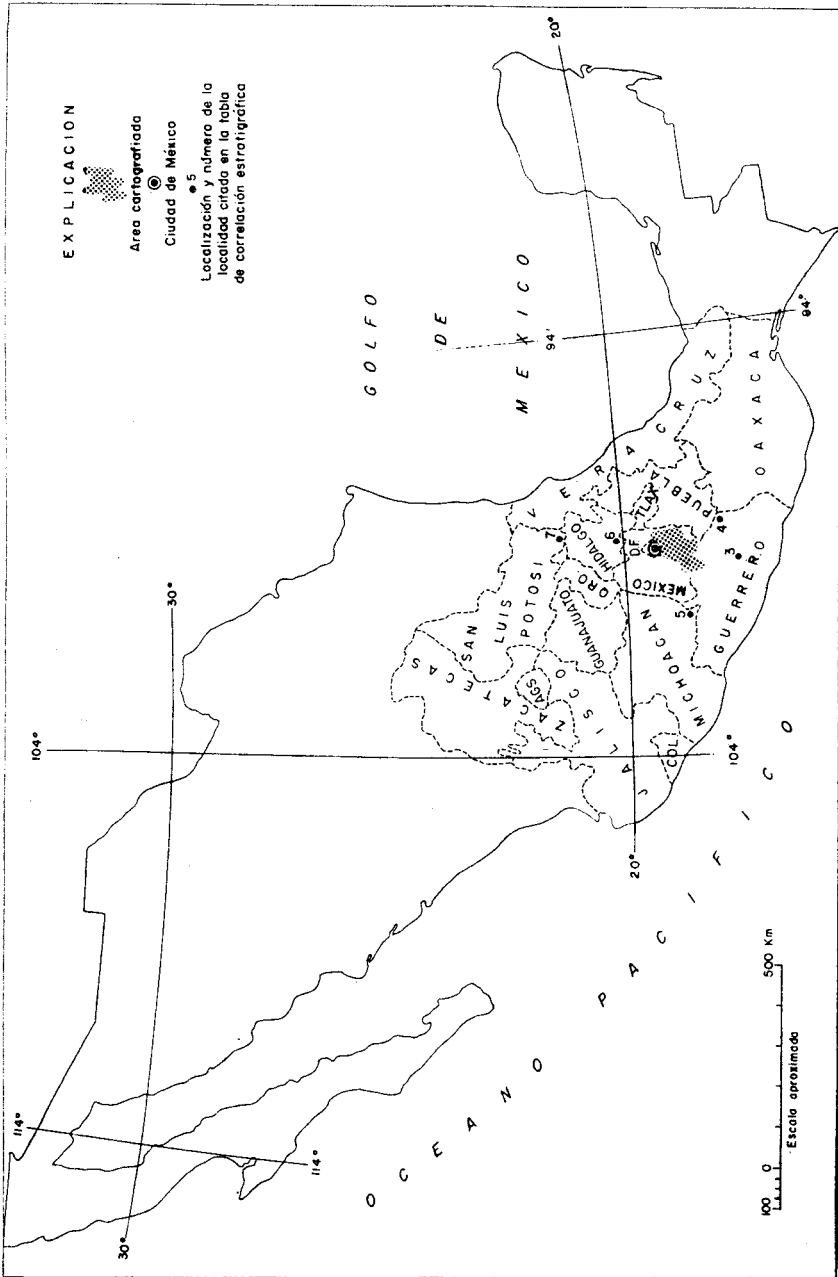


Fig. 1. Mapa-índice que muestra la localización del área cartografiada y de otros sitios mencionados en el texto, con relación a los Estados del centro de México.

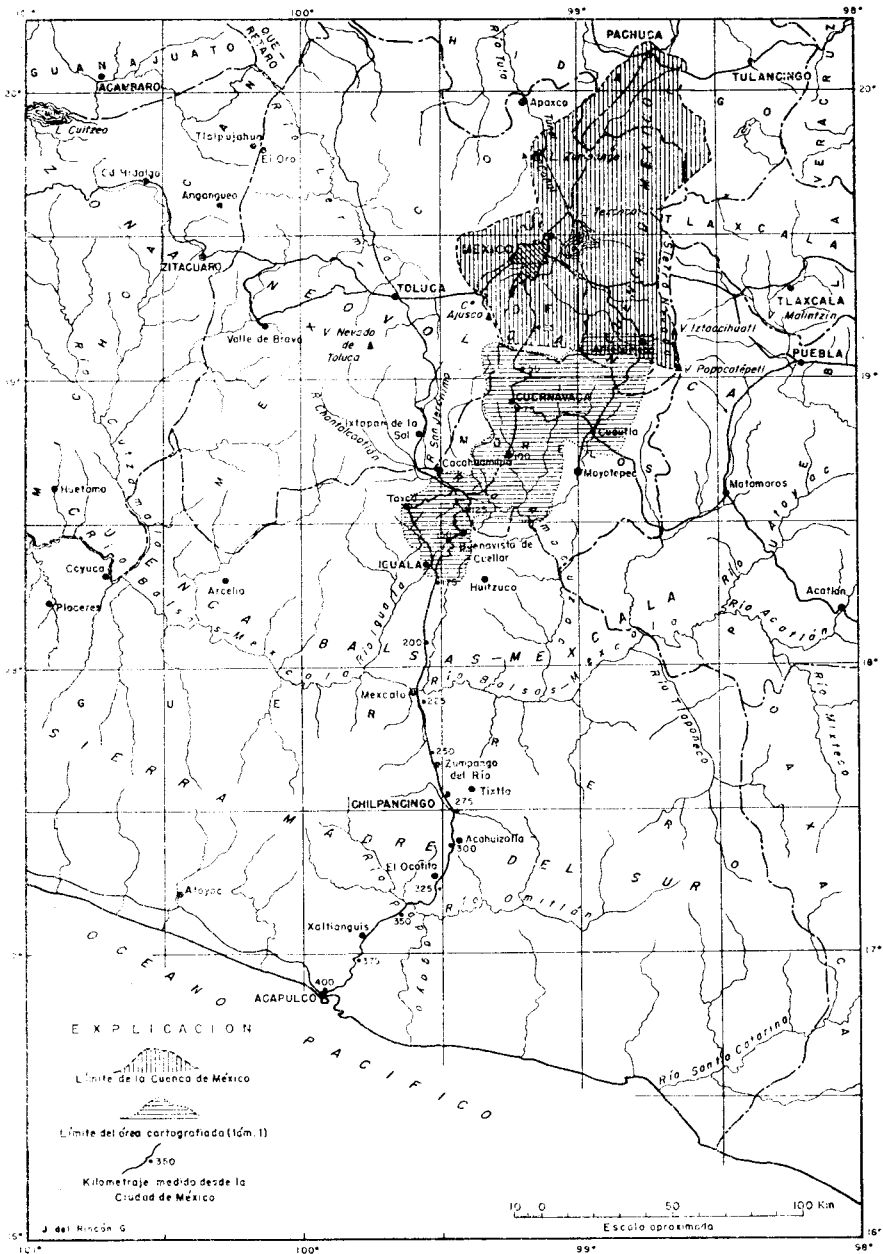


Fig. 2. Mapa-índice de la región entre Pachuca, Hidalgo y Acapulco, Guerrero.

sur son un camino federal que pasa por Taxco y un camino de peaje que va directamente a un punto situado 3 km. al oriente de Iguala. En este lugar las dos se juntan y continúan hacia el sur formando un solo camino federal bastante ancho, hasta Acapulco en la costa del Océano Pacífico. Varias carreteras pavimentadas intercomunican el sistema norte-sur en el Estado de Morelos, pero sólo una se dirige hacia el oriente de la región cartografiada, comenzando en Cuautla, y sólo una va hacia el poniente partiendo de Cacahuamilpa. Además de las carreteras asfaltadas mencionadas, muchos caminos de tierra y brechas transitables por jeep penetran en otras partes de la región. Pocos puntos quedan más alejados que 5 km. de algún camino, con excepción del área entre Buenavista de Cuéllar y Taxco, que mide unos 22 km. de ancho y no es accesible sino a pie o a caballo.

Dos líneas férreas atraviesan la región. Una, de vía angosta, va de la Ciudad de México a Amecameca y Cuautla, donde continúa al oriente para entrar en el Estado de Puebla. Un ramal de la misma se dirige a Yautepec, Tlaltizapán, Zacatepec y Puente de Ixtla. La otra, de vía normal, va de México a Tres Cumbres y Cuernavaca, de donde continúa hacia el sur pasando por Puente de Ixtla hasta Iguala y de allí a la Estación Balsas sobre el río Balsas, donde termina.

POBLACIONES Y ACTIVIDAD ECONOMICA

El Estado de Morelos tiene un área total de 4,964 km. cuadrados y una población aproximada de 300,000 habitantes, que representa una densidad de 60 por kilómetro cuadrado. Cuernavaca, capital del Estado, probablemente tiene más que 35,000 habitantes y Cuautla, la segunda ciudad, cuenta con más de 10,000 habitantes. Otras ciudades importantes con varios miles de habitantes, cada una, son Zacatepec, Jojutla, Yautepec, Tepoztlán, Miacatlán, Cocoyoc, Puente de Ixtla, Tlaquiltenango y Tlaltizapán. La parte del Estado de Guerrero que está incluida en la región cartografiada tiene sólo tres ciudades con población de varios miles de habitantes; son Iguala, con unos 20,000, así como Taxco y Buenavista de Cuéllar con unos cuantos miles cada una.

La actividad principal de la región es la agricultura, seguida en importancia por la minería. La caña de azúcar se cultiva en gran escala y se convierte en azúcar principalmente en los ingenios de Zacatepec, Oacalco, Casasano y Cuautla. Otros productos importantes son arroz, maíz, frijol, jitomate, melón, chile, frutas tropicales, legumbres y miel de abeja. Entre los recursos animales

pueden citarse el ganado vacuno, lanar, cabrío y porcino, así como aves domésticas. Se obtiene madera en pequeña escala en los montes, en la sierra alta situada en el borde septentrional de la región cartografiada. Una planta de cemento Portland se encuentra sobre el ferrocarril un poco al norte de Xiu-tepec y hay grandes hornos de cal al sur de esa población, que producen cal hidráulica. La extracción de minerales metálicos está limitada al distrito de Taxco y a la zona que se extiende hacia el oriente de Taxco. Se extraen minerales no-metálicos y piedra de construcción en canteras situadas en varios lugares.

La industria turística es de considerable importancia para la vida económica de la región y probablemente son mayores los ingresos debidos a turistas nacionales que salen de la Ciudad de México los fines de semana, para dirigirse a los lagos, manantiales, ríos y grutas de la región, que los que dejan los turistas extranjeros. Son sitios favorecidos los manantiales de Cuautla, Oaxtepec, Las Estacas, Tehuixtla, Tlaltizapán; Palo Bolero y Puente Quebrado; otros puntos de interés son las lagunas de Zempoala, el lago de Tequesquitengo, las grutas de Cacahuamilpa, el salto de San Antón y las ruinas arqueológicas de Xochicalco, Teopanzolco y Tepoztlán, así como las pintorescas poblaciones de Cuernavaca, Taxco y Tepoztlán. Las artes y oficios representan otra fuente de ingresos, pudiendo citarse en especial la orfebrería, tejidos, bordados y cestería.

OBJETIVOS DEL PRESENTE ESTUDIO

Los objetivos propuestos al emprender el presente estudio fueron múltiples, entre los que se pueden citar: (1) definir y cartografiar las unidades litológicas de una región colindante con el límite sur de la cuenca de México, que anteriormente no había sido objeto de levantamiento geológico; (2) conocer los tipos de accidentes tectónicos que afectaron dichas unidades; (3) obtener datos más exactos sobre el origen e historia de la cuenca endorreica en que está situada la Ciudad de México; (4) establecer las relaciones entre la estructura de las rocas preterciarias y la zona de volcanismo basáltico del Cenozoico tardío que atraviesa México de poniente a oriente cerca del paralelo de 19° y que forma el límite septentrional del mapa; (5) averiguar las relaciones generales entre las unidades litológicas, la evolución tectónica y los yacimientos minerales de la región y (6) conocer en términos generales la paleogeografía de la región en los tiempos cretácicos, basada en cambios de facies y de espesores de las rocas cretácicas.

Otro incentivo para llevar a cabo este estudio fue el deseo de preparar una de las excursiones geológicas proyectadas bajo los auspicios del XX° Congreso Geológico Internacional que se había de celebrar en México durante los meses de agosto y septiembre de 1956. Otro factor aún fue el deseo de tener un área estudiada con cierto detalle y cartografiada geológicamente, próxima a la Ciudad de México, en la que hubiese amplia variedad de rocas y estructuras, así como otros rasgos geológicos, apropiada para ser mostrada con relativa facilidad a los estudiantes de geología de la Universidad Nacional y del Instituto Politécnico, como parte complementaria de sus estudios teóricos.

ESTUDIOS PREVIOS

El autor no conoce ningún mapa geológico adecuado ni descripción detallada que abarque la región descrita en el presente informe, con excepción de un mapa en escala muy reducida (1:50,000) del distrito minero de Taxco que acompaña a un informe hecho por Fowler *et al.* (1948), así como un mapa detallado de un área muy pequeña al noreste de Taxco por Edwards (1955), quien estudió el conglomerado rojo del Terciario temprano de aquella zona. La Carta Geológica de México editada en 1942, a una escala de 1:5,000,000, así como las ediciones anteriores, muestra pequeños manchones de rocas cretácicas y terciarias no diferenciadas, en forma de croquis basado probablemente en recorridos de reconocimiento hechos hacia principios del siglo actual o antes.

Los informes que citan rasgos geológicos, pero desprovistos de mapas geológicos, son los siguientes: una descripción por Bárcena (1875, p. 374-376) de una especie del género rudista *Hippurites* encontrada cerca de Yautepec; una breve reseña geológica y fisiográfica por Salazar Salinas (1922) de una excursión desde la Ciudad de México a Cuernavaca y a las grutas de Cacahuamilpa; un informe de Ordóñez (1937a) acerca del salto de San Antón, producido por una corriente basáltica en las cercanías de Cuernavaca; una descripción, también por Ordóñez (1937b) de las rocas y formas fisiográficas cercanas a Tepoztlán; un informe de Müllerried (1944) sobre las rocas y fósiles en los alrededores de Cacahuamilpa; una descripción por Foshag *et al.* (1946) de la geología y yacimientos de fluorita de una pequeña zona al noreste de Taxco; un reporte de Müllerried (1950) en el que describe el rudista *Durania cornu-pastoris* encontrado en caliza cerca de Los Hornos, pueblo situado unos pocos kilómetros al oriente de Los Elotes (cuad. H-7)*. fuera del límite

* La abreviatura "cuad." que se cita en el texto se refiere a la cuadrícula señalada en el mapa geológico de la lámina 1.

del mapa geológico; una descripción por Lozano García (1953) de las formas erosivas en las cercanías de Tepoztlán y una relación detallada por Bonet (1956) de las grutas de Cacahuamilpa. La última publicación contiene una bibliografía excelente de los numerosos informes anteriores en que se hace mención de estas grutas.

ANTECEDENTES Y METODOS SEGUIDOS

El autor llegó a interesarse en esta región como resultado del descubrimiento del mineral portlandita (Ca(OH)_2) por un buscón minero local, en el verano de 1947 (Faust *et al.*, 1950, p. 614), a lo largo del contacto suroriental entre el cuello volcánico del cerro de La Corona (cuad. D-7) y capas calizas que posteriormente fueron atribuidas a la parte basal de la Formación Cuautla. Se notó la abundancia de fósiles silicificados en la caliza y el año siguiente se sugirió a Carl F. Bauman, estudiante post-graduado de la Universidad de Columbia, de Nueva York, que la localidad era apropiada para estudios paleontológicos. Bauman colectó rudistas silicificados en el verano de 1949 y los describió en una tesis inédita para el grado de Maestro en Artes de la misma Universidad en 1950. Parece que únicamente dos de las especies son nuevas y éstas se han descrito en un informe publicado por el Instituto de Geología (Bauman, 1958).

El descubrimiento de la portlandita y el trabajo de Bauman pusieron en evidencia la falta de información estratigráfica y estructural acerca de esta región y, por consiguiente, el autor decidió definir las unidades litológicas y descifrar la estructura. La localidad más cercana en la que las rocas se habían agrupado en formaciones o unidades cartografiables, era el distrito minero de Taxco, donde Foshag *et al.* (1946) y Fowler *et al.* (1948) habían definido y descrito brevemente varias unidades amplias, a saber: esquisto, caliza, lutita, conglomerado rojo, rocas volcánicas, aluvión y diversas clases de diques y *sills* o mantos intrusivos, sin nombrar las formaciones ni fijar sus respectivas edades. Al principio no se intentó correlacionar las rocas del área situada al oriente de Cuernavaca con las del distrito de Taxco y de hecho, no se ligaron las dos áreas sino hasta cinco años después, habiéndose definido mientras tanto las formaciones en el norte, para luego llevar las correlaciones hacia el sur.

Los estudios y el levantamiento en el campo se iniciaron en las cercanías del cerro de La Corona (cuad. D-7) en marzo de 1950, utilizando fotografías aéreas verticales a la escala aproximada de 1:30,000, que pertenecen a

una serie de fotografías de trimetrogón tomadas en 1943 y 1946 por el ejército de los Estados Unidos en colaboración con la Secretaría de la Defensa Nacional de México. Las líneas de vuelo corren en una dirección casi al poniente-norponiente y generalmente están espaciadas entre sí de 20 a 25 km., aunque los cambios de dirección durante el vuelo produjeron ocasionalmente espaciamientos irregulares. Cinco líneas de vuelo atraviesan la región; la más septentrional pasa sobre el límite del Estado de Morelos al norte de Cuernavaca y la más austral está sobre el lago de Tuxpan cerca del borde meridional del mapa de la lámina 1. Se encontró que en la mayoría de los casos las fotografías oblicuas de los tríos de trimetrogón eran difíciles o imposibles de utilizar para un levantamiento detallado (véanse láms. 4-7, como ejemplos de estas fotos), pero durante el curso del trabajo se obtuvieron fotografías verticales de otras fuentes.

El grupo más extenso de fotografías verticales utilizadas corresponde a un levantamiento con más de 1,100 fotos a escala aproximada de 1:12,500, que abarca el terreno desde la latitud de Cuernavaca (cuad. C-6) hasta Tehuixtla sobre el río Amacuzac (cuad. H-5), y desde la longitud de Yautepec (cuad. D-8) hasta Cuernavaca, con una prolongación adicional hacia el poniente, hasta el pueblo de Amacuzac (cuad. C-4) en el extremo austral del territorio volado. El vuelo se hizo por la Cía. Mexicana Aerofoto en 1941, para el Banco Nacional de Crédito Ejidal, sobre los terrenos productores de caña de azúcar utilizada en el ingenio de Zacatepec. La mencionada compañía había hecho un mosaico no controlado, a escala aproximada de 1:18,000, al que el autor traspasó todos los datos de las fotos individuales y que sirvió de núcleo, en derredor del cual se agregaron áreas cartografiadas en otras fotos.

Una serie de 53 fotografías verticales en una faja de 8 km. de ancho que se extiende de Huitzilac (cuad. B-5) hacia el oriente hasta San Agustín (cuad. C-9), a escala de casi 1:20,000, sirvió para llenar la zona intermedia entre dos vuelos de trimetrogón. Las mencionadas fotos verticales fueron tomadas en 1951 por el Departamento Cartográfico del Ejército Mexicano. Para la zona de 12 km. de largo de norte-sur por 6 km. de ancho, situada en el ángulo noroccidental del mapa geológico, se usó un mosaico a escala de 1:10,000 hecho por la Cía. Mexicana Aerofoto por el año de 1940 para la fábrica de papel de Peña Pobre, localizada en Tlalpan, D. F. Para ligar las demás zonas y llenar el terreno no cubierto por las fotos ya mencionadas arriba, se utilizó una línea de vuelo de fotografías verticales a escala aproximada de 1:15,000, tomadas por la misma Cía. Mexicana Aerofoto en 1953 a lo largo de la carretera al norte de Tres Cumbres (cuad. B-6).

Una serie de 26 fotografías verticales correspondientes a una línea de vuelo desde el río Amacuzac (cuad. *G-4*) hacia el sur, a lo largo del trazo de la carretera de peaje entre Amacuzac y el valle de Iguala (cuads. *J-2* y *J-3*), se utilizó para cartografiar los detalles geológicos correspondientes y para ligar dos vuelos de trimetrogón a los extremos septentrional y austral de la faja delineada. Estas fotos fueron tomadas también por la Cía. Mexicana Aerofoto, por el año de 1950, antes de que se construyera dicha carretera. Tres líneas de vuelo que contienen 20 fotografías verticales en una faja comprendida entre el Km. 157 y el 166 de la carretera federal cerca de Taxco (cuad. *H-1*), a la escala proximada de 1:5,000, se utilizaron para obtener ciertos contactos no mostrados en el mapa de Fowler *et al.* (1948) y ligar dos líneas de vuelo de trimetrogón, muy distantes entre sí. Este último grupo de fotografías fue tomado en 1949, también por la Cía. Mexicana Aerofoto.

Se llevaron a cabo trabajos de campo activos por un total de 19 días entre marzo y mayo de 1950. Entonces fueron suspendidos hasta noviembre de 1953, fecha en que se reanudaron, con interrupciones, hasta principios de junio de 1954, con un total de 45 días. El primero de agosto se reanudaron continuándose hasta el 10 de julio del año siguiente (1955), durante cuyo lapso se dedicaron 60 días, en total, a los estudios de campo. Entre el 24 de septiembre de 1955 y el 7 de enero de 1956 se dedicaron otros 28 días a dichos trabajos. Así es que en total se dedicaron 152 días completos al estudio y cartografía en el campo, lo que equivale a un período de 26 semanas de seis días completos, cada una, o sea medio año.

La construcción del mapa final no se inició sino hasta el otoño de 1955, después de que gran parte de la región se había cartografiado en las fotografías aéreas, y continuó con interrupciones hasta julio de 1956, cuando se imprimió una versión simplificada para utilizarse en varios libretos-guía de excursiones del XX° Congreso Geológico Internacional. Se agregaron varios detalles corrigiéndose errores y se completó el mapa casi en su forma actual, durante el otoño e invierno de 1956-1957, época en que también se elaboraron las secciones geológicas.

En vista de que no existía un mapa-base planimétrico apropiado, se tuvo que elaborar la totalidad del mapa utilizando las fotografías con la ayuda de un triangular mecánico, basándose en las coordenadas geográficas aproximadamente localizadas de puntos esparcidos en las zonas cubiertas. Se utilizaron copiadorez virtuales (*sketchmasters*) vertical y oblicuo para delinear la planimetría y la geología y se ajustaron fotográficamente o con un proyector focométrico, a la escala de la compilación final (1:75,000), pequeñas áreas levan-

tadas a escalas distintas. Así es que aunque el mapa contiene errores de posición planimétrica en diversos puntos, se piensa que están bien mostradas y fijadas las relaciones entre los rasgos planimétricos y los contactos geológicos.

Durante la primera etapa de trabajo de campo se hicieron esfuerzos especiales para coleccionar cuánto material fosilífero se pudiera encontrar, con el objeto de mandarlo a especialistas para que se identificara y sirviera de guía en el establecimiento de la sucesión geológica. En vista de la silicificación bastante avanzada de muchos rudistas y otros invertebrados fósiles, se coleccionaron bloques calizos que posteriormente fueron disueltos en ácido clorhídrico para libertar los fósiles, algunos de los cuales estaban muy bien conservados. Se estudiaron microscópicamente esquirlas de caliza en láminas delgadas por otros especialistas, en busca de microfauna, así como muestras más grandes de lutita. Los resultados de las identificaciones de fósiles permitieron que los estudios avanzaran mucho más rápidamente cuando se reanudaron los trabajos de campo tres años más tarde. Durante los dos últimos años de trabajo de campo (1955-1956) recibió atención principal la microfauna de las rocas carbonatadas cretácicas y se hicieron comparaciones con la microfauna precedente de rocas de la misma edad general y de litología similar que se hallan más al norte y en la parte oriental de México, intentando así establecer los límites inferior y superior de cada formación.

No se hicieron estudios petrográficos de las rocas en láminas delgadas sino hasta fines de 1955 y en la primavera de 1956. Debido a la urgencia de otras tareas y a la premura de tiempo, dichos estudios se encomendaron al Ing. E. Schmitter del Instituto de Geología. Después de terminado el Congreso Geológico Internacional en septiembre de 1956, se seleccionaron otras rocas para estudios similares y se hizo un concentrado de zircón de la Riolita Tilzapotla, con el objeto de practicar una determinación radiométrica de su edad. El autor llevó a cabo estudios petrográficos de las rocas últimamente mencionadas en la primavera y verano de 1958. También en la última temporada se hicieron estudios de la distribución de dolomita en la caliza y se tomaron fotomicrografías de láminas de rocas y fotografías de texturas de carbonatos, con fines ilustrativos.

A principios del verano de 1956 se redactaron informes relativamente breves que reseñaban la geología del área estudiada para incluirse en los libretos-guía del Congreso Geológico Internacional en agosto y septiembre. Las excursiones que utilizaron estos materiales fueron las siguientes: A-4 y C-2, Geología a lo largo de la carretera entre México, D. F., y Taxco, Guerrero; A-9 y C-12, Geología a lo largo de la carretera entre México, D. F. y Acapulco, Guerrero,

vía Taxco y Chilpancingo, Guerrero; C-9, Volcanes pleistocénicos, sedimentos y rocas volcánicas de edad cenozoica, formaciones cretácicas y rocas de basamento precretácicas de la región entre el Distrito Federal y la parte norte de Guerrero; y C-14, Espeleología de la región de Cacahuamilpa. La última parte de la primavera y todo el verano de 1958 se dedicaron a la elaboración del informe final, que se presentó en forma de disertación doctoral a la Universidad de Arizona. Posteriormente se hicieron varias revisiones, enmiendas y adiciones al informe para su publicación.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de campo, construcción del mapa, estudios de laboratorio y confección del manuscrito, así como gran parte del trabajo colateral de especialistas, se llevaron a cabo como un proyecto del Servicio Geológico Estadounidense dentro de un programa de colaboración geológica con instituciones del Gobierno Mexicano, principalmente con el propósito de contribuir al perfeccionamiento de estudiantes en geología y también para apoyar varias organizaciones geológicas mexicanas. La dirección general y financiamiento a dicho programa provinieron de agencias del Departamento de Estado Norteamericano, que durante la época del estudio fueron sucesivamente la Administración de Cooperación Técnica, Administración de Operaciones en el Extranjero y Administración de Cooperación Internacional. El autor estuvo al frente del programa geológico en México por parte de dichas agencias y el presente estudio se llevó a cabo únicamente a medida que podía distraer tiempo de sus tareas principales; por lo tanto, la mayor parte del trabajo de campo hubo de hacerse sólo en fines de semana y durante las épocas de vacaciones. Las siguientes instituciones mexicanas proporcionaron apoyo o ayuda colateral en diversas formas: Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma, Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos y Comité Ejecutivo del XXº Congreso Geológico Internacional de México.

Por su apoyo continuado durante todo el período abarcado por el presente estudio el autor se muestra agradecido al Dr. W. D. Johnston, Jr., Jefe de la Rama de Geología en el Extranjero del Servicio Geológico Norteamericano. Varios colegas del Servicio Geológico que trabajaban en zonas cercanas bajo el mismo programa, contribuyeron efectivamente a través de conferencias en el campo, discusión de muchos problemas y revisión crítica de varios capítulos

del manuscrito; a este respecto deben mencionarse a los señores A. J. Bodenlos, K. Segerstrom y B. W. Wilson. R. L. Miller y M. E. Wing, también del Servicio Geológico, contribuyeron considerablemente al revisar críticamente el manuscrito e ilustraciones finales antes de entregarlos para su publicación. Otros geólogos en México que contribuyeron considerablemente, de uno u otro modo, incluyen principalmente a Z. de Cserna, quien revisó críticamente todo el manuscrito original, F. Bonet, quien además de revisar la redacción en castellano, contribuyó con la sección sobre la flora de la región, W. E. Humphrey, S. H. Folk, E. Schmitter, O. Bohnenberger, A. Ayala y F. Mooser.

L. Jiménez López del Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales hizo el favor de ligar un tramo faltante entre dos fotografías, entre el Km. 134 y el Km. 138 de la carretera Amacuzac-Taxco, haciendo un levantamiento con tránsito. Estudios petrográficos fueron hechos para el autor por E. Schmitter del Instituto de Geología. Hicieron en México determinaciones paleontológicas F. Bonet y sus colegas en los laboratorios de Petróleos Mexicanos, así como A. Alencáster de Cserna en el Instituto de Geología. E. R. Applin y R. W. Imlay, miembros del Servicio Geológico Norteamericano, contribuyeron especialmente haciendo estudios faunísticos, la primera de la microfauna y el segundo de los cefalópodos y pelecípodos. Otros que aportaron datos sobre diferentes grupos de invertebrados, microfósiles y plantas fueron C. Wythe Cooke, R. C. Douglass, A. R. Loeblich, Jr., R. Rezak, N. L. Sohl, L. W. Stephenson. R. Todd y J. W. Wells. H. W. Jaffe y sus colegas del Servicio Geológico hicieron determinaciones radiométricas de edad por el método "plomo/alfa". Las tobas soldadas o ignimbritas fueron estudiadas por C. S. Ross del mismo Servicio.

Varios problemas y principios relacionados con el presente informe fueron discutidos con profesores de la Facultad de Geología de la Universidad de Arizona. En particular, E. B. Mayo, profesor de geología estructural, dio consejos acerca del arreglo del informe. Varios capítulos y aspectos fueron discutidos con los profesores J. F. Lance y R. L. Dubois. El Departamento Geológico de la misma universidad proporcionó facilidades para tomar fotomicrografías y el profesor J. W. Anthony prestó su equipo fotográfico para dicho trabajo.

A. Obregón Pérez y R. Rojas de Gómez del Instituto de Geología hicieron análisis químicos de muestras de la Formación Mexcala. J. L. Ramírez del Instituto de Geofísica ayudó muy efectivamente en la construcción y compilación de los mapas de la geología y las secciones geológicas. R. Martín del Campo de Schmitter del Instituto de Geología contribuyó muy apreciablemente al corre-

gir y escribir en máquina las varias versiones iniciales del manuscrito y la copia final que se mandó a la imprenta. Los señores D. Saldaña, J. del Rincón, J. Guerrero, V. M. Bravo y F. Castillo de la Sección de Dibujo del mismo Instituto hicieron las calcas de los planos y diagramas.