



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

GEOLOGÍA DE MÉXICO.

ING. VALENTÍN R. GARFIAS.

ING. VALENTIN R. GARFIAS
ING. THEODORE C. CHAPIN

Geología
de México

EDITORIAL JUS
México, 1949

A la Biblioteca de la
Escuela de Ingeniería de
Con la cortesía de
J. R. Garfias y Theodore C.

8-1-49

CLASIF

ADQUIS

FECHA

PROCES

QE201.G3

G-27091

1969

Ingeniería

QE201
G3

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



27091

1969
27091

Derechos registrados conforma a la Ley. México, 1949.



INGENIERIA

Impreso en los Talleres de la Editorial Jus.

G-27091

INTRODUCCION

Características Topográficas.

México tiene una longitud máxima, de N.O. a S.E., de 3,100 kilómetros; su anchura media varía de 800 a 1,000 kilómetros y su área aproximada es de 2.000,000 de kilómetros cuadrados.

La fisiografía de México está dominada en su parte central por una región montañosa y de mesetas, de altitudes comprendidas entre 600 y 5,000 metros y que cubre aproximadamente las cuatro quintas partes de su área total, estando rodeada por el Este, Oeste y Sur por una franja de tierras bajas. En el Norte de la Meseta Central, limitada por dos cadenas de montañas casi paralelas, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental, se eleva hacia el Sur, hasta una imponente cordillera volcánica que sigue en general una dirección Este Oeste y que casi atraviesa de un lado a otro el continente a la latitud de la Ciudad de México. Esta cordillera que ha recibido diversos nombres, los autores la denominan Sierra de los Volcanes. Al Sur y S.E. quedan la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Chiapas. La fisiografía de la península de Baja California, está controlada por una cordillera cercana al Golfo de California rodeada por tierras bajas. La península de Yucatán, que se dirige hacia el Norte desde la extremidad sud-oriental de los macizos montañosos, es una planicie de muy baja elevación.

Las regiones montañosas centrales forman parte de la faja

de cordilleras que atraviesa Norte, Centro y Sudamérica. Aunque topográficamente son continuas, en México no forman una unidad orogénica sino que incluyen elementos de diverso origen y carácter. Orográfica/ estructural y fisiográficamente México forma parte de la América del Norte hasta la Sierra de los Volcanes; al Sur y al S.E. de esa Sierra, México se encuentra más estrechamente relacionado con la América Central y con las Antillas, formando parte de la faja estructural que Hill (245, 250) denominó Sistema Orogénico Antillano. Ese Sistema incluye también las tierras que rodean el Mar Caribe, América Central, las Grandes Antillas y la parte Norte de Venezuela. En esta región de plegaje las estructuras fundamentales de las montañas están dirigidas casi exactamente de Este a Oeste y por tanto son transversales a los sistemas montañosos continentales de Norte y Sudamérica; aunque las estructuras fundamentales estén parcialmente ocultas por montañas volcánicas más jóvenes superpuestas a ellas.

Divisiones Fisiográficas.

A pesar de que la forma es la base principal en que se funda una subdivisión y clasificación fisiográfica, si ese concepto se entiende como "La forma como resultado de determinados procesos" (180), las provincias fisiográficas son, en último análisis, provincias geológicas y su forma actual depende de las condiciones geológicas y climáticas.

México comprende dos divisiones fisiográficas principales, las tierras altas y las planicies costeras. Las tierras altas ocupan dos regiones separadas: el centro del Macizo Continental, las que en adelante se denominarán Acroepiro Central; y el eje de la península de Baja California, que se denomina Sierra de la Baja Ca-

lifornia. El Acroepiro Central comprende varias provincias fisiográficas bien definidas. La Altiplanicie Central, que está parcialmente limitada por las cordilleras de la Sierra Madre y que se extiende desde la frontera Norte hacia el Sur hasta la base de la Sierra de los Volcanes, comprende la Mesa del Norte y la Mesa Central. Las otras provincias del Acroepiro Central son la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, la Sierra de los Volcanes, la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Chiapas.

Tanto la región costera del Golfo de México como la región costera del Pacífico y del Golfo de California constituyen las provincias fisiográficas; a saber, la Planicie Costera del Golfo y la Planicie Costera del Pacífico.

Las principales divisiones fisiográficas de México, que aparecen en la Figura 1 son las siguientes:

Acroepiro Central

Mesa del Norte

↳ Mesa Central

Sierra Madre Oriental

Sierra Madre Occidental

↳ Sierra de los Volcanes

↳ Sierra de Chiapas

Sierra de Baja California

Planicies Costeras

Del Golfo

Del Pacífico

Bosquejo de la Historia Geológica.

La historia de los acontecimientos geológicos (véase Fig. 4) en México antes del Mesozoico es oscura. En la Sierra Madre Occi-

dental, en el Sur y en otros lugares de México, se encuentran esquistas que generalmente se consideran como Precámbricos, pero su verdadera edad sólo se conoce con precisión en unos cuantos lugares. Con poca frecuencia se encuentran rocas sedimentarias del Paleozoico y del Triásico, pero las áreas en que se encuentran sólo han sido imperfectamente delimitadas.

Schuchert (469) registra las siguientes estructuras fundamentales primarias.

"Geosinclinal Mexicana.—La geosinclinal dominante es la del Oriente de México, mejor conocida en lo referente a la era Mesozoica. Durante el Paleozoico conectaba por el Norte con la Cubeta de Ouachita y durante el Cretácico se unía con la gran Geosinclinal del Colorado, abriéndose por el Sur hacia el Golfo de México, y durante el Mesozoico conectaba con el Océano Pacífico por el Portal del Balsas.

"Geanticlinal Occidental.—Esta ocupa principalmente el área de la Sierra Madre Occidental y tiene unas 100 millas (161 kilómetros) de anchura.

"Llanoria.—Limitando por el N.E. a la Geosinclinal Mexicana se encontraba la antigua Tierra de Llanoria que empezó a existir en el Proterozoico. Su borde occidental se extendía posiblemente desde Veracruz, y con mayor seguridad desde Tampico, hacia el Norte o hasta la gran curva del Río Grande y de allí a través de Texas hasta el S.E. de Luisiana.

"Geosinclinal del Sudpacífico.—La larga, angosta y duradera Cubeta del Pacífico que atraviesa los Estados Unidos y Canadá se prolonga dentro de México, en donde queda al Oeste de la Geanticlinal occidental.

"Tierra Marginal de Sonora.—Al Oeste de la parte Sur de la Geosinclinal del Pacífico debe haber existido una tierra marginal como las que quedan junto a California y la Colombia Británica, pero muy poco se sabe de esta tierra marginal, a la que aquí se denomina Sonorense.

"Portal del Balsas.—Evidentemente durante la era Mesozoica

existió un portal que se abría hacia el Oeste de la Geosinclinal Mexicana, atravesando los estados de Guerrero, Michoacán y Jalisco hasta el Océano Pacífico. Puede denominarse Portal del Balsas, por el valle que lleva ese nombre.

"Tierra Marginal del Sur.—Al Sur del Portal del Balsas y de la Geosinclinal Mexicana quedaba la tierra marginal del Sur que en realidad no era sino la porción N.O. de la Geanticlinal Antillana. Esta tierra marginal abarcaba el sitio que actualmente ocupa la Sierra del Sur y es posible que continuara hacia el N.O. hasta unirse con la tierra marginal Sonorense. En ese caso el Portal del Balsas se unía con la Geosinclinal del Pacífico".

Algunas de estas características tectónicas existían ya en la época Precámbrica, algunas surgieron durante el Paleozoico y otras durante el Mesozoico. Todas ellas se reflejan en cierta medida en las actuales características fisiográficas de México. Durante la época Precámbrica la mayor parte de México se encontraba probablemente sobre el nivel de las aguas, y durante la primera parte del Paleozoico toda la región emergía casi completamente, sabiéndose sólo que se encontraba sumergida la porción noroccidental. King (319) dice:

"El Cámbrico sólo ha sido identificado en el extremo N.E. de Sonora y el Ordovícico en dos lugares del centro de Sonora. El Silúrico no ha sido reconocido en ningún lugar de México. La única manifestación de Devónico encontrada se halla en las montañas que rodean la Cuenca de Cabullona, en el N.E. de Sonora. El Misisipiano Inferior se presenta en el N.E. de Sonora y en el Oeste de Tamaulipas. El Pensilvaniano ha sido reconocido en el N.E. y el N.O. de Sonora y en la región de las Delicias en el S.O. de Coahuila. El más extendido de los sistemas Paleozoicos es el Pérmico, el cual aflora en numerosas cadenas montañosas del N.E., el N.O. y el centro de Sonora, en el S.O. de Coahuila, en el Oeste de Tamaulipas y en el Sur de Chiapas. Además, es posible que sea también Pérmica la formación de Plomosas en el N.E. de Chihuahua.

Nuestra escasa información sugiere que un estuario Precarbo-nífero se extendía hacia el Sur de Arizona y Nuevo México, pene-trando en Sonora. Es evidente que el mar del Ordovícico Superior conectaba la región de El Paso Texas, con el centro de Sonora, pero que no se prolongaba hacia el Norte penetrando en Arizona. También es evidente que durante el Misisipiano Inferior un brazo de mar conectaba el S.E. de Arizona con el N.E. de Sonora; sien-do probable que se tratara de un brazo del mismo mar que atra-vesaba el Norte de México hacia el S.E., hasta llegar al Oeste de Ta-maulipas. Durante el período Pensilvaniano los mares cubrieron el Sur de Arizona, el Norte de Sonora y el Oeste de Coahuila. Du-rante el Pérmico Primitivo, o época de Wolfcamp, es posible que existieran mares reducidos en diversas partes de México. En la época siguiente, Epoca de Leonard, probablemente existían dos mares separados por una barrera. Uno de esos mares inundaba la mayor parte de Sonora. El mar principal se extendía desde el Oeste de Texas hacia el Sur, a lo largo de la costa occidental de la Península de Coahuila, una área positiva del Mesozoico Primitivo y de allí hacia el S.E. penetrando en el Oeste de Tamaulipas y probablemente uniéndose con el mar abierto en lo que actualmen-te es el Golfo de México. Es probable que el mismo mar se pro-longara más hacia el Sur, hasta la parte meridional de Chiapas y Guatemala. En Chiapas y Sonora se encuentran facies de zó-calco continental del Pérmico, pero en el S.O. de Coahuila, y pro-blemente en el Oeste de Tamaulipas, hay una facies geosinclinal que probablemente se depositó a lo largo de los bordes de la costa oriental del mar Pérmico y que se asocia con actividad volcánica. Los depósitos Pérmicos más nuevos de México se encuentran en la región de Las Delicias, en la geosinclinal, y probablemente se formaron en una cubeta angosta que fue el último resto de los ma-res Paleozoicos, al retirarse éstos del continente Norteamericano".

Hacia finales del Pérmico o principios del Triásico culminó un período de profunda orogenia que puso fin a la sedimenta-ción Paleozoica. Durante el Triásico Inferior y el Triásico Medio México emergía aún en su mayor parte, ya que no se conocen de-

pósitos de estas edades; pero en cambio las formaciones fosilíferas indican que desde el Triásico Superior hasta el Cretácico Supe-rior hubo un largo período de sedimentación marina. Dice Mu-lleried (383 y 386):

"Del Triásico Superior al final del Cretácico se conoce en México y N.O. de la América Central mucho más que del Triá-sico Medio e Inferior, porque hay formaciones geológicas bien re-presentadas, y aun todas las partes y muchos niveles estratigráfi-cos de aquéllas. Conocemos ya sedimentos de algunos miles de metros de espesor y de gran extensión, mientras que la roca ígnea y los sedimentos algo metamorfoseados son escasos. Podemos re-conocer dos períodos de sedimentación del Triásico Superior al Cretácico Superior, a saber; un período antiguo, del Triásico Su-terior, Jurásico Inferior y Medio, caracterizado por sedimentos principalmente continentales, y otro período posterior, del Jurá-sico Superior y Cretácico, de depósitos marinos.

El período antiguo de sedimentación es caracterizado por de-pósitos continentales que contienen vegetales terrestres, mientras que estratos formados en un mar de bajo fondo son de extensión reducida. Hay además indicios de volcanismo submarino y de dis-conformidades que demuestran que las condiciones geológicas du-rante el Triásico Superior al Jurásico Medio no fueron estables".

Los depósitos marinos conocidos se encuentran en Zacatecas (102) y Sonora (102, 160, 315, 316, 445). Los fósiles caracterís-ticos comprueban la presencia de los niveles cárnico y nórico.

Por razones de similaridad litológica se cree que son también del Triásico ciertas capas no fosilíferas encontradas en Peregrina, Victoria (363), Tamazunchale (238), y en algunos lugares de Veracruz, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán y el Estado de México (469).

Mulleried considera que los estratos arenosos no fosilíferos que en algunos lugares del Sur de México quedan debajo del Liá-sico pueden ser también del Triásico Superior y supone que, si efectivamente lo son, la sedimentación continental durante el Triá-sico fue muy extensa. Mulleried llega a la conclusión de que la

distribución del Triásico Superior en México sólo puede determinarse en forma vaga (383, 386). Los depósitos conocidos indican que el área de sedimentación marina comprendió una rama del Golfo de México, que cubrió parte de Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Veracruz.

Por lo que se refiere a la relación entre las áreas de sedimentación en Zacatecas y Sonora, Kellum (307) dice:

“Las faunas de ambos lados del continente, aunque son de la misma edad y tienen ciertas afinidades mediterráneas, representan facies totalmente diferentes. Parece improbable que tuvieran una conexión marina directa. Es probable que durante el Cárnico un mar epírico procedente del Golfo de México invadiera, durante breve tiempo, el continente hasta Zacatecas; al mismo tiempo que en Sonora un mar epicontinental cubría la porción occidental de lo que actualmente es la tierra firme. La fauna que habitó durante el Cárnico en el N.O. de Sonora está estrechamente relacionada con la que vivió en California y Nevada en esa época. Es probable que el elemento mediterráneo que se encuentra en esas regiones penetrara en el Pacífico por el Portal de Panamá y luego emigrara hacia el Norte a lo largo de la costa y penetrara en estuarios epíricos como el que invadió la región de la Gran Cuenca. En Sonora, las faunas del Triásico Superior se encuentran en capas discontinuas de caliza situadas en la parte inferior de la formación Barranca, la cual está formada principalmente por rocas clásticas de agua dulce y salobre, que contienen mantos de hulla y grafito. Esta penetración del mar hacia el Oriente señala el principio de un portal marino en el Norte de Sonora, el cual puede haber conectado a la Geosinclinal Mexicana con el Pacífico durante varias etapas del Jurásico y del Cretácico”.

Burckhardt y otros autores han señalado que al finalizar el Triásico los movimientos orogénicos produjeron en el Sur de México una depresión, que se convirtió en área de acumulación tanto de depósitos continentales como marítimos. En la porción Norte de esta cuenca, que cubre partes del Este de Hidalgo, N.O. de Ve-

racruz y Norte de Puebla, la sedimentación marina ocurrió durante parte del Jurásico Inferior; y en la parte sur de esta depresión, en el Sur de Puebla, Oeste de Oaxaca y Norte de Chiapas, las capas carboníferas continentales se formaron en el Jurásico Inferior y principios del Jurásico Medio. Dice Imlay (282):

“Acerca de la distribución de las rocas del Jurásico Inferior en el S.E. de México, no se sabe lo suficiente para poder delimitar la extensión de los depósitos marítimos y continentales; pero los informes de que se dispone demuestran que las aguas marinas penetraron en la región de Veracruz a principios del Jurásico Inferior y que luego avanzaron hacia el Oeste y el S.O., formando un estuario estrecho que en la parte final de ese período llegó hasta Guerrero. Burckhardt ha demostrado que la invasión continuó durante el Jurásico Medio y que culminó en la etapa Caloviana de principios del Jurásico Superior”.

Las áreas de sedimentación marina se ampliaron durante el Jurásico Medio y el Superior. Dice Mulleried (383, 386):

“El Jurásico Inferior y Medio (véase Fig. 2), con las dos distintas facies demuestran, además, la presencia de los principales niveles estratigráficos, incompletamente conocidos, de modo que la paleografía de México y del N.O. de la América Central solamente puede ser indicada de modo aproximado. La conexión del Pacífico y del Atlántico existió aparentemente durante el Liásico Inferior y Medio, desde Sonora al S.E., por la Huasteca al Oriente, lo que puede ser idéntico a la conexión de ambos mares durante el Triásico Superior. Después, en el Jurásico Medio había una invasión marina en la parte central del Sur de México y desde el Este y N.E., porque la fauna tiene semejanza con la de Europa y del Mediterráneo. Temporalmente este estrecho marino separó las regiones descritas aquí, en dos partes. Los depósitos continentales de Sonora y Huasteca bien podían haber formado parte del entonces Continente Norteamericano, como lo indican los estratos continentales en Arizona, Nuevo México y Texas, etc.; y los depósitos con-

tinental en el Oeste de Oaxaca parecen ligados a los del Istmo de Tehuantepec”.

Burckhardt (102) ha hecho notar que es probable que las aguas marinas del Jurásico Medio no ocuparan en el Sur de México grandes extensiones, formando sólo lagunas y bahías. Dice Imlay (282):

“No se conoce lo suficiente acerca de la distribución de los depósitos del Jurásico Medio, para poder delimitar los márgenes de las áreas marinas, pero el cambio de los sedimentos litorales predominantemente carbonáceos o burdos en la parte superior sugiere que durante este subperíodo las aguas marinas invadieron la tierra cada vez con mayor amplitud”.

En el Jurásico Superior se produjo de nuevo una transgresión marina, dice Mulleried (383, 386).

“Después del período de sedimentación, principalmente continental del Triásico Superior al Jurásico Medio, comienza la segunda fase de sedimentación, que es marina, del Jurásico Superior y del Cretácico, que comienza por una transgresión muy extensa, con excepción de la región occidental de Oaxaca, seguida por sedimentación marina durante largo tiempo, hasta que hacia fines del Cretácico termina por movimientos orogénicos”. Según Imlay (282):

“La etapa Divesiana señala aparentemente la primera extensa transgresión marina del Jurásico Superior. Los mantos asignados a esta etapa se depositaron como sal de roca con un promedio probable de entre 600 y 1,000 pies de espesor (180 a 300 metros), y algunas capas asociadas de anhidrita y capas rojas que engruesan hacia el interior del país... Una facies de gruesas capas rojas, que es cuando menos en parte de origen continental, se formó en toda la porción septentrional y oriental de México al parecer al mismo tiempo que las facies de sal. Ambas facies son transgresiones sobre una superficie de peneplanicie; el espesor y extensión de las masas salinas sugiere que todo el Golfo de México era una cuenca depositadora de sal completamente cerrada si se exceptúa un es-

trecho relativamente angosto y de poca profundidad que probablemente conectaba con el Océano Atlántico”.

Hay abundantes pruebas de esta conexión enteroceánica durante ciertas etapas del Jurásico Superior y del Cretácico por brazos de mar conocidos por el portal Balsas en el Sur, y el portal de Sonora en el Norte de México, basados todos en consideraciones estratigráficas y estructurales. Burckhardt (102) presentó pruebas estratigráficas y faunísticas que muestran que esa conexión existió a través de estos dos portales durante parte del Jurásico Superior y del Cretácico, y que el portal del Balsas se abría hacia el Occidente a través de los Estados de Guerrero, Michoacán y Jalisco hasta el Océano Pacífico. Sus pruebas fueron aceptadas por otros que han presentado pruebas corroborantes (280, 307, 383, 386, 389a).

La costa Norte del mar mexicano estaba diversificada por dos promontorios. El occidental, conocido por la Península de Coahuila, cubre el N. O. de Coahuila y termina al N. O. de Saltillo. El otro era una estrecha península o cadena de islas que avanzaba 600 ó 700 kilómetros en dirección sudoriental a lo largo del margen nororiental de la presente Sierra Madre Oriental, terminando 200 kilómetros al sur de Tampico en los Estados de Veracruz e Hidalgo. (36, 78, 80, 102, 105, 272, 277, 278, 280, 281, 391).

Imlay (282) señala intensa orogénesis Kimmeridgiana y Portlandiana durante la cual el terreno se elevó ocasionando una retirada del mar con una general elevación del continente. El plegamiento que se originó durante esta etapa orogénica a lo largo del borde de la Península de Coahuila puede haber sido el núcleo de la Sierra Madre Oriental (102). Pruebas de esta deformación, conocidas en la Costa del Pacífico como la orogenia Nevadiana, se encuentran en el plegamiento, metamorfismo parcial e intrusión batolítica en la Baja California.

Hubo muy poca solución de continuidad entre el Jurásico Superior y el Cretácico. A lo largo de todo el Cretácico Inferior la invasión marina continuó en general. El fondo del mar se hundía

gradualmente y sus aguas inundaban las tierras, movimiento que con algunas oscilaciones, continuó durante todo el Cretácico Medio, y fue acompañado de un ahondamiento de las principales cuencas y una elevación de los Geanticlinales Occidental y Antillano.

En los primeros tiempos del Cretácico la Baja California fue una larga península en el Océano Pacífico. El Geanticlinal Occidental también era una península que separaba las aguas del Pacífico de las del Golfo de México, salvo porque estaban conectadas a través del Portal del Balsas que estuvo abierto cuando menos intermitentemente. En la época Albiana el Portal de Sonora estuvo probablemente abierto y el Geanticlinal Occidental se mantuvo como isla, como se ve en la Figura 3. Movimientos orogénicos acompañados de una fase regresiva del mar ocurrió hacia el fin del Cretácico Medio. Al principiar el Turoniano o antes se inició una gradual elevación de las tierras altas que culminó con la Revolución del Laramide al final del Cretácico, terminada la cual el mar se había retirado permanentemente del centro de México, pero todavía inundaba la parte oriental de la Planicie Costera del Golfo y algunas partes de la Planicie Costera del Pacífico.

Esta elevación de las tierras altas hacia el final del Cretácico y en los comienzos del Terciario inició un período de erosión durante el cual las tierras altas se redujeron casi al nivel de base constituyendo así lo que Hill ha llamado la Penillanura Cordilleriana. (250). La subsecuente elevación de esta penillanura en el Mioceno fue acompañada de enfallamiento por bloques y de una extendida actividad ígnea que ha continuado de modo intermitente hasta la época actual. La primera elevación, hacia el final del Cretácico, dio forma a las tierras altas; la segunda, en el Mioceno, dio origen a la alta meseta en la que se han esculpido los rasgos actuales por el volcanismo y la erosión. La erogenia se manifestó en la elevación de la Sierra Madre Occidental y de la Sierra de Chiapas, el plegamiento de la Sierra Madre Oriental y de la Sierra Madre del Sur, y la formación por acumulación de la Sierra de los Volcanes.

Durante el Terciario la mayor parte de México estuvo emergida

pero la sedimentación marina continuó alrededor de los bordes costeros que en parte estuvieron sumergidos. La principal área de sedimentación fue la Llanura Costera del Golfo que estuvo total o parcialmente sumergida durante la mayor parte de la era. En el Terciario Posterior se verificaron intensos movimientos epirogénicos en la parte meridional de la región estudiada, acompañados de actividad ígnea. La sedimentación Terciaria a lo largo de la costa del Pacífico fue menos extensa que en el Golfo de México, pero algunas áreas de la Planicie Costera del Pacífico estuvieron sumergidas durante el Eoceno, Mioceno, Plioceno y Pleistoceno. El enfallamiento, que desempeñó papel tan importante en la determinación de los rasgos fisiográficos a lo largo de la costa del Pacífico fue activo durante el Mioceno y en tiempos muy recientes.

La distribución general de las formaciones geológicas de México se ve en la Figura 5.

MESA DEL NORTE

El nombre de Mesa Central ha sido aplicado a toda la altiplanicie central de México, y de acuerdo con este uso la Mesa del Norte no es sino la porción septentrional de la Mesa Central. Los que esto escriben, sin embargo, creen que el término Mesa Central debe restringirse a la porción meridional más alta de la meseta —su uso original— y que la parte Norte es lo bastante diferenciada geológica y fisiográficamente para considerarse como una provincia separada, la Mesa del Norte. Ordóñez (415, 416, 420) la llamó Mesa Central del Norte y la describió como una subprovincia de lo que él llama la Mesa Central Mexicana. Kellum (307) la llamó Meseta Central. Ramiro Robles (448) llama a la Mesa del Norte y a la Mesa Central respectivamente Altiplanicie Septentrional y Altiplanicie Meridional. Galindo y Villa (203a) y Zepeda Rincón (588) la llaman Llanuras Boreales.

La Mesa del Norte es una altiplanicie desértica del tipo de bolsones y sierras. Las sierras aisladas del desierto están separadas por anchas llanuras, las más de las cuales son cuencas de drenaje interno del tipo que los españoles llamaron bolsones. El nombre del Area de los Bolsones puede usarse como sinónimo del de Mesa del Norte ya que estas cuencas sin drenaje externo son el rasgo topográfico dominante de esta provincia.

Esta área se distingue claramente de las otras provincias en sus rasgos topográficos e hidrográficos que acabamos de señalar así como en marcados rasgos estructurales. Se distingue de las sierras que la bordean por su superficie característica de meseta sobre las cuales las cadenas de la Sierra Madre se elevan apreciablemente, como se ve en las Figuras 5 y 6.

El límite occidental de esta provincia está definido por las estribaciones de la Sierra Madre Occidental. El límite oriental, entre la Mesa del Norte y la Sierra Madre Oriental es la divisoria de las aguas entre el drenaje de bolsón o interior y el drenaje exterior que va al Golfo de México. El límite entre la Mesa del Norte y la Mesa Central es la divisoria de las aguas que separa las que corren al Sur hacia los ríos Pánuco y Santiago, de las que fluyen hacia el Norte en los ríos interiores, Aguanaval, Nazas, así como las corrientes del desierto que van al Río Salado.

El Río Bravo forma el límite septentrional de la Mesa del Norte considerada como una provincia fisiográfica de México, pero las mismas condiciones fisiográficas continúan hacia el Norte, en Nuevo México y Texas. Así, pues, la Mesa del Norte forma parte de una provincia mucho más vasta, que abarca parte de Arizona, Nuevo México y Texas, área que Fenneman (180) llama las Altas Tierras Mexicanas. En ella está incluida la parte S.E. y central-occidental de Arizona, comprendiendo los valles de la Horqueta de Bill Williams del Río Colorado y la parte superior de los ríos Gila y Salt, el S.O. del Nuevo México con el valle del Río Grande, hasta Santa Fe por el Norte y el S.O. de Texas desde El Paso hasta el Big Bend.

La Mesa del Norte comprende la mayor parte de Chihuahua, y parte de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango y Sonora. Tiene una longitud máxima de 1300 kilómetros y una anchura media de 300.

Topografía.

La Mesa del Norte es una altiplanicie escabrosa y cubierta de detritus, en la que se elevan sierras aisladas, que se alzan de 600 a 1000 metros sobre el nivel de la llanura. La meseta declina en general hacia el Norte desde una altitud de más de 2,000 metros en su parte meridional hasta un promedio de 600 a lo largo del

Río Grande. Las sierras de la Mesa del Norte son aristas escabrosas y alargadas, desde algunos kilómetros hasta más de 150 kilómetros de largo, algunos de cuyos picos llegan a 2,500 metros sobre el nivel del mar. Thayer (508) describe estas sierras aisladas como "montañas perdidas, bloques montañosos aislados que se alzan en el desierto, y tan alejados de la masa principal de las montañas que parecen no tener conexión alguna con ellas". Se levantan tan abruptamente del piso del valle, sin ninguna zona gradual de estribación, que dan la impresión de islas que asoman del mar. Aunque dominan el paisaje, ocupan apenas una pequeña fracción del área total, la mayor parte de la cual la forman las llanuras o bolsones.

El término "bolsón" aplicado a las llanuras desérticas de la Mesa del Norte ha sido usado desde los tiempos de la ocupación española de México y se encuentra en los mapas antiguos. Aunque se le empleó sin definición precisa, es evidente que se le aplicó al rasgo fisiográfico a que aquí lo aplicamos. Como término fisiográfico fue empleado por primera vez por Hill en 1900 (245a). La llanura que vagamente se designa como bolsón es en realidad un mosaico de bolsones separados, cada uno de los cuales es una depresión topográfica de suavísimo relieve. En su forma topográfica un bolsón presenta dos rasgos característicos: una depresión central a veces ocupada por un charco o laguna estacional con fondo de arena o barro, en gran parte de origen eólico, y el declive simétrico circundante, compuesto de material detrítico rudo, que se extiende desde el margen de la depresión central hasta la base de las montañas circundantes o hasta la ceja de un bolsón contiguo. El nombre de "playa" ha sido aplicado casi universalmente a la depresión central en forma de batea, pero Ordóñez (415, 416, 420) hace notar que este término es poco apropiado y sugiere como más propio el de "barrial". Dice:

"Los elementos topográficos de una cuenca o bolsón son: la cresta de las montañas y sus pendientes; los abanicos aluviales; la llanura aluvial débilmente inclinada y el fondo barroso o arcilloso llamado barrial, el cual puede estar temporalmente ocupado por

aguas inmediatamente después de las lluvias poco frecuentes pero torrenciales”.

Para el declive simétrico circundante Tolman (509) sugiere el término propio “bajada”, que describe como la pendiente detrítica de flanco hecha de sedimentos terrígenos y que se extiende desde el pie de las caras rocosas, y que es el equivalente gradual de la activa erosión de arriba. Estas pendientes son un rasgo característico de los terrenos áridos, pareciendo que cada sierra o cerro aislado descansa sobre un pedestal simétrico.

Los rasgos descritos son los típicos de un bolsón y aparecen perfectamente claros en ciertos casos. En otros son oscuros; esto se debe a veces a que se hallan en una etapa inicial de su desarrollo, en otras a la ausencia de las condiciones necesarias para su desarrollo completo, y en otras a que han sido borrados en parte por la disección del bolsón desde que se formó. Esta última condición se manifiesta bien en el valle del Río Conchos, en Chihuahua, curso de agua que, por erosión en las cabeceras de sus afluentes, ha invadido el área desértica del Norte de Chihuahua y capturado sus corrientes, destruyendo así el drenaje centrípeto y disectando los bolsones.

Entre los bolsones de la Mesa del Norte pueden mencionarse el Llano de los Cristianos, Llano de los Gigantes, Bolsón de Mapimí, Llano del Guaje, Valle del Sobaco, Valle de San Marcos, Laguna de Mayrán y Laguna de Viesca. Describiendo las lagunas de Mayrán y de Viesca, Imlay (270) dice:

“La Laguna de Mayrán ocupa más de la mitad del área de la cuenca de Parras y forma todo el suelo de su parte occidental, con excepción de unas cuantas sierritas a manera de islas. Su forma es más o menos la de una cuña que se adelgaza hacia el Oriente a lo largo de la orilla Norte de la cuenca de Parras. Su límite meridional coincide aproximadamente con la línea del antiguo Ferrocarril Internacional Mexicano, ahora la carretera entre Saltillo y Torreón...”

“La Laguna de Viesca es una planicie aluvial, de unos 20

kilómetros de ancho, que limita a la Sierra de Parras por el S. O. Se extiende hacia el N. O. entre la Sierra de Jimulco, por el Sur, y la Sierra de la Peña, Sierra de San Lorenzo, y Sierra de Tejas por el Norte, confundiendo finalmente con la Laguna de Mayrán. Su parte S.E. se divide en varios llanos pequeños que se entrelazan por entre sierras bajas. Cubre unos 1,000 kilómetros cuadrados, tiene su punto más bajo algunos kilómetros al norte de Viesca y su altitud general es de varias decenas de metros arriba de la Laguna de Mayrán. Sirve de cuenca de desagüe a la mayor parte de la Sierra de Jimulco y a la parte S.O. de la Sierra de Parras. En el Puerto de la Peña, el arroyo de La Peña corre hacia el norte para verterse en la Laguna de Mayrán y después de aguaceros fuertes se llena pronto de agua”.

Las sierras de la Mesa del Norte pertenecen a dos tipos, de acuerdo con su carácter estructural. Los de la parte oriental son aristas angostas y alargadas de forma asimétrica. En su mayor parte son de estructura anticlinal, muy plegadas y complicadas por fallas. La intensidad del plegamiento aumenta hacia el Este al acercarse a la Sierra Madre Oriental. La erosión en algunos lugares ha esculpido profundamente estos anticlinales, formando valles escarpados de gargantas angostas en su salida. Estos anfiteatros naturales se conocen popularmente por potreros, debido a la facilidad con que se les puede cerrar levantando una cerca en su salida.

Las Sierras de la parte N.E. de la Mesa del Norte son bloques enfallados y basculados y su corte transversal típico muestra una cara muy empinada en su margen elevado que representa el plano de fractura considerablemente reconfigurado y desplazado por la erosión. Los arrumbamientos preponderantes de los planos de falla son hacia el N.O., aproximadamente paralelos a los ejes de las crestas anticlinales. El declive posterior es más suave y corresponde con la inclinación de las capas sedimentarias o las lavas de que están hechos. Otro rasgo topográfico montañoso es la mesa de cima plana formada de los restos no perturbados de lavas re-

cientes y los sedimentos interestratificados. La zona de pliegues dirigidos de Este a Oeste que se extienden desde la vecindad de Torreón hasta la de Saltillo tiene su expresión superficial en una serie de largas sierras sinuosas con alturas de 1,500 a 2,500 metros.

Drenaje.

La principal corriente de la Mesa del Norte es el Río Bravo, que constituye la frontera entre México y los Estados Unidos por más de 1300 kilómetros. Arriba de su confluencia con su principal tributario, el Río Conchos de Chihuahua, recibe algunos grandes afluentes, y su corriente aumenta durante la primavera y principios del verano por la fusión de las nieves, mientras que durante los meses del verano está a menudo casi completamente seco. El Río Conchos de Chihuahua nace en el S.O. de ese Estado y corre hacia el N. y N.E., juntándose con el Río Bravo en Ojinaga. En la mayor parte de su curso su corriente es intermitente, pero en su parte baja es permanente.

Con excepción del Río Bravo y sus tributarios, ninguno de los ríos de la Mesa del Norte tiene salida al mar. Muchas de las corrientes del interior son corrientes temporales y torrenciales que, después de salir de las montañas, se derraman sobre la bajada o talud sin seguir ningún cauce permanente. Parte de su caudal desaparece por absorción y evaporación, y otra parte llega hasta el barrial. Hill (250) las definió como corrientes suicidas, porque constantemente están acortando y alterando su curso debido al material de acarreo de que están sobrecargadas. Otras mantienen un cauce más regular y un gasto más permanente, aunque también son intermitentes.

Estratigrafía.

Las rocas subyacentes a la Mesa del Norte consisten en esquistos precámbricos y paleozoicos, sedimentos y lavas del Pensilvaniano y del Pérmico, lavas y arcillosas del Triásico, arcillosas y calizas del Jurásico y Cretácico, depósitos Terciarios y Cuaternarios consistentes en lavas y gravas, y rocas intrusivas de diversas edades.

Precámbrico o Paleozoico.

Los esquistos, gneisses y rocas parcialmente metamórficas de Zacatecas, de Catorce, en San Luis Potosí, del Potrero de Mula y otros lugares de Coahuila, pueden incluir capas tanto del Precámbrico como del Paleozoico basal (32, 102, 113).

Rocas de conocida edad Paleozoica se han encontrado únicamente en el S.O. de Coahuila. En la Sierra del Sobaco, en la comarca de Las Delicias, está a la vista un rico frente fosilífero de caliza y arcilla con mantos intercalados de lava del Pensilvaniano y del Pérmico (79, 314, 318, 319). En el cercano Valle de Acatita se encuentran rocas del Pérmico Inferior o del Pensilvaniano en varias localidades (310).

El área al Sur y al Oeste de Torreón en el Oriente de Durango y el S.O. de Coahuila contiene depósitos de arcilla roja, de arenisca de origen detrítico ígneo y lava intercalada que pueden corresponder con el Pérmico de Las Delicias (276, 302, 309). Estratos considerados como posiblemente pre-pérmicos ocurren en la Sierras del Tlahualilo al Oeste de Acatita (309).

La formación de las Plomosas del valle inferior del Conchos, cerca del Placer de Guadalupe, es probablemente Paleozoica. Consiste de caliza en parte metamórfica y metalífera, arcillosa y arenisca interrumpidas por intrusiones de riolita. La caliza contiene crioides que King y Adkins no consideran que ameriten asignación

genérica. Su edad, según ellos, es desconocida, pero sugieren que probablemente resulte Pensilvánica o Pérmica. La pizarra de las Boquillas, de esta área, es probablemente la capa pizarrosa de la formación de Las Plomosas (78, 102, 107, 321).

Triásico Superior.

Las capas marinas fosilíferas del Triásico Superior, próximas a la ciudad de Zacatecas, consisten en derrames submarinos, breccias verdes, areniscas tobáceas, y arcillosa, que contienen *Halobia* y otras formas fósiles (102, 103).

Jurásico.

Estratos del Jurásico Inferior o Medio no se conocen en la Mesa del Norte, pero el Jurásico Superior está representado por un potente corte de caliza marina y de arcillosa de edad Oxfordiana, Kimmeridgiana, Portlandiana y Tithoniana.

Las más antiguas rocas de posible edad Jurásica son las capas rojas de origen continental que aparecen al descubierto en la Sierra de Catorce (32, 102), en la Sierra Ventura (276); y en la comarca de La Laguna cerca de Torreón (302).

Los estudios más completos del Jurásico Superior de la Mesa del Norte son los de Burckhardt, Kellum e Imlay, cuyas publicaciones son aportes valiosos para determinar las relaciones de las formaciones Jurásicas y Cretácicas con los cabos y salientes de la península de Coahuila. A continuación presentamos una zonificación faunal generalizada del frente de Mazapil, debida a Burckhardt (102).

Caliza del Cretácico Inferior

Portlandiano Superior

Caliza margácea blanquizca y horsteno negro con *Steuropoceras*, *Kossmatia*, *Pronicerás*

Portlandiano Inferior

Caliza fosfática grisácea, margas y arcillosas con *Aulacosphinctes*, *Mazapilites*, *Waagenia*

Kimmeridgiano

Caliza y arcillosa con *Haploceras*, *Idoceras*

Oxfordiano

Potente caliza coralina con *Nerineas*
La base está oculta

Las rocas de principios del Jurásico Superior de la Mesa del Norte han sido asignadas por Imlay y Kellum a las formaciones de Zuloaga y de La Gloria, y las del Jurásico Superior tardío que reposan sobre ellas, a las formaciones de La Caja y La Casita. Según Imlay (282).

“La formación de La Gloria incluye depósitos litorales y sus rocas características son areniscas y conglomerados que en algunos frentes están interestratificados con capas calizas de mediano espesor, pero contienen muy pocas arcillosas. Sólo se la ha identificado en el Oriente de Durango y Sur de Coahuila, y alcanza una potencia máxima de unos 730 metros. La formación de Zuloaga es el equivalente en mar profundo de la formación de La Gloria. Consiste generalmente en caliza gris oscura, en capas gruesas, y se encuentra profusamente distribuida por todo el Geosinclinal Mexicano, su espesor oscila entre 120 y 600 metros, y se adelgaza hacia el Sur... La parte superior de las formaciones de La Gloria y de Zuloaga pertenece al sub-piso Argoviano del piso Oxfordiano, pero su parte inferior puede datar desde el sub-piso Divesiano,

como lo indican ciertas amonitas encontradas en el Este de Durango...

"La formación de La Casita, del Norte de México, es una facies litoral consistente en conglomerados, areniscas, arcillosas, margas, calizas, yeso y pequeñas cantidades de hulla y se caracteriza por sus capas carbonáceas y gipsíferas. Se la ha identificado en el Oriente de Chihuahua, el Oriente de Durango, en el Sur y el Este central de Coahuila, en un pozo en el Norte de Nuevo León, y en la Sierra Madre Oriental desde la región de Saltillo al Sur hasta la parte meridional de Nuevo León y el S.O. de Tamaulipas. Su potencia o espesor oscila entre 60 y más de 400 metros. La formación de La Caja es el equivalente altomarino de La Casita y consta de caliza en capas delgadas, margas y arcillosas que son en general de color obscuro. Se encuentra distribuida por toda la parte central del Geosinclinal Mexicano, en donde su espesor es en general menor de 90 metros... El contacto entre las formaciones de La Caja y La Casita es claro y distinto, y representa una disconformidad erosional cerca de los márgenes septentrional y oriental del Geosinclinal Mexicano, y quizá una inconformidad de depósito en gran parte de la porción septentrional del Geosinclinal. La inconformidad está indicada por conglomerados basales, o gruesas capas de yeso, o capas de carbón, y por la ausencia en el Norte de México de fósiles representantes de la mayor parte del Kimmeridgiano basal. Las formaciones de La Casita y La Caja en algunos lugares están claramente demarcadas de las capas del Cretácico Inferior, pero la sucesión de faunas ammoníticas indica continua sedimentación en la parte central del Geosinclinal Mexicano y una ligera inconformidad local en las áreas marginales. De acuerdo con la sucesión de las ammonitas, las formaciones de La Casita y de La Caja se extienden en edad desde el Kimmeridgiano Inferior final (capas que contienen *Idoceras balderum*) hasta el Tithoniano (capas con *Substeueroceras*)".

El Jurásico Superior se encuentra en muchas localidades en las sierras transversales del Sur de Coahuila y el Norte de Zacatecas, así como en la Sierra de Catorce, en San Luis Potosí, cerca de Mezquital en el Sur de Nuevo León, cerca de Villa Juárez en el N. E. de Durango, y cerca del Placer de Guadalupe en el curso inferior del Río Conchos en Chihuahua (97, 102, 270, 271, 276, 277, 279, 280a, 282, 302, 309, 311).

Cretácico.

El Cretácico es el sistema más ampliamente distribuido de la Mesa del Norte. En algunas localidades el Neocomiano basal descansa sin inconformidad sobre el Jurásico Superior; en otros lugares faltan las formaciones del Cretácico Inferior, y las capas del Cretácico Medio reposan sobre rocas Jurásicas o más antiguas.

El corte Cretácico más completo se presenta en las cadenas transversales que se extienden al Este de Torreón al través de la Mesa del Norte y en las áreas adyacentes de Coahuila, Durango y el Norte de Zacatecas, en las que está a la vista una vasta sección, que comprende capas que van desde el Berriassiano hasta el Campaniano, y que suman en total casi 7,000 metros de espesor.

La siguiente subdivisión del Cretácico de Mazapil y de Concepción del Oro en el Norte de Zacatecas está condensada de la clasificación de Burckhardt (91, 92, 93, 102, 276, 281).

— Turoniano, con *Inoceramus labiatus* —

Gault, Vraconiano, Cenomaniano
Arcillosas calcáreas con *Turrilites* y
horsteno negro con ammonitas

Clansayes, capas que contienen *Parahoplites*,
margas, caliza, horsteno negro

Hauteriviano, Barremiano, Aptiano

calizas abigarradas con nódulos de horsteno, capas con *Astieris*, margas, calizas margosas

Capas de transición entre el Jurásico y el Cretácico Inferior.

El Cretácico de las sierras transversales arriba mencionadas ha sido estudiado en detalle y dividido en formaciones por Kellum, Imlay y otros de cuyas publicaciones extractamos las siguientes descripciones (270, 271, 273, 275, 276, 279, 292, 301, 302, 309, 310, 476).

El Cretácico Basal está representado por la formación de Taraises, que reposa sobre las formaciones de La Caja y La Casita del Jurásico Superior, en aparente conformidad en algunos lugares e inconformidad en otros. Es de edad Neocomiana, como lo prueba una abundante flora. Sobre la de Taraises descansan las formaciones de Las Vigas y de Cupido. La de Las Vigas comprende los depósitos clásticos de alrededor de las costas de la Península de Coahuila en los horizontes Neocomiano y tal vez Aptiano. Es conforme con la formación de Taraises y consta principalmente de arcillosa y caliza. La formación de Parritas comprende las calizas amarillentas, localmente diferenciadas, que reposan sobre Las Vigas en la Sierra de Parras. La caliza de Cupido es la caliza gris que yace entre las formaciones de Taraises y de La Peña, y es el equivalente altomarino de las formaciones de Las Vigas y Parritas.

Encima de la Cupido está la formación de La Peña. Incluye las partes inferior y media de la caliza orogénica que queda debajo de la caliza de Aurora. Su estratificación es desde gruesa hasta delgada y consta de considerables cantidades de arcilla, caliza arcillosa y delgadas capas de horsteno negro de desarrollo local. Contiene ammonitas de edad Aptiana Superior o Albiana Inferior. Las calizas de Aurora y de Cuesta del Cura descansan sobre la for-

mación de La Peña. La caliza de Aurora es una facies de arrecife de edad Albiana Inferior y Media. La caliza de Cuesta del Cura, que en algunos lugares reposa sobre la de Aurora, y localmente sobre la de La Peña, se define por las calizas de capas delgadas y los horsteno negros que se muestran entre la caliza de Aurora y la formación de Hendidura. No hay pruebas geológicas de su edad, pero se considera que data principalmente del Albiano.

La formación superyacente de Hendidura consta de caliza arcillosa de capas delgadas o placas, y de arcillas. Se distingue marcadamente de la de Cuesta del Cura, y su contacto superior queda en la base del farallón que representa la superpuesta formación del Caracol. Contiene fósiles de edad Albiana Superior, Cenomaniana, Turoniana y Coniaciana. La formación del Caracol está hecha de arcillas y tobas interstratificadas. Su contacto con la Arcillosa de Parras que descansa sobre ella, es indefinido y se le coloca en el horizonte en que el contenido de toba se vuelve escaso.

La Arcillosa de Parras es principalmente una arcillosa calcárea nodular hendible y negra, con intercalaciones de arenisca. Hacia arriba se desvanece pasando gradualmente a la formación de La Difunta, que consta principalmente de una arenisca arcillosa y calcárea de capas delgadas, con algo de arcillosas y otra arenisca intercalada en estratos gruesos y conglomerados. Contiene una fauna de la zona *Exogyra ponderosa* del Campaniano.

Otros afloramientos del Cretácico de edades Aptiana y Albiana en el Estado de Zacatecas se hallan en los Pinos, Noria de los Angeles, al N.E. de Fresnillo y en el área entre Camacho y Opal (77, 102, 281). Capas del Neocomiano aparecen en las Sierras de Ramírez y del Chivo en el norte de Zacatecas y el sur de Durango (77, 102, 281).

En la Sierra de Catorce, en San Luis Potosí, los estratos de calizas, margas, areniscas y horsteno abarcan varios pisos, incluyendo el Neocomiano y otros de menor edad (32, 102, 113). Otras localidades del Cretácico en San Luis Potosí se encuentran cerca de Charcas (54) y en el Centro de San Pedro (181, 183) en San Luis.

En San Pedro del Gallo, en Durango, un frente que abarca desde el Berriasiano hasta el Albiano comprende las formaciones de Taraises, Parritas, La Peña y Cuesta del Cura (16, 95, 97, 102, 281).

Calizas del Aptiano y del Albiano que incluyen partes de las formaciones de Aurora y de La Peña se encuentran en la Sierra del Rosario en el Oriente de Durango (100, 305).

Las calizas con pequeños intercalados de arcillosa y arenisca de la comarca de Sierra Mojada y Mohovano, del Occidente de Coahuila y Oriente de Chihuahua, abarcan en edad desde el Aptiano hasta el Turoniano (71, 80, 102, 281, 440). Los depósitos que contienen madera silicificada y restos de dinosaurios descubiertos entre Sierra Mojada y Escalón, en Chihuahua, y llamados por Haarman (102, 226) "Couches de Soledad", se considera que datan del Cretácico Superior Final.

En las proximidades de Parral y de Jiménez, en el S.E. de Chihuahua, hay arcillosas y calizas del Albiano (72, 102, 551).

En la comarca de Santa Elena, en el Oriente de Chihuahua, un frente de arenisca, caliza y arcillosa, con algo de yeso, alcanza un espesor total de 3,300 metros. Imlay (281) asigna la parte inferior al Albiano o Aptiano. La parte superior contiene fósiles del horizonte de Taylor o Navarro (Campaniano-Maestrichtiano). Dice que este frente es notable por su gran espesor de rocas del Comanchico Posterior y por las diferencias litológicas que presenta con el frente de Sierra Mojada, distante apenas 80 kilómetros.

En el curso inferior del Río Conchos en el Oriente de Chihuahua, en la región del Placer de Guadalupe y de Cuchillo Parado, un corte de arcillosa, arenisca y caliza comprende las formaciones de Las Vigas y de Cuchillo, la caliza de la Aurora, la formación de la Cumbre de la Chispa, y capas del Cretácico Superior Final, abarcando en edad desde el Neocomiano hasta el Maestrichtiano (78, 80, 96, 102, 109, 200, 249, 281, 321, 545, 561).

Las calizas y margas de San Pedro de Conchos en el centro

de Chihuahua, se consideran de la edad de Washita y del Cretácico Superior Inicial. En la Sierra de Santa Eulalia, cerca de la ciudad de Chihuahua se encuentran calizas con horsteno, correlacionadas con la Caliza de Edwards. Se informa que las capas superyacentes son del Cretácico Superior (102, 249, 429, 553).

En el Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, el frente cretácico abarca desde el Aptiano Superior hasta el Turoniano, incluyendo los equivalentes de las formaciones de Fredericksburg, Washita, del Río, Buda, Woodbine e Eagle Ford de la terminología de Texas (2, 72, 80, 102). El Cretácico Superior de otras partes del Norte de Chihuahua y Coahuila contiene los equivalentes de las Lajas de Boquillas, la Creta de Austin, las Margas de Taylor y la Formación de Escondido.

Terciario y Cuaternario

Depósitos que dubitativamente se asignan al Terciario constan de lavas, areniscas, conglomerados, margas y barros que se encuentran en diversos lugares de Zacatecas, Coahuila y Chihuahua. Calizas, conglomerados y tobas de edad Cenozoica tardía han sido asignadas a la formación de Mayrán (270, 271, 276, 301).

King y Adkins (321) consideran las gravas del Conchos Inferior como del Terciario o bien del Cuaternario. La mayor parte del área de la Mesa del Norte está cubierta de material detrítico inconsolidado que forma el piso de las llanuras desiertas y está aún en proceso de formación. Estos depósitos de bolsón son en parte de edad reciente, aunque su período de formación puede haber empezado desde el Terciario Final y abarcar todo el Cuaternario. Constan de los detritus de las montañas circundantes. Las bajadas (declives) contienen un subsuelo de materiales muy burdos y mal estratificados en sus márgenes altos. Los sedimentos se hacen cada vez más finos a medida que se avanza hacia el barrial.

Estructura.

Los arrumbamientos tectónicos principales de la Mesa del Norte son hacia el N.O., dirección impuesta por las cadenas paralelas que la limitan, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. A lo largo del borde interior de cada Sierra se extiende una zona de rocas grandemente plegadas y encalladas. La deformación es más pronunciada en la zona del Oeste, que colinda con la Sierra Madre Occidental y da idea de la intensidad de los movimientos que acompañaron su elevación y las intrusiones ígneas concomitantes. Los tipos estructurales son pliegues acostados e inversos, que indican que fueron formados por fuerzas que obraban desde el Oeste y S.O. Las capas de la Sierra de Almoloya que quedan en esta zona fueron descritas por Hill (247) como anticlinales enfallados y acostados muy próximos entre sí, del tipo alpino, en los que las sinuosidades de los pliegues corresponden con las del eje de la montaña.

La zona que bordea la Sierra Madre Oriental también presenta plegamientos tupidos y corridos con algunas intrusiones ígneas. Los rasgos estructurales son una serie de crestas anticlinales asimétricas y muy juntas, semejantes en su forma y origen a las montañas adyacentes. Algunas de las fallas de esta zona exhiben considerable corrimiento o desplazamiento. Entre las dos zonas marginales se extiende el área central, en la que predomina el enfallamiento de bloques y un plegamiento más suave. Numerosos anticlinales de esta zona son bóvedas típicamente regulares y alargadas.

El arrumbamiento dominante es hacia el N.O., pero esta tendencia se ve interrumpida por un cinturón de pliegues que se extiende de Este a Oeste al través de toda la provincia. Kellum (309) dice:

“La pronunciada zona de plegamiento cruzado en la cordillera de la Sierra Madre tiene un ancho como de 120 kilómetros

y ha sido identificada por más de 400, desde el Estado de Durango al Oeste al través del Sur de Coahuila, el Norte de Zacatecas, y Nuevo León hasta Tamaulipas, al Este forma un saliente en el frente Este de la Sierra Madre Oriental, al Sur de Monterrey, y reaparece en la estructura de las Montañas de San Carlos en Tamaulipas, 50 kilómetros al Este del frente de la Cordillera”.

Imlay describe los rasgos estructurales de la cuenca de Parras (273).

“La región está cruzada de Este a Oeste por una serie de pliegues sinuosos de arrumbamiento general Este S.E.—Oeste N. O., que se cierran hacia el Poniente al hundirse debajo de la llanura aluvial de la Laguna de Mayrán. Rara vez se encuentran fallas de cabalgamiento o cruzadas, pero con abundancia pequeñas fallas de estratificación.

“Los anticlinales todos son más empinados en sus flancos septentrionales, están por lo común ligeramente inclinados y en algunos lugares acostados. A lo largo de cualquiera de ellos se encuentra una serie de cúpulas y sillas o cuellos, de los cuales las cúpulas están más inclinadas. Los anticlinales y sinclinales son prácticamente del mismo ancho, que varía desde 100 metros hasta más de tres kilómetros”.

Historia Geológica.

El registro de los acontecimientos geológicos en la Mesa del Norte durante el Paleozoico está incompleto. Los más antiguos sedimentos conocidos son de la época Pensilvaniana. En consecuencia nada se sabe de la historia de la región durante la mayor parte de la era Paleozoica. King y Adkins (321) dicen:

“Si la formación de las Plomosas es, como aquí sugerimos, Paleozoica, probablemente se depositó en el geosinclinal que

hacia fines del Paleozoico se extendía en dirección N.O. desde los floramientos Pensilvanianos y Pérmicos próximos a Las Delicias en el S.O. de Coahuila hasta la cuenca estructural de Marfa en la parte occidental del Big Bend de Texas. La formación de las Plomosas probablemente fue plegada y algo metamorfoseada entre el Pérmico Final y el Jurásico Superior, como lo fueron los terrenos paleozoicos cercanos a Las Delicias".

En el Triásico Superior hubo sedimentación a lo largo de un brazo de mar que avanzaba desde el Golfo de México hacia el N.O. hasta Zacatecas y posiblemente más lejos. Durante el Jurásico primitivo el mar se extendió hacia el Oeste y N.O. y durante el Jurásico Superior y principios del Cretácico Medio cubrió la mayor parte de lo que hoy es la provincia fisiográfica de la Mesa del Norte. Movimientos orogénicos locales ocurrieron durante el Jurásico y el Cretácico, y en la parte final del Cretácico se produjo una elevación general de toda la provincia que culminó en la Revolución de Laramide. Esta emergencia inició un período de erosión que desgastó la meseta reduciéndola casi al nivel de base, formando la Peneplanicie Cordillerana de la que la Mesa del Norte constituye hoy una gran parte. En el Mioceno Medio la meseta se elevó de nuevo, movimiento que fue acompañado de vulcanismo y deformación.

Con este período de erosión empezaron a esculpirse los actuales rasgos fisiográficos. El arrumbamiento estructural Norte-Sur del bloque elevado que comprendía toda el área de tierras altas, quedó en parte modificado por el arrumbamiento hacia el N.O. de la elevación ocurrida en el Mioceno, y la disección de la superficie de la meseta siguió a este cambio de Norte a N.O. imprimiendo esa orientación general a las cadenas de montañas. Esta disección se efectuó sobre el bloque elevado cuya superficie de penillanura tenía un declive general aunque algo interrumpido en dirección N.E. hacia el Golfo de México. El escurrimiento procedía probablemente del borde Occidental de la meseta próximo a la actual cresta de la Sierra Madre Occidental y se dirigía al

Golfo de México o al Río Bravo a través de la actual zona de la Sierra Madre Oriental que, en su forma presente, es de origen más reciente.

Así se inició el presente ciclo de erosión durante el cual, en condiciones de semiaridez, las montañas han asumido su aspecto actual y se han formado los bolsones. Los procesos del ciclo geográfico, aplicables en parte a esta región, fueron descritos por Hill (248) y algunos detalles técnicos del proceso mecánico de formación de las bajadas y barriales del bolsón fueron publicados por Tolman (509).

El diseño de drenaje de la Mesa del Norte, con una notable excepción, es un sistema interconectado de cuencas centrípetas coincidente con el mosaico de los bolsones. La excepción es el Río Conchos de Chihuahua, tributario del Río Bravo, y su conducta es un índice de los acontecimientos que posteriormente ocurrieron en la historia fisiográfica de la región. Se ha podido mostrar que el antiguo curso del Río Bravo pasaba por el Poniente del Cerro de Muleros en el Norte de Chihuahua hacia las llanuras del Norte de México, de donde no tenía salida al mar y que el cambio a su curso actual se debió a captura por un río que desembocaba en el Golfo de México. El Conchos de Chihuahua es probablemente también un río decapitado que en una época corría en dirección S.O. hacia la cuenca interior pero fue capturado por el mismo río que desvió al Río Bravo hacia su curso actual.

MESA CENTRAL

La Mesa Central ocupa la parte meridional de la altiplanicie central. Comprende los estados de Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, la mayor parte de Hidalgo y Jalisco, y partes de Michoacán, México, Morelos, Veracruz, San Luis Potosí, Zacatecas y Nayarit.

El término "Mesa Central" data desde las primeras descripciones fisiográficas del centro de México, pero se ha empleado sin un significado uniforme ni definición precisa. Se ha usado para designar toda la Altiplanicie Central, la parte meridional de dicha altiplanicie como se hace aquí, incluyendo en ella ya sea la Sierra Madre Oriental o la Sierra de los Volcanes, o ambas, y a veces se ha aplicado a toda el área central elevada. La Mesa Central, tal como aquí se la define, es una provincia bien delimitada, que linda al Oeste con la planicie costera del Pacífico, al N.O. con la Sierra Madre Occidental, al Norte con la Mesa del Norte, al Este con la Llanura Costera del Golfo y al Sur con la Sierra de los Volcanes.

Su diferenciación con respecto a la Mesa del Norte sobre la base del característico drenaje interior de esta última, se ha hecho notar ya. Otros rasgos también acentúan las diferencias fisiográficas entre las dos provincias. Juntas se las describe a veces como si representaran un declive general desde el pie de la cadena volcánica hasta el Río Bravo. Pero al contrario, la Mesa Central tiene forma de silla de montar, con un declive general tanto desde su límite septentrional como desde el meridional hacia su centro. El drenaje desde su colindancia con la Mesa del Norte es hacia el S.E. y el S.O., y su altitud en ese borde septentrional es en ciertos

lugares mayor que la de la Ciudad de México, que se halla en su contacto meridional con la Sierra de los Volcanes. La configuración superficial de la Mesa del Norte y la de la Mesa Central se deben a causas fundamentalmente diferentes. Los rasgos topográficos de la Mesa del Norte son el resultado del enfallamiento en bloques y del plegamiento apretado, seguidos de erosión en condiciones de semiaridez; en la Mesa Central los rasgos topográficos se deben principalmente a la extrusión de lavas y materiales piroclásticos.

Como la Mesa Central y la Sierra de los Volcanes están en gran parte cubiertas de lavas Terciarias y Cuaternarias, las dos provincias se han considerado a veces como una sola. Aunque tienen ese rasgo en común, difieren en otras características. La Mesa Central tiene por base rocas antiguas plegadas, enfalladas y con intrusiones, la Sierra de los Volcanes está cubierta por lavas Terciarias y Cuaternarias sólo ligeramente perturbadas desde su extrusión. Además la Mesa Central presenta marcadas características de meseta, mientras que la Sierra de los Volcanes es una cordillera.

La Mesa Central y la Sierra Madre Occidental también se diferencian claramente. Aunque la Mesa Central está cruzada por sierras que se elevan sobre el nivel de la planicie, tiene la estructura característica de meseta formada de corrientes de lava y otros materiales piroclásticos asociados; la Sierra Madre Occidental es una masa montañosa profundamente esculpida. La línea de demarcación entre las dos provincias se traza donde la superficie de la meseta cede su lugar a las grandes altitudes de la cadena montañosa.

Topografía.

La Mesa Central es una meseta interior elevada y accidentada, la mayor parte de la cual se encuentra a alturas comprendidas entre 2,000 y 2,500 metros, con picos de 3,000 metros o más. El

borde que forma la barrera septentrional de la Mesa Central constituye la divisoria de las aguas de los tributarios septentrionales de los ríos Pánuco y de Santiago. Su cresta se extiende sinuosamente en dirección Este un poco N.E. En las proximidades de Zacatecas esta cresta alcanza alturas de cosa de 3,000 metros, pero sus puertos más bajos no pasan de 1,700. Entre este borde y las estribaciones de la Sierra de los Volcanes se extiende la superficie de la meseta en forma de silla de montar, salpicada de numerosos conos y sierras en gran parte de origen volcánico. La Sierra de Guanajuato es un pliegue anticlinal, enfallado en bloque, con arrumbamiento hacia el N.O., y cuyos picos más altos, San Miguel de los Llanitos, El Cubilete, La Giganta y Chichindoro varían en altura entre 2,500 y 3,000 metros sobre el nivel del mar (559). El Cerro del Llorón y el Cerro de Gomera, los picos más altos de las sierras de El Oro en el Estado de México, pasan de los 3,000 metros de elevación. El cono volcánico de la Sierra de Culiacán, al Sur de la Sierra de Guanajuato, es un cono aislado de 3,240 metros de altura. El volcán reciente de Ceboruco está en la parte occidental de la provincia, en el Estado de Nayarit.

Entre las montañas hay vastas llanuras cuyos nombres ordinariamente llevan antepuestos los términos Valle o Llano. De estas llanuras la más conocida es la del Valle de México que Galindo y Villa (203a) dice propiamente es una vasta cuenca, una hoya hidrográfica. De eso él escribe:

“El Valle de México reviste grande importancia en primer lugar, por su extensión territorial, por las montañas que lo circundan, por su belleza, y por contener a la misma Capital de la República, cerebro y corazón de todo el país, según queda especificado.

Limitan al Valle, por el Oriente la robusta Sierra Nevada, de Sur a Norte, formada por el Popocatepetl, aunque este volcán no pertenezca propiamente al Valle, encontrándose al S.E., el Iztacuíhuatl, el Telapón y el Tláloc.—Las estribaduras occidentales del Popo, se ligan a las orientales del Ajusco, que limita al Valle por

el Sur, separándolo del Estado de Morelos;—el Ajusco, a su vez, se encadena, hacia el S.W., con el Monte de las Cruces, y éste al Oeste del Valle, con Monte Alto, Monte Bajo, el Cerro Sincoque; y al N.O. con la Sierra de Jalpan y la de Tezontlaipan, cerrándose el circuito, hacia el Norte, por la rica Sierra de Pachuca, la de entrañas de plata”.

El interior del Valle de México, en un tiempo cubierto por extensos lagos, está formado por grandes espesores de depósitos lacustres de material arcilloso, de cal, y detritus volcánicos, pero las aguas se reducen ya a unos cuantos lagos dispersos, alimentados por las corrientes de montaña.

La uniformidad de la llanura está interrumpida por colinas bajas, como la de Chapultepec y el Peñón de los Baños, que se levantan apenas de 50 a 60 metros sobre el llano, el Peñón del Marqués, el Cerro de Ixtapalapa, y la muy interesante hilera de cráteres volcánicos que corre de Este a Oeste y de la que el de Santa Catarina es el más alto, el cerro Xocotitlán y el grupo de volcanes de Tlalmanalco.

Rasgos fisiográficos notables de la Mesa Central son los cráteres de explosión o xalapazcos (402, 407, 408, 409), que es el término empleado por los fisiógrafos mexicanos. Estos cráteres de hondonada se encuentran particularmente bien desarrollados en el Estado de Puebla, en Xico, cerca de la Ciudad de México, en el Valle de Santiago, y también en la Sierra de los Volcanes. Son el resultado de explosiones volcánicas, fenómeno propio de una etapa tardía de la actividad volcánica, y parecen ser aún más recientes que las erupciones que formaron la Sierra de los Volcanes, de la que parecen ser independientes si bien tal vez relacionados con ella por su origen. Los xalapazcos miden de 600 a 1,200 metros de diámetro y de 50 a 100 metros de profundidad. Las paredes, que son muy empinadas o verticales, exponiendo a la vista excelentes cortes de las formaciones en las que se produjo el cráter, consisten en caliza cretácica y lavas terciarias, apenas ligeramente perturbadas por la explosión que dio origen al cráter.

Los bordes de los cráteres están rodeados de un anillo de materiales basálticos de explosión, pero estos anillos no tienen suficiente altura y el diámetro del cráter es demasiado grande para que den más que una ligera apariencia cónica al conjunto, si bien a veces un cono pequeño se alza en el fondo del cráter. El material consiste en tobas basálticas grises enteramente diferentes en apariencia de las lavas más antiguas de la planicie, aunque contiene fragmentos de éstas y de otras rocas expulsadas del cráter.

El fondo de muchos de los xalapazcos está ocupado por lagos de poca profundidad llamados axalapazcos. Estos términos son tomados de los aborígenes. Ordóñez dice que no es extraño que los indios llamaran a estos cráteres xalapazcos, que es el término empleado por ellos para designar las vasijas de arena, aludiendo al material del que están hechos estos cráteres en forma de vasijas, y que de modo todavía más apropiado llamaron a los lagos axalapazcos, que significa tinajas de arena llenas de agua. Entre los principales cráteres pueden mencionarse Techachalco, Alchichica (Lugar de Agua Salada), Atexcaqui, La Preciosa, Quecholac (Agua de los Pájaros de Rico Plumaje), Alxolxuca (Lugar de Agua Verde), Tecuitlapa, Grande y Chico, estos dos últimos sin lagos.

Drenaje.

La Mesa Central desagua principalmente por los tributarios de dos ríos: el Pánuco, que corre hacia el golfo de México, y el río Santiago o río Grande de Lerma, que desagua en el Océano Pacífico atravesando el Estado de Nayarit. La divisoria entre el Valle de Toluca y el Valle de México en la cual se encuentran las cabeceras de estos dos ríos constituye, por tanto, la divisoria continental, que separa la vertiente del Atlántico de la del Pacífico.

Aunque el Río Pánuco propiamente dicho está confinado a la Planicie Costera del Golfo, la vasta mayor parte de su cuenca,

una de las más grandes de México, queda en la parte oriental de la Mesa Central. Su principal afluente es el Río Moctezuma, que nace en el Valle de México y la Sierra de los Volcanes, desaguan-do así la parte S.E. de la Mesa Central.

→ La precisa cabecera del Moctezuma la constituyen las corrientes que nacen en la Sierra de los Volcanes, y que junto con otras corrientes del Valle de México desaguan en el Lago de Texcoco y los otros próximos a la ciudad de México, y de ahí por el Canal del Desagüe pasan al lago de Zumpango y luego al Río de Tula, el más grande tributario del Río Moctezuma.

Otro tributario importante es el Río de Santa María, cuyo nacimiento se encuentra en el límite Norte de la provincia cerca de San Luis Potosí y corre hacia el Este hasta el límite de esta provincia, conociéndosele más allá con el nombre de Río Tancuín y todavía más al Este con el de Pánuco. Tributarios importantes del Río Santa María son el Río Verde y el Río Frío que también nacen en el borde septentrional de la provincia y corren hacia el S.E.

El Río Pánuco ha sido llamado "el río más mexicano de México". Su cuenca superior ocupa la parte más populosa de la República y en cuanto a volumen de agua es el más grande del país, ya que sólo lo sobrepasa el Río Bravo.

La mayor parte del drenaje de la Mesa Central hacia el Oeste se verifica por el sistema del Río Lerma-Santiago. El Río Lerma nace en el Valle de Toluca, y después de recibir numerosos tributarios, desemboca en el Lago de Chapala, entre los Estados de Jalisco y Michoacán. El Lago de Chapala es el origen del Río de Santiago, que atraviesa los Estados de Jalisco y Nayarit, desembocando en el Pacífico al N.O. de San Blas. Sus tributarios importantes son el Verde, el Jucapila y el Guayamota.

El Lago de Chapala, de 80 kilómetros de longitud, es el más grande del grupo de lagos de la llamada Región de los Lagos. Otros lagos de este grupo son los de Pátzcuaro, Cuitzeo, Sayula y Magdalena. Al Sur de Guanajuato está el lago artificial de Yuriria-

púndaro (Lago de Sangre en tarasco); comúnmente conocido por Yuriria (203a, 547a, 588).

Estratigrafía.

Las formaciones que están a la vista en la Mesa Central comprenden rocas estratificadas y en parte metamorfoseadas del Paleozoico o de la primera parte del Mesozoico, rocas sedimentarias del Jurásico y del Cretácico, y corrientes de lava e intrusiones del Terciario.

Prejurásico.

Una potente serie de rocas endurecidas que ocurren en varios lugares de la Mesa Central puede contener formaciones tanto del Paleozoico como del Triásico. Consisten en caliza, pizarras, márgas y cuarzitas con algunos mantos de lava interestratificados. En algunos lugares están cortadas por masas de serpentinas, dioritas y diabasas. No se sabe que sean fosilíferas, pero yacen discordantemente debajo de las capas Cretácicas y Terciarias. Algunas rocas que afloran en Guanajuato y en El Oro y que se asemejan notablemente al Triásico de Zacatecas pueden ser de la época Triásica (106, 185, 187). Algunas de las capas pueden ser tan antiguas como el Paleozoico.

Jurásico.

Las rocas Jurásicas conocidas de la Mesa Central están confinadas a la parte oriental de la provincia. Se encuentran al oriente del Estado de Hidalgo y Norte de Puebla en un área de 60 a 80 kilómetros de longitud, aflorando en las hondas barrancas de la escarpa Oriental donde la erosión las ha puesto al descubierto. El corte vertical contiene estratos representativos de todas las principales divisiones del Jurásico. Las capas más antiguas son

arcillosas y calizas con algunos estratos de areniscas que Burckhardt (102) define como Liásico Inferior y Medio.

El Jurásico Superior de Huayacocotla incluye formaciones del Oxfordiano y del Kimmeridgiano. El Oxfordiano comprende un conglomerado basal que descansa sobre el Liásico, y una serie superyacente que consta de un miembro inferior de marga nodular y un miembro superior de arcilla negra bituminosa. Estos están cubiertos por esquistos margosos considerados como una transición entre las capas Jurásicas y las Cretácicas. Las capas de transición están cubiertas por arcillas calcáreas del Neocomiano. En Huauchinango las capas Liásicas quedan debajo de estratos acostados del Kimmeridgiano y el Oxfordiano parece haber sido eliminado por enfallamiento (102, 337). Rocas rojizas y negras bituminosas pelíticas del Jurásico Superior afloran en otros lugares de Puebla y Veracruz a lo largo del borde oriental de la Mesa Central.

Cretácico.

También el Cretácico de la Mesa Central está mejor desarrollado en la parte Oriental de la provincia. En Huauchinango el Portlandiano está cubierto por estratos amonitíferos del Valanginiano. En la vecina región de Huayacocotla el Neocomiano descansa de manera probablemente concordante sobre el Jurásico. Una capa de transición entre el Jurásico conocido y el Cretácico está cubierta por arcillas calcáreas y caliza que contienen *Exogyra* entreveradas con capas margosas, arcillosas y carbonáceas. Capas de caliza que se encuentran cerca de Zimapan, Hidalgo, han sido asignadas al Vraconiano (102).

Hacia el Oeste se ha informado haber encontrado capas del Albiano, Cenomaniano y Turoniano en varias localidades del Occidente de Hidalgo, el Oriente de Querétaro y la parte septentrional del estado de México (40, 41, 77, 102, 381). Capas del Cenomaniano y del Turoniano se informa que ocurren en la parte S.O.

de la provincia cerca de Soyatlán, Huescalapa y Tuxpan en el Estado de Jalisco (281, 427).

Terciario y Cuaternario.

Los depósitos Terciarios y Cuaternarios de la Mesa Central son en gran parte basaltos, andesitas y riolitas, juntamente con sus tobas acompañantes que se encuentran con barro intercalados como depósitos lacustres.

En la comarca de Guanajuato las más antiguas rocas Post-triásicas son el conglomerado de Guanajuato, un conglomerado rojo de origen continental, de 600 metros de espesor (559), que está cubierto por una delgada capa de cenizas volcánicas en bandas. Encima de estos sedimentos hay una serie de materiales piroclásticos consistentes en riolita cuarzosa, andesita y pórfido cuarzoso que se presentan como tobas, breccias, y corrientes de lava, todas ellas cortadas por intrusiones andesíticas, graníticas y dioríticas y por vetas metalíferas. Las rocas volcánicas de menor edad que los depósitos metalíferos consisten en dacitas, traquitas y pórfidos cuarzosos.

En las proximidades de Pachuca, en la parte oriental de la Mesa Central, las capas Terciarias son todas ígneas, consistiendo en andesita, diabasa, dacita, riolita, labradorita, basalto y obsidiana que reposan sobre calizas y otros sedimentos semejantes de edad probablemente Cretácica (9).

Estructura.

Los detalles estructurales de las formaciones antiguas de la Mesa Central quedan en gran parte ocultos por el manto de lavas Terciarias y Cuaternarias que cubre gran parte del área. Las más recientes de estas corrientes casi no han sido perturbadas desde su extrusión. Las lavas más antiguas y las rocas sedimentarias

y metamórficas subyacentes están plegadas y cortadas por fallas, intrusiones y vetas-metalíferas.

Los principales rasgos estructurales arrumban en dirección N.O., más o menos paralelos a las Sierras Madres Oriental y Occidental, cuyos rasgos estructurales ocupan respectivamente las partes occidental y oriental de la Mesa Central. El contacto de la Mesa Central con la Planicie Costera del Golfo es la zona enfallada de la Sierra Madre Oriental, a lo largo de la cual la Mesa Central aparece relativamente empujada y acostada sobre la llanura costera. A lo largo del lado occidental de esta zona enfallada hay una faja de pliegues apretados y recumbentes, que hacia el Oeste se transforman gradualmente en anticlinales normales. El enfallamiento a lo largo del borde meridional de la provincia está sugerido por la hilera de volcanes recientes que se extiende de Este a Oeste en la Sierra de los Volcanes; cuyo alineamiento general sugiere grietas o alguna debilidad estructural a lo largo de la cual ocurrieron las erupciones.

Con relación a la estructura de la región de Guanajuato, Wandke y Martínez (559) dicen:

“Para entender la estructura de la comarca de Guanajuato, hay que examinar los rasgos en grande escala de la Meseta Central. La meseta de esta parte de México consiste en crestas de arrumbamiento N.O. que se elevan entre 600 y 1,200 metros sobre las cuencas intermontanas. Estas sierras representan suaves pliegues anticlinales que a su vez han sido enfallados en bloques. La parte central de algunas de estas cadenas, como la Sierra de Guanajuato, es de granito, lo que indica que la intrusión fue en parte causa del abombamiento del pliegue. Después de este abovedamiento y de la intrusión del granito vino un período de reajuste y ocurrió un extenso enfallamiento”.

Describen varios sistemas de fallas. El primero, de arrumbamiento N.O., que contiene las vetas metalíferas, fue el resultado del alivio de la tensión, y causó desplazamientos normales. Un sistema posterior contiene fallas inversas y estériles que arrumban

hacia el N.E. y cortan las vetas metalíferas. Un tercer sistema de origen muy reciente corta las rocas efusivas más nuevas.

En El Oro las vetas presentan una dirección dominante al Norte 30 grados Oeste, pero están desplazadas por un sistema de fallas normales en dirección E.O. y de buzamiento hacia el Norte, actitud que indica la dominancia de los movimientos estructurales más recientes. Según Palmer (423) la misma tendencia estructural se observa en el Lago de Chapala, quedando el lago en una fosa tectónica anticlinal de dirección E.O. En Pachuca los sedimentos subyacentes a las lavas Terciarias muestran un arrumbamiento N.O. (81, 404, 577); el principal sistema de vetas metalíferas se dirige aproximadamente de Este a Oeste.

Historia Geológica.

El registro de la Historia Geológica primitiva de la Mesa Central está oculto por el manto de lavas Terciarias y Cuaternarias que cubre casi toda la provincia. Durante el Precámbrico y la primera parte de la era Paleozoica, casi toda era probablemente tierra firme, pero algunas partes tal vez quedaron inundadas durante el ciclo Paleozoico Posterior y de nuevo se elevaron con la Revolución Apalaquia en el Pérmico Final o a principios del Triásico. Capas correlacionadas con el Triásico Superior conocido de Zacatecas, justamente al Norte de esta provincia, indican que el mar Kárnico probablemente invadió parte de la Mesa Central. Pero el más primitivo registro geológico al que se puede asignar fecha precisa se encuentra en la parte oriental de la provincia, en los depósitos Jurásicos marinos. En el Liásico, las aguas del Geosinclinal Mexicano transgredieron sobre el borde oriental de esta provincia, y con algunas regresiones, durante el Oxfordiano, el Kimmeridgiano, el Portlandiano y todo el Cretácico, se extendió cada vez más hacia el Oeste. La parte meridional de la Mesa Cen-

tral también fue inundada por las aguas del Geosinclinal Antillano, que se extendieron hacia el Oeste quizá hasta el Pacífico a través del Portal del Balsas. Sin embargo, entre estas dos principales cunetas sinclinales, la mayor parte de la Mesa Central permaneció emergida en forma de península durante el Mesozoico. Ocupaba el extremo sudoriental de la masa epírica, del Geanticlinal Occidental.

Juntamente con el resto de las tierras altas, la Mesa Central se elevó con el alzamiento general que culminó con la Revolución de Laramide, orogénesis que ocurrió en la última época del Cretácico Superior, y desde entonces ninguna parte de la Mesa Central ha estado sumergida. Tras esta elevación, la Mesa Central sufrió desgastes casi hasta el nivel de base, juntamente con las tierras altas adyacentes, en la primera parte del Terciario, formando parte de la Peneplanicie Cordillerana. Las orogénesis subsecuentes que en parte afectaron a la Mesa Central fueron el alzamiento general de la Sierra Madre Occidental y otras partes de la Meseta durante el Mioceno, y la formación de la Sierra Madre Oriental probablemente en el Plioceno. La epirogénesis del Mioceno, que basculó el bloque de las tierras altas dándole un abuzamiento hacia el Este, fue acompañada de intensa actividad ígnea y de metalización. La formación de la Sierra Madre Oriental se debió a una orogénesis en la que el borde oriental de la Mesa Central se corrió varios miles de pies cabalgando sobre las tierras bajas adyacentes de la Planicie Costera del Golfo, a lo largo de un plano de falla de varios cientos de kilómetros de longitud.

Durante todo el período Terciario el vulcanismo fue activo, pero alcanzó su culminación en la última parte del Mioceno Medio, época en la cual la mayor parte de la provincia quedó sumergida por gruesos depósitos de lava. Después de una época de relativa quietud la provincia fue de nuevo cubierta de lavas durante la orogénesis del Plioceno Final, período de deformación que fue acompañado de intenso vulcanismo que todavía perdura.

Las lavas del Terciario y del Cuaternario son los principales agentes a los que la Mesa Central debe su actual configuración

topográfica. Los mantos de lava están salpicados de conos volcánicos cuyas siluetas apenas han sido alterados por la erosión.

SIERRA MADRE ORIENTAL

La Sierra Madre Oriental se extiende desde el Big Bend del Río Bravo, cerca de Boquillas, Coahuila, al través de los Estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí hacia el S. E. por una distancia de cosa de 1,000 kilómetros, y mide de 100 a 150 kilómetros de ancho.

La Sierra Madre Oriental, tal como aquí se define, termina en el ángulo S.E. del Estado de San Luis Potosí. La falla corrida o cobijadura de la Sierra Madre Oriental y la escarpa resultante, que marcan la cara vuelta hacia el Golfo de la misma Sierra, se prolongan más allá de ese punto hacia el S.E. Tanto la falla como la escarpa parecen tan íntimamente relacionadas con la Sierra Madre Oriental que las tierras altas adyacentes a ellas se han conocido con el nombre de esa sierra hasta cerca de Xalapa. Pero al Sur del Valle del Moctezuma, con excepción de la zona perturbada inmediatamente adyacente a la falla, el borde oriental de la altiplanicie está estrechamente relacionado en contorno y estructura con la Mesa Central, por lo que aquí lo consideramos como perteneciente a esta última provincia.

Algunos autores han considerado y descrito la Sierra Madre Oriental simplemente como la zona marginal de la Mesa del Norte, y en sus mapas aparece como parte de esa provincia. Tiene, sin embargo, rasgos distintivos que la separan claramente de las provincias adyacentes. Aunque sus rasgos estructurales son en algo semejantes a los del borde oriental de la Mesa del Norte, las principales características de las dos provincias son muy diferentes, ya que en la Mesa del Norte domina el enfallamiento de bloque y en la Sierra Madre Oriental los pliegues volcados y acostados ad-

yacentes a una gran falla de corrimiento. En elevación, aun en la parte más baja de la cadena, la Sierra Madre Oriental se alza grandemente sobre el nivel de la Mesa del Norte, como se ve gráficamente en la Fig. 2 secciones 1 y 2. Una distinción esencial entre la Sierra Madre Oriental y la Mesa del Norte se ha hecho notar al definir esta última provincia como el área de drenaje de bolsón, y según esta definición la línea entre las dos provincias corre a lo largo de la falda occidental de la Sierra Madre Oriental.

La Sierra Madre Oriental se diferencia de su vecina al Oriente, la Planicie Costera del Golfo, por su mucho mayor elevación y por diferencias estructurales. El contacto queda claramente definido por la escarpa de falla de la Sierra Madre que se extiende hacia el N. hasta la vecindad de Villa Juárez en el Oriente de Coahuila. Desde esta localidad hacia el N.O. la Sierra Madre Oriental parece confundirse fisiográficamente con la Sierra del Burro de la Planicie Costera del Golfo, en el lugar donde las dos sierras han quedado acercadas por enfallamiento, pero las marcadas diferencias estructurales sirven para distinguirlas.

Topográficamente, la Sierra Madre Oriental parece terminar por el Norte en el Big Bend del Río Bravo. No obstante, los procesos tectónicos a que la Sierra Madre Oriental debe su origen continúan al otro lado del Río Bravo, y así, a pesar de algunas diferencias estructurales, se ha sugerido la correlación de la Sierra Madre Oriental con las cadenas frontales de las Montañas Rocallosas de Texas.

Hill (251) insistió en que estas alturas no sólo se extienden a través del Río Bravo a la comarca transpecana de Texas, sino que penetran mucho en Nuevo México, y cita las sierras de Santiago, Davis, Apache, Delaware, Guadalupe, Sacramento y Oscura como pertenecientes al sistema mexicano de la Sierra Madre. Ordóñez (415, 416, 420) también dice que la Sierra Madre Oriental cruza el Río Bravo en la región del Big Bend, y se refiere a ella como la continuación orográfica de las Montañas Rocallosas. Wilbon (576) dijo que las cadenas de las Montañas Rocallosas se

continúan a través del Río Bravo en la Sierra Madre Oriental, y Porter (434) asienta que la Sierra Madre Oriental puede considerarse como parte del sistema de las Montañas Rocallosas.

Topografía.

La Sierra Madre Oriental es una cadena montañosa que atraviesa los Estados de San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila hasta el Big Bend del Río Bravo y lo cruza, penetrando en Texas. En su parte septentrional no presenta una cresta bien definida, sino que se compone de una serie de sierras paralelas más o menos separadas, que siguen la dirección general noroccidental de la masa montañosa. Aunque con alguna irregularidad en su forma, estas sierras son aristas estructuralmente controladas, angostas, alargadas, de 25 a 80 kilómetros de longitud y de 1,000 a 3,000 metros de altura. Hacia el Sur las sierras componentes se unen más estrechamente, formando una masa montañosa coherente que se alza sobre el nivel de la Meseta Central y de la Planicie Costera del Golfo.

Hill (246) dice:

“El margen oriental de la Meseta Cordillerana Mexicana es un reborde de crestas montañosas, de altitud acumulativa hacia el Sur a partir de la frontera de los Estados Unidos y que constituye una serie de sierras o bloques, conocida por la Sierra Madre Oriental. Comienzan en Altuda, Texas, sobre el Southern Pacific, unos 160 kilómetros al Norte del Río Bravo y continúan hasta dicho río en la baja Sierrita de Santiago, de 1,500 metros de altitud. Pasando el Río Bravo en Boquillas, se convierte en la Sierra del Carmen (2,290 metros); luego la de Fronteriza, la de Santa Rosa, etc., hasta Monterrey, donde pueden verse la hermosa y elevada Mitra, la Silla y otras. A la latitud del trópico de Cáncer, entre Catorce y Victoria, estas montañas alcanzan altitudes de 3,050 metros o más”.

Al describir la Sierra Madre Oriental Ordóñez (415, 416, 420) dice:

“Viniendo de Norte a Sur, y pasando por el Estado de Coahuila, las cordilleras que forman este sistema montañoso se van acercando poco a poco hasta casi juntarse. El borde oriental de la Mesa Central está tan surcado por cordilleras desprendidas del macizo oriental, que solamente por determinados lugares se encuentra acceso fácil al interior del país. A la parte alta de la Mesa Central en su región Norte no se puede llegar sino por veredas y caminos muy antiguos, inadecuados para ser transitados por vehículos modernos. En la actualidad se pueden hacer viajes utilizando automóviles o por ferrocarril solamente a través de Monclova o de Cuatro Ciénegas o por Monterrey hasta Saltillo. Por supuesto que actualmente la gran carretera internacional de México a Laredo permite cruzar la Sierra Madre Oriental en automóvil, por regiones fuertemente escarpadas. Al Sur de Monterrey la Sierra Madre Oriental se levanta como una barrera no interrumpida que separa las tierras costeras de la Mesa Central. Naturalmente, los pasos a través de la Sierra Madre por automóvil o ferrocarril han podido lograrse a fuerza de ingenio y de trabajo”.

Porter (434) dice:

“La Sierra Madre Oriental es un grupo montañoso cuyo rasgo más conspicuo es el famoso “Frente de la Sierra Madre”. Desde cerca de Lampazos hacia el Sur por cientos de kilómetros, el Frente de la Sierra Madre se alza como una majestuosa muralla que mira al Este, en el borde Occidental de la Llanura Costera. . . . Unos 30 kilómetros al S.O. de Lampazos, al Poniente del Valle de Candela, está el escarpado Macizo del Carrizal. . . . El Macizo del Carrizal es el nudo escarpado del gran Frente de la Sierra Madre. Al N.O. del Carrizal la Sierra Madre pierde la identidad unificada del Frente de la Sierra Madre y se convierte en un grupo de cadenas más o menos separadas. Al Norte y al pie del Nudo del Carrizal queda la Mesa de Cartujano, que es la parte meridional del piamonte Coahuileño.

“Las sierras que combinadas forman el frente montañoso com-

puesto hacia el N.O. del Nudo del Carrizal, se extienden hasta cerca de Múzquiz, al Norte del cual las montañas de nuevo se unifican en la abrupta y escabrosa Sierra del Carmen, que se continúa a través del Río Bravo hasta Texas. La Sierra del Carmen está más estrechamente relacionada con el grupo de las Montañas Rocallosas de Texas que con la Sierra Madre Oriental”.

A lo largo de su flanco Oriental la Sierra Madre se alza escarpadamente del piso de la Planicie Costera del Golfo; a lo largo de este contacto marcado por la escarpa las montañas presentan un frente casi ininterrumpido por cientos de kilómetros. Ordóñez dice que el rápido descenso a través de las montañas a las tierras bajas de la costa es muy característico, de manera que la Sierra en muchos lugares parece ser el soporte mismo de la altiplanicie.

Drenaje.

El drenaje de la Sierra Madre Oriental es hacia el Golfo de México por el Río Bravo y sus tributarios y las cabeceras de los ríos que riegan la Planicie Costera del Golfo. No hay grandes ríos, siendo los que hay todos pequeños tributarios del Río Bravo o los riachuelos que se unen para formar las corrientes más grandes de la Llanura Costera. Con excepción de algunas corrientes de poca importancia en la parte Norte, el drenaje de la Sierra Madre Oriental es todo hacia el S.E. y el Este a través de toda la cadena, ya que la divisoria de las aguas, como ya la definimos, es la división entre el drenaje interior de los bolsones de la Mesa del Norte y la parte que afluye hacia el Golfo de México.

Estratigrafía.

Las formaciones de la Sierra Madre Oriental incluyen neis

y esquistos de edad Precámbrica o Paleozoica, formaciones Misisipianas y Pérmicas, estratos rojos de edad no determinada, y un gran espesor de rocas sedimentarias del Jurásico Superior y del Cretácico.

Precámbrico y Paleozoico.

Rocas metamórficas, en parte Precámbricas, pero que contienen depósitos de edad posiblemente posterior, aparecen en varios lugares del Estado de Tamaulipas. En el Cañón de la Presa cerca de Ciudad Victoria, las rocas metamórficas consisten en capas gruesas de neis de color claro y grano fino, sobre las que reposan esquistos de origen probablemente sedimentario (363). Hacia el Norte, al Oeste de Santa Engracia, rocas pelíticas del Jurásico Superior descansan sobre areniscas que a su vez reposan sobre serpentina de edad tal vez Paleozoica (391).

Misisipiano y Pérmico.

Arriba de las rocas metamórficas del Cañón de la Presa hay una delgada capa de arcillosa oscura, a veces llamada estratos de la Peregrina. Según Girty son probablemente el equivalente del Burlington y el Keokuk (218, 319, 363). King dice que el Misisipiano está cubierto por arenisca cuarzítica, separada por una discordancia de una arcilla gris oscura y hasta negra con delgadas capas de arenisca, que contiene fósiles Pérmicos del Leonard y del Lower Guadalupe.

Triásico.

En el Cañón de la Presa, conglomerado, arcilla roja y arenisca de edad probablemente Triásica descansan discordantemente sobre las capas Pérmicas, y estratos semejantes de probable edad Triásica aparecen en el valle del Huizachal, al S.O. de Ciudad Victoria, y también cerca de Miquihuana (279, 319, 363).

Jurásico.

Las rocas Jurásicas sedimentarias de la Sierra Madre Oriental consisten principalmente en caliza y arcillosa del Jurásico Superior, comprendiendo el Oxfordiano, el Kimmeridgiano, el Portlandiano y el Tithoniano. Por debajo de las formaciones conocidas del Jurásico Superior se encuentran estratos rojos que probablemente datan del Jurásico Superior Inicial, aunque también pueden ser más antiguos. Las capas rojas constan de arenisca, conglomerado y arcilla, y son predominantemente rojas, pero también contienen pisos de colores abigarrados. Aparecen debajo del Oxfordiano y también debajo del Cretácico. Son evidentemente de origen continental, y no son fosilíferas. Imlay dice que la edad más aproximada que se les puede fijar es que son más nuevas que el Pérmico Medio y más viejas que la etapa Argoviana del Jurásico Superior. Heim solamente dijo que son más antiguas que el Jurásico Superior (238, 240, 282).

La formación marina basal del Jurásico Superior de la Sierra Madre Oriental ha sido nombrada formación de Zuloaga, y su equivalente, formación del Novillo. La formación de Zuloaga es el equivalente altomarino de la formación de la Gloria, de Coahuila, Durango y Zacatecas, y es una caliza de gruesas capas en general de color gris oscuro. La formación del Novillo se describe como caliza de gruesas capas con arenisca y arcilla abigarradas.

La formación superyacente del Olvido aflora en las montañas al Oeste de Victoria y al S.E. de Saltillo. Consiste en gruesas masas de yeso, con caliza, dolomía, arenisca y arcilla (36, 102, 240, 282). La formación de La Casita, el equivalente litoral de la formación de La Caja, aflora en los alrededores de Saltillo y en el S.O. de Tamaulipas. Se la describe como consistente en conglomerado, arenisca, marga arcillosa, caliza, yeso y pequeñas cantidades de hulla, y se caracteriza por capas carbonáceas y yesíferas (276, 282). Con respecto a la edad del Jurásico Superior, Imlay dice que la parte superior de la formación de Zuloaga pertenece al subpiso

Argoviano del Oxfordiano, pero que su parte inferior puede remontarse en edad hasta el subpiso Divesiano, y que la formación de La Casita abarca desde el Kimmeridgiano Inferior hasta el Tithoniano (282).

Cretácico.

Los depósitos Cretácicos de la Sierra Madre Oriental comprenden todas las divisiones principales, abarcando en edad desde el Berriasiano hasta el Maestrichtiano. Los terrenos más antiguos del Cretácico se encuentran en la parte meridional y central de la Sierra Madre Occidental. La parte basal del Neocomiano, la formación de Tarises, reposa concordantemente sobre el Jurásico Superior en las proximidades de Monterrey y Saltillo. Encima de ella queda una serie que comprende la caliza de Cupido, la formación de La Peña, la caliza de La Aurora y la caliza de La Cuesta del Cura. Los terrenos superyacentes, según se informa, contienen capas que llegan hasta el límite superior del Cretácico Superior (80, 264, 282).

Las capas Cretácicas afloran en muchos lugares en el Sur de Nuevo León y el S.O. de Tamaulipas. Un corte que abarca desde el Neocomiano hasta el Cretácico Superior se encuentra en los alrededores del Huizachal (240, 363). En Miquihuana y otros lugares del S.O. de Tamaulipas el Cretácico Inferior descansa sobre varios terrenos del Jurásico Superior (102, 272, 277, 282, 363).

Las capas de caliza al S.O. de Victoria abarcan en edad desde el Aptiano al Campaniano o Maestrichtiano Inferior (80, 102, 240, 282, 363, 494).

Las cadenas frontales de la Sierra Madre Oriental que constituyen la parte meridional de la cordillera se componen principalmente de la facies de litoral y de arrecife de la caliza superior de Tamaulipas, de edad Albiana y Cenomaniana, tan extensamente desarrollada en la Planicie Costera del Golfo. A este grupo se ha aplicado el nombre de El Abra, y también a una de las dos facies

que contiene. Estas son las de Taninul, que consiste en rustídidos, y El Abra, que contiene mililoides. La facies de Taninul está mejor desarrollada en la parte baja del grupo, mientras que la de El Abra se encuentra solamente en la parte superior. Las dos facies, sin embargo, están entreveradas y confundidas, y contienen capas intermedias de caliza con horsteno de la facies de Tamaulipas, de modo que parece evidente que las dos facies no son verdaderos horizontes estratigráficos. Para evitar la confusión resultante del doble uso del término El Abra, Heim propuso el nombre de formación de Tamabra para todo el grupo que queda debajo de la formación de Agua Nueva (240, 282, 299, 363).

Sobre la formación de Tamabra descansa concordantemente la de Agua Nueva, compuesta de caliza negra, laminada, hojosa, de edad Turoniana. La formación superyacente de San Felipe, de edad Goniaciana y Santoniana, se compone de caliza y arcilla interstratificadas. En algunos lugares pasa gradualmente a la de Agua Nueva, en otros se empalma con la caliza de Tamabra (2, 102, 240, 282, 299, 363, 491).

Sobre ella descansa la formación de Méndez, compuesta de arcillas y margas grises y verdosas, con algo de arcilla rojiza y ceniza volcánica. Hacia abajo pasa gradualmente a la de San Felipe, y sobre ella reposa discordantemente la formación de Tamesí. La formación de Méndez se considera como posiblemente del Santoniano Superior, del Campaniano y del Maestrichtiano Inferior, y la de Tamesí como del Daniano, o tal vez compuesta de capas de transición del Cretácico al Eoceno (102, 240, 282, 363).

En el área de Cárdenas y Tamasopo, en San Luis Potosí, el Cretácico abarca desde el Turoniano hasta el Maestrichtiano, y comprende la caliza de Tamasopo, la arcillosa de Méndez y la formación de Cárdenas. La caliza de Tamasopo es una formación maciza de gruesas capas, que contienen algo de margas y arcillas, y a la que se asigna una potencia de entre 1,000 y 2,000 metros. Es el equivalente estratigráfico de la parte superior de las formaciones de Agua Nueva y de San Felipe. Está cubierta por la arcilla

de Méndez, y ésta, a su vez, por más de 1,700 metros de la formación de Cárdenas, compuesta de rocas pelíticas, con cantidades menores de arenisca y de caliza. La formación de Cárdenas es principalmente de edad Maestrichtiana, aunque su parte superior puede ser del Terciario (67, 68, 80, 102, 212, 240, 282, 363, 382, 491).

Los terrenos del Cretácico Inferior del centro de Coahuila en Potrero de Menchaca, Valle de Muralla y Barril Viejo, comprenden capas correlacionadas con la formación de Taraises, y desde allí hacia arriba hasta la caliza de La Aurora (80, 102, 279, 282). Las calizas de La Aurora y de Cuesta del Cura afloran en la Sierra de la Paila (70, 102). El Cretácico Superior de la parte central de la provincia está representado por las formaciones de Hendidura o Eagle Ford, San Felipe y Méndez (80, 102, 282).

En la porción septentrional de la Sierra Madre Oriental se encuentran terrenos del Aptiano Superior que descansan discordantemente sobre arcilla roja en la Sierra del Carmen, y sobre micaesquistos en Boquillas (78, 80, 130, 282).

El Cretácico Superior de esta parte de la provincia contiene todas las divisiones principales.

Estructura.

La Sierra Madre Oriental está preeminentemente controlada en el orden estructural. Ocupa una zona de gran enfallamiento que se extiende por más de 1,000 kilómetros a través de San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila en el N.E. de México, y quizá cruce el Río Bravo en el Big Bend, penetrando en Texas. Hill (251) dice que esta zona enfallada atraviesa completamente la región transpecana de Texas hasta el Sur de Nuevo México.

La falla principal de esta zona se conoce por Falla de la Sierra Madre Oriental, y es un tremendo corrimiento cabalgante que

corre a lo largo del margen oriental de la zona, pero paralelamente a la falla corrida principal hay una ancha zona de corrimientos y plegamiento apretado que cubre toda la provincia. Hill (251) al hablar de esta zona enfallada, dice que "es una enorme zona tectónica alargada que consiste en gran parte en fallas empujadas por debajo desde el Oeste, lo que ha producido el grupo de pliegues cerrados conocido por la Sierra Madre Oriental, y afectado a otros muchos pliegues subordinados, hacia el Este".

Baker (35) dice que al Norte de Victoria hay grandes placas de corrimiento de muchas millas de largo. Tatum (502) describe esta zona enfallada como una enorme falla corrida en la que calizas macizas han asumido una posición vertical. Nason (391) sugiere un desplazamiento vertical de cosa de 1,300 metros. Trager (513) dice que el movimiento vertical probablemente fue cuando menos de 1,500 metros.

La Sierra Madre Oriental comprende los pliegues muy comprimidos y recumbentes a lo largo de este corrimiento. La índole del plegamiento está ilustrada en numerosos lugares a lo largo del plano de falla, en donde los estratos del Jurásico y del Cretácico forman pliegues recumbentes intensamente triturados. Tatum (502) dice que en el Norte las sierras separadas son pliegues simples o normales que se convierten en fallas corridas en el centro de la zona. Los pliegues arrumban generalmente en la misma dirección que la masa montañosa, pero este arrumbamiento se complica con la faja de dirección Este Oeste que cruza la Mesa del Norte e intersecta la Sierra Madre Oriental cerca de Saltillo.

La relación entre la zona intensamente plegada de la Sierra Madre Oriental y el área menos perturbada aún de las montañas de la Planicie Costera del Golfo, se ve claramente en la diferencia de estructura entre la Sierra del Carmen, de la Sierra Madre Oriental, y la Sierra del Burro, del sistema Tamaulipeco. La interrupción topográfica entre las dos está tan mal definida que a veces se las describe como pertenecientes al mismo sistema, pero una de ellas se compone de pliegues muy próximos entre sí y a veces acos-

tados, y de bloques de enfallamiento, mientras que la otra se distingue por un suave abovedamiento. Esta es la diferencia estructural que claramente asocia a una de ellas con la Sierra Madre Oriental y a la otra con el sistema de Tamaulipas.

Historia Geológica.

La historia geológica primitiva de la Sierra Madre Oriental es oscura. El acontecimiento más antiguo a que puede asignarse fecha precisa fue el hundimiento de la parte meridional de la provincia en el Geosinclinal Mexicano durante la primera parte del período Misisipiano, y la deposición de areniscas y arcillas sobre la base de esquistos y neises del Paleozoico Primitivo o del Precámbrico. Después de un período de alzamiento y erosión, esta área quedó de nuevo inundada durante el Pérmico Medio y se depositó en ella un considerable espesor de rocas pelíticas y areniscas. Otro período de elevación y erosión está registrado en la discordancia que se encuentra en la base de la serie superyacente de conglomerados, areniscas rojas y arcillas que pueden haberse depositado en el Pérmico Final o en el Triásico. La transgresión finalizó con la Revolución Apalaquia a fines del Paleozoico o principios del Mesozoico.

Tras un largo período de erosión las aguas del Geosinclinal Mexicano invadieron la parte Sur de la provincia, y con algunas regresiones y transgresiones durante el Jurásico Superior y el Cretácico se extendieron sobre toda la provincia. En este período la provincia estaba en parte ocupada por una masa epírica conocida por la Península de Coahuila, cuya parte oriental ocupaba la parte septentrional de la provincia. Otra porción de tierra consistente de una angosta península o una cadena de islas orlaba el borde de la provincia por el N.E. (78, 102, 281, 307).

El mar se retiró temporalmente al finalizar el Jurásico y de

nuevo en varias épocas durante el Cretácico, yendo estas regresiones comúnmente acompañadas de algún movimiento orogénico, pero hasta cerca del fin del Cretácico el mar fue preponderantemente transgresivo. En el Senoniano Superior las aguas del Geosinclinal Mexicano fueron expulsadas hacia el Este por la iniciación de movimientos orogénicos que culminaron en la Revolución de Laramide, en la que toda la provincia se elevó, y desde entonces ha sido tierra firme hasta la actualidad.

Después de esta elevación, la erosión formó la Penillanura Cordillerana, que en el período Mioceno se elevó de nuevo formando un bloque basculado con abuzamiento hacia el Este, y del cual la provincia de la Sierra Madre Oriental formó parte del margen oriental. La actual Sierra Madre Occidental data de esta orogénesis, pero la Sierra Madre Oriental parece haber tenido un origen diferente. Puede haber sido su núcleo la masa peninsular del Jurásico Superior, o un anticlinal submarino que existía en el período Cretácico (102), y alguna deformación puede haber ocurrido en la época de la elevación de la Penillanura Cordillerana, pero la principal orogénesis fue probablemente posterior. Tatum (502) dice que los primeros indicios positivos de la elevación de la Sierra Madre Oriental son las gravas de Reinosá, y que esto indica positivamente que no alcanzó su altura actual ni nada semejante sino hasta el tiempo de Reinosá, que es probablemente Plioceno. Hill (251) acepta la edad Pliocena de la elevación de la Sierra Madre Oriental como concordante con las pruebas que se encuentran en el Norte de Coahuila, en Texas y en Nuevo México.

Desde su elevación, la erosión ha sido el factor dominante que ha dado a las montañas su actual configuración. En la parte septentrional de la provincia, la erosión ha avanzado hasta una etapa madura, de modo que las montañas consisten en sierras aisladas, separadas por anchas llanuras, que no presentan obstáculos serios para viajar a través de las montañas.

TABLA I

CORRELACION DE LOS DEPÓSITOS JURÁSICOS Y CRETÁVICOS DE LA PARTE NORTE-CENTRAL DE MEXICO SEGUN R.W. IMLAY						
EQUIVALENTES EUROPEOS		TEXAS	MEXICO NORESTE	MAZAPIL MELCHOR OCAMPO	SIERRA DE PARRAS	
CRETACICO SUPERIOR	Senoniano	Maestrichtiano	Navarro			
		Campaniano	Taylor	Arcillo de Mendez	Formacion de Difunta	
		Santoniano			Arcilla de Parras	
		Coniaciano	Austin	San Felipe Superior	Formacion de Caracol	
	Turoniano	Eagle Ford	San Felipe	Formacion de Agua Nueva	Formacion de Indidura	
	Cenomaniano	Woodbine			Formacion de Indidura	
CRETACICO INFERIOR	Albiano	Washita	El Abra y Tamaulipas Superior	Caliza de Cuesta del Cura	Caliza de Cuesta del Cura	
		Fredericksburg			Caliza de Aurora	
	Aptiano	Trinity		Formacion de La Peña	Formacion de La Peña	
	Neocomiano	Barremiano		Tamaulipas Inferior	Caliza de Cupido	Caliza de Cupido
		Hauteriviense				
Valanginiense		Torcer			Formacion de Taraises	Formacion de Taraises
JURASICO		Berriasiense				
	Tithoniano	Hiatus			Hiatus	
	Portlandiano	Malone		Formacion de La Caja	Formacion de La Casita	
	Kimmeridgiano					
Oxfordiano			Caliza de Zuloaga	Formacion de La Gloria		

SIERRA MADRE OCCIDENTAL

La Sierra Madre Occidental bordea la parte Norte de las tierras altas centrales por el S.O., se extiende desde la línea internacional o justamente al Norte de ella en una dirección Este del Sur a través del N.E. de Sonora, Chihuahua y Durango, en una longitud de 1,000 kilómetros, con 80 a 200 kilómetros de ancho. La Sierra Madre Occidental es una porción levantada de la Penillanura Cordillerana. Consta de un núcleo o corazón esquitoso flanqueado en algunos lugares por sedimentos Paleozoicos y Mesozoicos en parte cerradamente plegados, y en gran parte está cubierto de espesos depósitos de lavas y tobas terciarias. Su superficie está hondamente disectada por la erosión fluvial, agente al que debe su configuración más característica.

La provincia está limitada al N.E., por la Mesa del Norte, al S. E., por la Mesa Central y al S.O., por la Planicie Costera del Pacífico. Por el N.O., cruza la línea internacional penetrando en Arizona.

La diferenciación entre la Sierra Madre Occidental y la Mesa del Norte se ha señalado ya al describir esta provincia. Esa distinción consiste ante todo en la diferencia entre una masa montañosa cuyas rocas más antiguas han sufrido profunda deformación y las más modernas apenas han sido ligeramente plegadas, y una árida y elevada meseta caracterizada por enfallamiento de bloque y por un peculiar tipo de drenaje. El contacto entre las dos provincias se traza a lo largo de la línea sinuosa en la que la topografía de bolsón cede el lugar a las estribaciones de la Sierra.

La separación de la Sierra Madre Occidental de su vecino

del sur, la Mesa Central, también se basa en la distinción entre montaña y meseta. El límite aquí se traza justamente al Norte del Valle del Río Mezquital, punto en el que la elevación de la sierra decrece abruptamente y la topografía de montaña es reemplazada por la de meseta.

Generalmente se ha descrito la Sierra Madre Occidental como si se extendiera más al Sur. Algunos la han representado en mapas como extendiéndose hasta la Sierra de los Volcanes, y otros como si se extendiera a lo largo de toda la costa del Pacífico, no sólo de México, sino de la América Central y del Sur. Pero su origen y estructura indican que no se prolonga al Sur de la Sierra de los Volcanes, y basándose en la altitud y la topografía no nos parece que se extienda al Sur del Río Mezquital. Al Sur de este río la región se asemeja más a la Mesa Central, ya que sus rasgos topográficos se deben en gran parte a erupciones de lava, su superficie no está tan profundamente disectada como la de la Sierra Madre Occidental, y es de menor elevación.

El límite entre la Sierra Madre Occidental y la Planicie Costera del Pacífico lo define la escarpa que marca el límite occidental de las tierras altas centrales, basándose la distinción en la diferencia entre tierras altas y tierras bajas.

En el Norte, la Sierra Madre Occidental parece continúa con otras montañas semejantes del otro lado de la frontera, en Arizona. Se la ha llamado la Prolongación Mexicana de la Sierra Nevada y también la continuación de las montañas Rocallosas. Pero no parece ser ninguna de las dos cosas, ni se la puede correlacionar con ninguna provincia fisiográfica de los Estados Unidos. En su extremo Norte, al Norte de Sonora, las cadenas de la Sierra Madre Occidental simulan cadenas de la zona de cuencas o bolsones (520) con la que parece confundirse gradualmente a medida que la Sierra Madre Occidental propiamente dicha se convierte, en el Sur de Arizona, en una zona típica de cuencas y sierras. La distinción entre Mesa del Norte y Sierra Madre Occidental no parece extenderse a los Estados Unidos.

Topografía.

La Sierra Madre Occidental es una cadena de montañas que corre más o menos desde la latitud del Trópico de Cáncer en el Sur de Durango en dirección N.O. hasta la línea internacional y tal vez más allá, dentro de Arizona. Es una porción profundamente esculpida de la Penillanura Cordillerana, que se elevó en el período Mioceno, y en parte cubierta por extensos mantos de lava e invadida por rocas intrusivas. En ciertos lugares la superficie de la meseta está muy clara; en otros, en que la disección ha avanzado lo bastante para producir un fuerte relieve, es típicamente montañosa, constituyendo una escabrosa sucesión de sierras más o menos paralelas separadas por anchos valles. De sus flancos orientales desnudos se levanta una serie escalonada de mesetas, con ligero abuzamiento hacia el Este de los mantos de lava, alcanzando sus más altos picos elevaciones de más de 3,000 metros.

Describiendo la Sierra Madre Occidental, dice Weed (561):

“La Sierra Madre se describe comúnmente como una cadena o agrupación de cadenas de montañas. De hecho es, en Chihuahua cuando menos, una gran meseta, bordeada de montañas por el Este, excavada por grandes cañones en el centro, y que tiene por margen al Oeste, un escabroso y enriscado complejo de montañas... Su nombre es apropiado, porque es realmente la Sierra Madre, ya que una gran región montañosa ha sido esculpida de esa meseta. La altitud al Oeste de Parral es de unos 2,130 metros, elevándose la cresta de la meseta gradualmente hasta 4,570 metros cerca de la divisoria continental, y descendiendo luego poco a poco a 2,070 metros, donde la meseta se desmenuza en el margen de montañas... La vista desde la cima, mirando hacia el Oeste, muestra una sucesión de terrazas y lo que parece ser una alta y escabrosa muralla más allá, la cual parece tener una cresta casi continua. El aspecto es el de una comarca típica de meseta hecha de riolita.

“A pocas horas de viaje hacia el Oeste de Guadalupe y Calvo,

la gran meseta de la Sierra Madre termina repentinamente, y el mar de montañas formadas por la erosión del margen occidental de la meseta empieza”.

Farrington (174) ha descrito la vertiente occidental:

“Hasta donde la vista alcanzaba, por el Norte, Sur y Oeste, aparecía un laberinto de picos y de valles, formando un verdadero mar de montañas. Las cimas de éstas no parecían elevarse sobre la meseta, sino llegar aproximadamente hasta su nivel. Origináronse evidentemente de la profunda disección del borde de la meseta por ríos impetuosos y de breve curso, porque tienden a alinearse en crestas transversales a ese borde. Los picos en su forma son agudos y angulosos y separados por valles profundos y de empinadas paredes. Son comunes los altos acantilados y los taludes de detritus son también empinados y en gran parte desprovistos de vegetación. Los valles próximos a la meseta ostentan a menudo una marcada forma de anfiteatro”.

De la Sierra Madre Occidental al Oeste de Chihuahua, Hovey (261) dice:

“La meseta es una llanura de construcción formada por la parte superior de los mantos de riolita, con sus hondonadas en parte llenas de los detritus de las partes altas... Las montañas se elevan apenas de 400 a 760 metros sobre la mesa y rara vez se encuentra un pico cuya altitud sea mayor de 2,740 metros sobre el mar... La mesa misma se eleva gradualmente hacia el Sur... Al paso de Moctezuma (2,225 metros) se llega y se cruza sin apenas darse cuenta de que se ha atravesado una llamada “divisoria continental”...

“El drenaje interior acaba aquí, y estamos al borde de la vertiente del Pacífico, que gradualmente le está robando terreno al drenaje interior... Aquí las montañas se alzan abruptamente hasta más de 2,740 metros sobre la marea, y la vereda que conduce a Guaynopita entra en el gran cañón del Río Yaqui (aquí conocido por el Aros) a una altura de 2,530 metros.

“La vista rivaliza con la del Gran Cañón del Colorado. El

Cañón de Aros es de 13 a 16 kilómetros de ancho, y el río corre de 1,370 a 1,525 metros abajo de los puntos más altos de la ceja...

“En varios lugares la meseta se reduce a una estrecha divisoria entre la vertiente oriental y la occidental, pero en todas partes los declives del Oeste son los más rápidos; las cabeceras de las corrientes están siendo empujadas hacia el Este...”

Según Ordóñez (415, 416, 420): “La altura media de la Sierra Madre Occidental es más o menos de 2,100 a 2,200 metros, pero hay picos o crestas que tienen alturas hasta de 2,800 y 3,000 metros, sobre el nivel del mar. Las sierras componentes del sistema o sistemas de la Sierra Madre, están muy próximas unas a otras, con sus altas crestas paralelas y uniformes separadas por cañones profundos, a veces por altos acantilados, sobre todo en sus pendientes altas, con varios colores y de una gran belleza. En otras partes las pendientes de las barrancas aparecen uniformes pero fuertes. Las acciones erosivas, especialmente en las rocas más recientes, determinan una topografía parcial y los cañones profundos, que nacen en los bordes de las largas mesetas que con frecuencia se extienden en las cimas de las sierras, aparecen como valles colgantes generalmente llamados “quebradas”.

Describiendo los rasgos superficiales de las Montañas de Cananea en el extremo norte de la Sierra Madre Occidental, Valentine (520) dice:

“Las montañas de Cananea se encuentran en el borde Oeste de la región llamada Sierra Madre Occidental, que consta de sierras desconectadas, que por lo general tienen sus ejes orientados de Norte a Sur, o de N.O. a S.E. Estas sierras están separadas por planicies aluviales de gravas del Terciario Final o del Cuaternario, simulando así las sierras del área de bolsones. La Sierra de Cananea tiene un eje de dirección aproximada N.S. El lado occidental es en general escarpado pero por su lado oriental tiene una serie de estribos de orientación S.E., paralela a las líneas estructurales en grande escala, y así desciende más gradualmente a la llanura cubierta de grava...”

“Las más de las corrientes de la Sierra misma tienen declives fuertes, rápidos o arrastraderos y valles estrechos a manera de cañón, y algunas de las formaciones resistentes producen cantiles, pero el aspecto fisiográfico general es el de disección madura, con redondeados picos, crestas y espolones”.

En un área situada al S. E., de Hermosillo, también en la parte Norte de la Sierra Madre Occidental, en el Sur de Sonora, King (316) dice: que la provincia puede dividirse en dos porciones distintas, la oriental o de meseta, y la occidental o de barrancas. Describe la porción de meseta como una superficie suavemente ondulada, esculpida por la erosión de los mantos de lava y otras rocas piroclásticas asociadas con ellos, con áreas montañosas que alcanzan alturas de 2,000 a 2,600 metros, y separadas por anchos valles de fondo plano. La porción de barrancas que constituye la vertiente occidental de la Sierra Madre, se describe como terreno hondamente excavado, cortado por tremendas barrancas, algunas de las cuales alcanzan profundidades de 2,000 metros.

Drenaje.

La Sierra Madre Occidental es la divisoria continental en el Norte de México. Algunas de sus corrientes que corren hacia el Este desembocan en los bolsones de la Mesa del Norte, otras, por medio del Río Conchos de Chihuahua, en el Río Bravo y de allí van al Golfo de México; y las de su vertiente occidental en el Golfo de California y el Océano Pacífico. La mayor parte del escurrimiento es hacia el Oeste, porque la verdadera divisoria está más próxima al borde oriental de las sierras que al occidental. Los ríos que desembocan en el Pacífico y el Golfo de California tienen la tendencia de seguir los valles longitudinales paralelamente al arrumbamiento de las sierras por la mayor parte de su curso, y luego cortar a través de las sierras hacia la costa.

Estratigrafía.

Las rocas de la Sierra Madre Occidental consisten principalmente en metamórficas, de edad probablemente Precámbrica, y en lavas Terciarias y Cuaternarias. Pero a lo largo de sus flancos y en su parte Norte se encuentran áreas de estratos Paleozoicos y Mesozoicos que comprenden capas que datan probablemente del Cámbrico, Devónico, Misisipiano, Pensilvaniano, Pérmico, Triásico, Jurásico y Cretácico.

Precámbrico.

Esquistos, neises y otras rocas metamórficas de edad probablemente Precámbrica existen en muchos lugares de la Sierra Madre Occidental, y probablemente forman todo el núcleo o corazón de la Cordillera. En la parte norte de la provincia se les ha podido fijar la edad. Describiendo la región de Cabullona en Sonora, Taliaferro (500) dice:

“Las rocas más antiguas que afloran son esquistos cristalinos más antiguos que el Cámbrico y que forman el complejo basal sobre el que fueron depositados los sedimentos del Paleozoico y posteriores. Consisten en esquistos cuarzosos y micáceos, duras cuarziyas esquistosas, y esquistos de cloritas y anfíboles, y representan rocas sedimentarias y volcánicas metamorfoseadas. Litológicamente son semejantes a los esquistos del Pinal de la comarca de Bisbee y al esquisto de Vishnu del Gran Cañón”.

Paleozoico.

Taliaferro observó también en el Norte de Sonora la existencia de estratos correlacionados con la cuarzita de Bolsa y con la formación de Abrigo, de edad Cámbrica, del Sur de Arizona. La formación de Abrigo fue descrita primeramente por Ransome como

la caliza de abrigo, porque en ella predomina la caliza en su localidad tipo. El nombre ha sido cambiado por el de formación de Abrigo por Stoyanow (497, 498), quien afirma que la caliza en algunos lugares es reemplazada por arenisca, cuarzita y caliza silícea, que contienen prácticamente el mismo conjunto de trilobitas.

Taliaferro (500) hace notar la semejanza de las capas de la misma área general con la caliza de Martin, del Devónico Superior, de Arizona.

Imlay (278) describe las capas del Misisipiano Inferior y del Permo-Carbonífero que afloran en el Norte de Sonora en la Sierra de Teras, el Tigre y Huichita Hueca como calizas hocsténicas de varios kilómetros de espesor. Las porciones Pérmicas contienen fusulinas, y las capas más antiguas, brachiopodos y otras formas. El Pérmico se correlaciona con el Leonard.

La caliza de Naco, de edad Pensilvaniana y Pérmica, está bien desarrollada en la parte Norte de la Sierra Madre Occidental donde alcanza un espesor de 2,500 metros según Taliaferro (500), que dice:

“La formación de Naco consiste en una caliza densa, de capas relativamente delgadas, que contiene abundantes fósiles del Pensilvaniano. La mayor parte se compone de caliza más bien pura, de color gris claro hasta oscuro, pero hay varias hiladas más bien delgadas especialmente cerca de la cima, que se componen de caliza impura, arcillosa o arenosa, de color rojo claro, con delgadas láminas arcillosas de partición de un rojo pálido”.

Calizas del Carbonífero se encuentran también cerca de Naco y de Cananea (359, 548).

Mesozoico.

Los depósitos a lo largo de la línea indefinida de demarcación entre la Sierra Madre Occidental y la Planicie Costera del Pacífico, que King (316) dubitativamente asigna a la formación de Barranca, están mejor desarrollados en el Desierto de Sonora, de la Llanura Costera, y por tanto los describiremos en ese capítulo.

Los depósitos del Cretácico están ampliamente distribuidos en la parte norte de la provincia. King (316) ha observado terrenos indiferenciados del Cretácico en el Oeste de Chihuahua. Un frente grueso de caliza, arenisca y arcillosa del Cretácico Medio en Santa Rosa, en la comarca del Cañón del Tigre en el Norte de Sonora, ha sido estudiado por Imlay (278), que lo correlaciona con el grupo de Bisbee del Sur de Arizona, y lo asigna al Trinity, representando, ya sea el Albiano o el Aptiano. Un frente de capas de caliza en la cuenca de Cabullona al N.E. de Cananea, estudiado por Taliaferro (500), contiene formaciones tanto del Cretácico Medio como del Cretácico Superior. El correlaciona la parte baja con el conocido grupo de Bisbee, del Sur de Arizona, pero el Cretácico Superior, que él llama grupo de Cabullona, lo consideró demasiado alejado de cualesquiera depósitos conocidos de esa edad para establecer la correlación.

Terciario y Cuaternario.

Los depósitos Terciarios de la Sierra Madre Occidental existen en dos grupos principales. El Inferior, en lo principal de origen volcánico, y que data del Terciario Medio, descansa discordantemente sobre rocas cretácicas y más antiguas. El Superior, que se compone principalmente de material clástico de origen terrígeno o lacustre, es del Terciario Final.

La serie volcánica se compone de lavas y otros piroclásticos asociados, probablemente eruptados en el Mioceno Medio. Rocas de composición andesítica parecen ser las más abundantes, pero son comunes la riolita y el basalto, y existen muchos otros tipos. Según Ordóñez (401) el orden de las erupciones fue granito, diorita-diabasa, andesita-dacita, riolita, dacita-andesita, basalto, andesita basáltica. Pero hay variaciones de un lugar a otro. En la región de Cananea, un frente que Valentine (520) describe como de probable edad Mesozoica Final o del Terciario Inicial consta de una serie de tres formaciones, cada una de las cuales es discordante con la anterior, y todas están cortadas por intrusiones.

Detalles petrográficos y estratigráficos de las rocas volcánicas han sido consignados por Ordóñez (401), Valentine (520), Mishler (357), y Wade y Wandke (548).

Las rocas del Terciario Final o del Cuaternario comprenden una serie de sedimentos primeramente descritos por Dumble (161) como la división de Baucari, que él definió como la porción superior de la triple serie del Terciario de Sonora. King modificó el nombre llamándole Baucarit (316), y considera esta unidad como areniscas ligeramente consolidadas, conglomerados y barros, con corrientes de basalto cerca de la base. Es discordante con las rocas anteriores. Restos de vertebrados sugieren que su edad es el Terciario Final o el Cuaternario, y una probable correlación con el conglomerado de Gila, en el Sur, de Arizona.

Los depósitos de basalto indudablemente incluyen corrientes de edad Cuaternaria.

Estructura.

El núcleo de la Sierra Madre Occidental consiste principalmente en esquistos, neises y rocas sedimentarias del Paleozoico y del Mesozoico, intensamente plegadas y deformadas, y cortadas por masas intrusivas, en su mayor parte cubiertas por mantos de lava del Terciario, los más antiguos de los cuales están algo deformados y metalizados, y a su vez cubiertos por corrientes de lava y tobas más modernas, apenas ligeramente perturbadas.

La dirección estructural dominante de la Sierra Madre Occidental es hacia el Norte o N.O., coincidente con la dirección de la cadena de montañas. El borde oriental está marcado por una zona de intensa deformación con corrimientos, caracterizada por fallas y por anticlinales recumbentes. Hill (247) ha descrito los detalles estructurales de la Sierra de Almoloya, que queda cerca del borde oriental de la provincia.

“La masa montañosa se compone de calizas estratificadas... basculadas y deformadas por los varios procesos de orogénesis y epirogénesis, de modo que en vez de yacer en la posición horizontal, en que originalmente fueron depositadas, están inclinadas en todos los ángulos posibles. También están plegadas, con pliegues apretados... constituyendo lo que geológicamente puede designarse como corrimientos anticlinales acostados o recumbentes, etc., propios de la estructura alpina... En ciertos lugares donde la flexión es muy aguda están completamente metamorfoseadas y convertidas en mármol cristalino”.

El borde occidental de la provincia es la zona de intenso plegamiento hacia abajo o enfallamiento, que deprimió la Planicie Costera del Pacífico. Islas hay en el Pacífico que dan muestras de ser las cumbres de cadenas de montañas parcialmente sumergidas, que han sido deprimidas más de 3,600 metros. Ordóñez (420) dice: “No podemos concebir el aspecto fisiográfico actual de la Sierra Madre Occidental de México sin suponer que ha sido formada por un enorme continuo y completo levantamiento”.

Algunos rasgos estructurales de las rocas sedimentarias y metamórficas de la parte Norte de la provincia han sido descritos en detalle. Taliaferro (500) dice que en la región de Cabullona hay gran diversidad de estructura; desde suaves plegamientos hasta grandes fallas corridas. Las fallas mayores son empujes complejos que han afectado a los esquistos Precámbricos y a los sedimentos Paleozoicos y Cretácicos en pliegues acostados y corrimientos. Lejos de la influencia de las fallas mayores las capas están más suavemente plegadas en estructuras casi paralelas que arrumban hacia el Norte-N. O.

Según Valentine (520) la disposición estructural en Cananea también es compleja. Las principales dislocaciones fueron producidas antes o en la época de las intrusiones abismales porque hay pocas fallas grandes posteriores a las intrusiones.

“Las fallas más antiguas, que son las más importantes, resquebrajaron el país en bloques que se han elevado, deprimido, basculado unos con respecto a otros. Un arrumbamiento de N.O. a

S.E., es característico de estas fallas, pero se las puede separar en dos grupos, uno que arrumba entre N.60°W y N.80°W y otro entre N.40°W y N.50°W”.

Describiendo el Sur de Sonora, King (316) dice que las altas escarpas del límite occidental de la provincia se deben en parte a enfallamiento y en parte a empuje desde el Este.

Historia Geológica.

La presente ubicación de la Sierra Madre Occidental coincide más o menos con el Geanticlinal Occidental que persistió en alguna forma como tierra firme desde el Precámbrico hasta la época actual. Los esquistos de Cananea son indudablemente del Precámbrico y los esquistos de otras partes de la Sierra Madre Occidental son probablemente de la misma edad. La parte Norte de la provincia, sin embargo, estuvo sumergida temporalmente durante algunos períodos del Paleozoico y del Mesozoico, como lo demuestra la presencia de estratos del Cámbrico, Devónico, Misisipiano, Pensilvaniano, Pérmico, Triásico, Jurásico y Cretácico. Los depósitos Cretácicos de casi 5,000 metros de espesor indican un largo período de deposición, pero la sedimentación fue interrumpida por la fase de regresión general que se inició hacia fines del Cretácico Medio, época que está probablemente indicada por la discordancia que se encuentra en la base de los sedimentos del Cretácico Superior.

Juntamente con las áreas adyacentes del N.O. de México, la provincia de la Sierra Madre Occidental se elevó en el movimiento general que culminó en la Revolución de Laramide. Esta elevación inició un período de erosión que redujo la meseta casi hasta el nivel de base en la primera parte del Terciario, formando la Penillanura Cordillerana.

La Sierra Madre Occidental data de la orogénesis del Mioceno

Medio. La Peneplanicie Cordillerana fue basculada en bloque con abuzamiento hacia el Este, y la Sierra Madre Occidental fue elevada con relación a la Mesa del Norte a lo largo de una zona de intensa trituración y plegamiento, yendo esta orogénesis acompañada de extrusión de lavas andesíticas y piroclásticos y de actividad intrusiva y metalización. Este período volcánico fue seguido de un período de activa erosión, al cual siguió a su vez más vulcanismo que continuó intermitentemente a través de una considerable parte del Terciario con extrusión de lavas tanto ácidas como básicas.

Los acontecimientos siguientes fueron la depresión de la Planicie Costera y la Baja California a lo largo del margen occidental de la Sierra Madre y la intensa erosión de su escarpa occidental que la ha reconfigurado y desplazado por la activa erosión en las cabeceras de los ríos que desaguan en el Pacífico. Algunos de éstos corren por cañones profundamente excavados de más de una milla de hondo. Con respecto al desarrollo de rasgos fisiográficos semejantes, Ogilvie (398a) dice:

“En el ciclo normal de erosión en una región húmeda, el corte transversal de los valles cambia desde la forma en V de lados empinados en la primera parte de la vida del río a la forma más suave de U en la madurez. En las regiones áridas la forma de U nunca se presenta. Si los valles se ensanchan es por la retirada de acantilados o farallones casi verticales. La razón parece ser que la humedad y sus resultados, el humus y la vegetación, están en su mínimo, y por tanto no hay causas que produzcan el suavizamiento de perfiles que es tan notable en un paisaje del Este (de los Estados Unidos), y cuando el agua llega a venir, llega en suficiente cantidad para producir un torrente de gran volumen y de alta velocidad. Un torrente semejante excavaría en cualquier parte cañones de lados escarpados, con la sola condición de que la roca sea lo bastante dura para quedarse en pie formando precipicios. En muchos casos abundan en la roca las juntas que hacen que se desprenda en bloques de las caras del acantilado”.

SIERRA DE LOS VOLCANES

El nombre Sierra de los Volcanes se aplica aquí por primera vez a la cadena montañosa volcánica considerada como una provincia separada. Tiene esta cadena 800 kilómetros de longitud y de 50 a 100 kilómetros de ancho, y ocupa partes de los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

La Sierra de los Volcanes está limitada al Norte por la Mesa Central, siendo el límite la línea en que la superficie de meseta cede el lugar a las vertientes de las montañas. Sus contactos occidental, meridional y oriental son la línea en que los materiales volcánicos encuentran los sedimentos de las provincias adyacentes, la Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera del Golfo. Esta línea rodea al Volcán de Colima y avanza hacia el Este, en un curso sinuoso cortando las cabeceras de los tributarios septentrionales del Río Balsas y rodeando al Volcán de Orizaba.

En 1866 se dio a esta cadena el nombre de Cordillera de Anáhuac (543), nombre que recuerda a los pobladores del territorio y que sugiere su reciente origen volcánico, y recientemente ha sido referido como Eje Volcánico (203a), como Sistema Tarasco-Nahuatl (588), y como Cordillera Neo-Volcánica (448).

Es una cadena montañosa volcánica compuesta enteramente de lavas y materiales piroclásticos del Terciario y del Cuaternario, no perturbados desde que se depositaron. Antes se la consideraba generalmente como parte de la Mesa Central, pero su origen, estructura geológica, mayor altura y rasgos fisiográficos la distinguen claramente de esa provincia, y justifican su definición como provincia separada. Así también, por razón de las diferencias es-

tructurales y fisiográficas señaladas, se distinguen de la Sierra Madre del Sur, una meseta profundamente disectada que sirve de piamonte a la Sierra de los Volcanes, compuesta de sedimentos intensamente plegados y enfallados del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico, cortados por intrusiones.

Topografía.

La Sierra de los Volcanes, cresta topográfica de las tierras altas Mexicanas, constituye una imponente cadena de montañas volcánicas cuya altitud varía entre 3,000 y 5,650 metros, y varios de cuyos volcanes, algunos de los cuales aun están en actividad, sobrepasan la línea de las nieves perpetuas. Si bien la erosión de los cráteres más antiguos ha sido suficiente para distinguirlos de los más recientes, la erosión total carece relativamente de importancia, pues ha desempeñado un papel muy secundario en la configuración de la topografía, que debe su forma actual en gran parte a las fuerzas constructivas del vulcanismo. De los centenares de conos volcánicos cuyas lavas se mezclan para formar la cadena montañosa, los más altos dominan el paisaje, y entre éstos algunos merecen mención especial.

El Citlaltépetl (Montaña de la Estrella de los Aztecas), mejor conocido por el Pico de Orizaba, en los límites de Veracruz y Puebla, tiene 5,747 metros de altura y se alza más de 3,000 metros sobre el nivel de la meseta. Es el tercero en altura de los picos de Norteamérica, sobrepasándolo únicamente el Monte McKinley de Alaska y el Monte Logan del Canadá. Es uno de los volcanes recientes, de forma casi cónica, completo el anillo que rodea el cráter. Desde este pico, el más alto de México, se tiene una vista magnífica de otros volcanes hacia el Oeste, de los valles circundantes, y del Golfo de México.

El Cofre de Perote, o Naucompatépetl, se eleva 4,200 metros

sobre el nivel del mar, en el Estado de Veracruz, a 50 kilómetros al N.E. del Pico de Orizaba. Los españoles le llamaron la Montaña Cuadrada, a causa de su forma peculiar.

El volcán activo Popocatépetl (La Montaña que Humea), de 5,400 metros de altura y su gemelo el Ixtaccíhuatl (La Mujer Blanca), de 5,300, están cerca del límite entre los estados de Puebla y México, en la orilla del Valle de México. El Ixtaccíhuatl debe su nombre al extraordinario parecido de su silueta nevada con la forma de una mujer acostada. Según la leyenda azteca la mujer era una diosa sentenciada a muerte por alguna falta, y a permanecer atada a este lugar. Su amante, el Popocatépetl, no quería abandonarla y fielmente la vigila, expresando su pena con quejumbres y lágrimas de lava.

Melgarejo (353) dice del Popocatépetl:

“En belleza tiene pocos rivales en el mundo. Los Alpes, el Himalaya, los Andes y otras de las grandes cadenas presentan, sin duda, picos de gran belleza y forma peculiar, pero en pocos se encuentra el encantador contraste peculiar del paisaje del Popo, como se le llama a la montaña localmente. Sus boscosas laderas y colinas circundantes, las llanuras cultivadas a sus pies, con sus retazos de suaves tintes verdes y amarillos, sus barrancos y cañones y más abajo los lagos, son como el marco de su inmenso cono de rocas rojizas, de arenas negras y su hermosa cima blanca”.

Describiendo el Ixtaccíhuatl, Farrington (174) dice:

“En forma y silueta difiere notablemente del Popocatépetl, ya que en vez de la forma redonda y cónica de éste, consiste en una larga y estrecha cresta dentada, con tres picos bien definidos... Su tajante y escarpada silueta, sus picos como agujas y sus crestas de peine, sus precipicios y escarpas, sus hondos y estrechos valles le dan un aspecto imponente y salvaje, que en todas partes se dulcifica hasta lo ameno y pintoresco por la presencia de los arroyuelos de montaña, gratos vallecillos y una rica y variada flora. Se dice, en verdad, que el paisaje se asemeja notablemente al de los Alpes, tanto en grandiosidad como en variedad”.

El Cerro del Ajusco (el Agua que Salta), de 3,952 metros, queda en el límite S. O. del Distrito Federal, bordeando el Valle de México, a 55 kilómetros de la Ciudad de México, desde cuyo punto presenta una hermosa vista. Se le considera el más antiguo de los volcanes conocidos, pero contiene un cráter adventicio de fecha muy reciente.

El Nevado de Toluca o Xinantecatl (el Hombre Desnudo), de 4,558 metros, está en el Estado de México. Queda a 70 kilómetros de la Ciudad de México, al S. O. de Toluca, que yace al pie de la montaña. El Nevado es uno de los volcanes más recientes, con anillo completo en torno del cráter, en cuyo centro hay dos lagos.

El Matlalcueye (Jubón de Malla), de 4,400 metros de altura, está en los límites entre los estados de Tlaxcala y de Puebla. Su forma, que sugiere una mujer escorzada y cubierta de un manto funerario, pero de cabeza esplendorosa, sugiere el nombre Azteca, pero se le conoce más comúnmente por la Malinche o Malintzin en memoria de la amada doncella india que sirvió de guía y compañera a Cortés. Aunque es uno de los volcanes más antiguos, ha retenido su forma cónica, y es uno de los más majestuosos y bellos de todos.

El Pico de Tancítaro, con una elevación de 3,600 metros, su compañero el Pico de Quinceo y los eslabones que los unen, los cerros Prieto y de las Palmas, están en el Estado de Michoacán, al N.O. y al S.O. del Lago de Pátzcuaro. Tancítaro es uno de los volcanes más antiguos, en estado avanzado de erosión.

El Volcán de Colima, recientemente activo, está en la parte S. O. del Estado de Jalisco, como a 80 kilómetros del Océano Pacífico. Consta de dos conos. El más alto, el Nevado de Colima, de 4,300 metros de altitud, cuya cima está cubierta de nieve la mayor parte del año, está apagado. El otro cono, el Volcán de Fuego de Colima conocido por el "Vesubio Mexicano", ha estado intermitentemente en erupción desde los tiempos históricos. Este pico señala el límite occidental de la Sierra de los Volcanes.

La más reciente erupción en esta provincia es la del volcán

activo Paricutín, en el Estado de Michoacán, unos 25 kilómetros al N.E. del Volcán de Tancítaro, y queda en una región donde hay cientos de extintos conos de cenizas, de origen reciente. A semejanza de muchos volcanes más antiguos que llevan nombre poético, que describen su forma o su origen legendario, toma su nombre del más próximo villorrio tarasco.

El relato de cómo surgió en medio de una sementera de maíz, y los detalles de su desarrollo y otras características han sido expuestos por eminentes vulcanólogos y hombres de ciencia de toda especie (89, 90, 192, 221, 222, 223, 257, 417, 418, 419, 421, 435, 514, 515, 564, 566, 572).

El volcán Paricutín es un cono de cenizas, del que emergen intermitentemente ríos de lava líquida. Es de forma simétrica, salvo donde el circo se ha derrumbado por las explosiones.

Describiendo el cráter, Ordóñez (421) dice:

"Entre lo más notable que se ha visto en el interior del cráter, han sido las grandes terrazas ligeramente inclinadas que a veces se forman cerca de sus bordes como en media luna y los ligeros deslizamientos que ocurren en las paredes de muy fuerte pendiente del embudo cratérico, causados seguramente por conmociones originadas por la fuerza de las explosiones. Por las angostas grietas que por esa causa se forman, salen delgadas columnitas de vapores blancos, las que en gran número se ven en círculos alrededor de las paredes del cráter.

En el muy estrecho espacio que queda en su fondo, se ven dos, y a veces tres bocas, las que con frecuencia cambian de forma y posición actuando cada una independientemente, siendo generalmente una la que produce la mayor cantidad de vapores durante las erupciones voluminosas. Una o las demás bocas a la vez, se rodean de pequeñas estructuras cónicas que fácilmente desaparecen para crearse otras nuevas.

Llama mucho la atención la pequeñez de las bocas de erupción comparada con la abundancia de vapores que forman gruesa columna arriba del cráter y que producen un ruido ensordecedor.

Los gases que salen con los vapores daban un fuerte olor a cloro y actualmente hay también un olor pronunciado a azufre.

Viendo el interior del cráter desde un aeroplano, se advierte el estado incandescente de las paredes de las bocas de erupción".

Trask (515) describe sus fenómenos nocturnos:

"El volcán, en la noche, aparece como una magnífica e inolvidable vista. Casi todas las bombas expulsadas por el cráter eran rojas debido a su temperatura, y se esparcían como un haz de cohetes, semejante a los fuegos artificiales del 4 de julio (Fourth of July flower-pot), el efecto floral se complicaba por el hecho de que cuatro o cinco explosiones tenían lugar consecutivamente antes de que hubieran caído todas las bombas de una explosión cualquiera. Así es como unas bombas van subiendo mientras otras forman arco en su culminación, y otras van cayendo. Después de chocar contra los lados del cono las bombas se despeñan formando arcos de fuego. Algunas se quedan en los lados, pero otras ruedan hasta el piso. El resplandor del cono crece y decrece conforme al número de bombas que caen y al intervalo entre las explosiones. Grandes explosiones cubren el volcán y el cono relumbra progresivamente como una cortina descendente cada vez más grande y de color rojo de fuego, en tanto que los fragmentos caen progresivamente a los lados del cono. Entonces y a medida que las bombas se enfrían, el color rojo se obscurece gradualmente. Antes de que el color se desvanezca totalmente cae una nueva lluvia de bombas y la escena se repite".

Drenaje.

La Sierra de los Volcanes no contiene ningún río grande, pero

sus corrientes constituyen las cabeceras de varios ríos de las provincias vecinas, entre ellos el Río Balsas, el Pánuco, el Lerma y otros, por conducto de los cuales sus aguas llegan hasta el Océano Pacífico y el Golfo de México.

La divisoria continental cruza la parte oriental de la Sierra de los Volcanes, conservando un curso tortuoso con dirección general hacia el S. E. La cresta queda en el Monte de las Cruces entre México y Toluca, separando las cabeceras del Río Lerma y el Pánuco... Hacia el S. E., rodea el Valle de México, pasando por el Ixtaccíhuatl, el Popocatepetl y la cadena de Norte a Sur, que los une y que formó la divisoria de las aguas entre el Río Pánuco y el Río Balsas.

Estratigrafía.

Las rocas superficiales de la Sierra de los Volcanes son andesíticas, basálticas y otros tipos asociados de lavas, con sus tobas y breccias, y algunos depósitos locales de morrena o canchal. Las rocas ígneas son en gran parte del tipo que se conoce por estratificadas, ya que se componen de sucesivas capas de lavas, tobas y breccias que se asemejan a formaciones sedimentarias. Como ya se indicó, Ordóñez ha clasificado las lavas de los volcanes mayores en tres grupos, que oscilan en edad desde el Mioceno Final hasta el Plioceno. Durante el Cuaternario también ha continuado el volcanismo, aunque en estado moribundo, hasta la actualidad. Ordóñez dice que las lavas del grupo más reciente se caracterizan por la augita y el hipersteno y las del grupo más antiguo por hornblenda y mica, y hay un grupo intermedio entre estos dos que contiene tanto hornblenda como augita. Las lavas del Terciario son de composición andesítica, las del Cuaternario son basálticas.

Las lavas de los volcanes Ajusco y Malinzin, cuyos cráteres presentan un estado más avanzado de erosión, representan tal vez

el período más antiguo del vulcanismo, que Ordóñez coloca en el Mioceno Final. Un período posterior de actividad volcánica representan los volcanes Nevado de Toluca, Ixtaccíhuatl y Nevado de Colima. Ordóñez (403) dice que el vulcanismo del Toluca se caracterizó por períodos de actividad y otros de tranquilidad, con lapsos intermedios de erosión, habiendo consistido su actividad final en erupciones de cenizas y de tobas que forman la cubierta o manto del volcán y se extienden en delgadas capas por sus laderas. Capas de tobas rojas arcilláceas alternan con capas de pómez y de aglomerado. Las lavas son grises cuando están frescas y de un gris rojizo hasta rojo cuando están oxidadas. Hovey (262) dice que un rasgo interesante es el domo de andesita vítrea dentro del cráter del volcán, que presenta cierta semejanza con el cono del Mont Pelé. Farrington (176) dice que las rocas preponderantes en el Ixtaccíhuatl son andesitas anfibólicas compactas o porosas de estructura porfirítica.

Un grupo posterior de volcanes, considerado por Ordóñez como del Plioceno Medio, incluye el Pico de Orizaba, el Popocatepetl y el Volcán de Fuego de Colima. Estos se caracterizan topográficamente por su forma cónica y petrográficamente por la presencia de piroxeno o hiperesteno. Describiendo el Popocatepetl, Farrington dice:

“En las paredes del cráter se ven claramente las capas de lava de que está hecho, distinguiéndose mejor en su lado occidental. Estas capas no están en posición horizontal, sino que se inclinan en diversos ángulos... Las capas están separadas por estratos de arena volcánica, de escorias, etc., que como son más atacables por la erosión que la lava consolidada, dejan a ésta sobresaliendo de las paredes. La interstratificación de estos productos volcánicos más sueltos indica que después de cada erupción de lava bloques gruesos y lluvias de arena fueron arrojados, que luego se consolidaban y cementaban más o menos antes de la siguiente extrusión de lava. Estos productos sueltos, además, con frecuencia quedaron cementados por la lava de la siguiente erupción, formando una

firme breccia, que en algunas porciones del cráter forma la única capa interpuesta entre dos de lavas compactas”.

La última fase de la actividad volcánica ha producido lavas de composición más bien basáltica que andesítica, y caracterizada por el plagioclase y el olivino. Lavas de esta clase abundan en el Estado de Michoacán, donde forman una superficie áspera y anfractuosa. Las lavas del volcán reciente Jorullo constan de varios mantos, cada uno de menor extensión que el anterior, los más antiguos compuestos de lava muy fluida y los posteriores de tobas y cenizas (533). Como subsidiarios o “volcancitos”, compuestos de lapilli y de bombas, rodean al cráter principal (258) los “hornitos”: son conos volcánicos en miniatura, domos formados de muchas capas concéntricas de cenizas o arena volcánica, con un respiradero por el que han escapado gases o vapores. Otras lavas de este período son las de las erupciones recientes del Colima, el Popocatepetl y otros volcanes. Las recientes corrientes, conocidas por los Pedregales del Xictli y de San Angel en el Valle de México, tuvieron su origen en un cráter subsidiario en los flancos del Ajusco.

Los depósitos glaciales son escasos. El glaciar de Porfirio Díaz se asienta en un valle en la ladera N.O. del Ixtaccíhuatl, y las acumulaciones de origen glacial asociadas con él son la morrena terminal del glaciar y las viejas morrenas laterales, que quedan cerca. Otros depósitos de arena y grava pueden representar los depósitos de escurrimiento de los glaciares fundentes que sin duda cubrieron en una época todas las partes más altas de la cordillera.

Los depósitos más recientes son las lavas basálticas y otras eyecciones del volcán Parícutín. Con respecto al aspecto general de las lavas, Ordóñez (421) dice:

“Con algunas excepciones las grandes corrientes de lava del Parícutín han mostrado siempre el aspecto de lo que llamamos Malpaís o Pedregal, es decir, un hacimiento de piedras de todos tamaños extendiéndose como mesas inclinadas en sus grandes superficies y con taludes de fuertes pendientes en sus frentes. En todas partes, a los grandes y pequeños bloques de piedras se mez-

clan abundantes arenas y lapilli, producto de las superficies escoriáceas de la lava, que por la fricción durante el movimiento se desgranán, aún reduciéndose a polvo fino. Fragmentos arredondados del grueso del puño o algo más grandes, también de textura escoriácea, forman a veces grandes bancos de aglomerados de color rojizo. Las piedras tienen el aspecto de lo que se llama en México "Tezontle".

Jaggar (289) dice: "Todos los informes parecen concordar en que el pahoehe o lava acordelada es rara en la provincia de Michoacán, pero bombas de lava líquida sí aparecieron en esta erupción, configurándose en el aire en forma de doble campana o de pera o almendra".

Petrográficamente, Ordóñez (421) describe la lava del Parícutín como basalto verdadero y también como basalto andesítico consistente en una matriz vítrea microlítica con fenocristales de olivina, de andesina y feldespatos de labradorita: y Schmitter (468) la describe como basalto latítico del olivino.

Con excepción de algunos depósitos glaciales y de arcillas y sedimentos recientes, los depósitos en la Sierra de los Volcanes son lavas y piroclásticos asociados, y, naturalmente, a estos depósitos no fosilíferos no se les puede determinar su edad geológica.

Sin embargo, basado en gran parte en el trabajo de Ordóñez—a quien consideramos como la autoridad más eminente en las lavas de México— las corrientes han sido divididas en las siguientes seis unidades y probables edades geológicas.

Mioceno Inferior (Andesita con hornblenda y augita). Lavas de los volcanes Ajusco y Malintzi.

Plioceno Superior (Andesita con hornblenda y augita). Lavas de los volcanes Nevado de Colima, Ixtaccíhuatl y Toluca.

Plioceno inferior (Andesita con augita o hypersthenita). Lavas de los volcanes Orizaba, Popocatépetl y Fuego de Colima.

Cuaternario (Basalto con plagioclase y olivino). Lavas del Jorullo y otros volcanes de Michoacán.

Reciente (Basalto). Lavas de origen reciente del Ajusco.

Al presente (Basalto latítico de olivino). Lavas del Volcán Parícutín.

Estructura.

Los rasgos estructurales de la Sierra de los Volcanes están en gran parte ocultos por las corrientes recientes de lava que cubren casi toda la provincia. Estas lavas y las rocas piroclásticas asociadas con ellas casi no han sufrido perturbación y reposan más o menos en la posición en que fueron depositadas originalmente. Pero bajo los mantos de lava las capas anteriores están evidentemente deformadas, y aunque están cubiertas pueden sacarse ciertas inferencias.

El alineamiento E.O. de los volcanes que forman las cimas de la cadena sugiere grandes fallas o grietas en esa dirección, a lo largo de las cuales han ocurrido las erupciones volcánicas.

La Sierra de los Volcanes corre a lo largo de la línea de demarcación entre la parte de México íntimamente relacionada por la fisiografía y la estructura con la parte S.O. de los Estados Unidos, y la otra parte que es esencialmente Centroamericana. La región al Sur de esa línea, llamada Sistema Orogénico Antillano, tiene un arrumbamiento dominante de Este a Oeste, mientras que la región hacia el Norte, que incluye a la Mesa Central, el arrumbamiento es hacia el N.O. La línea de los volcanes, a lo largo de la cual se postula la existencia de fallas o grietas, puede ser la exacta línea de demarcación entre las dos provincias orogénicas, y el área incluida en la provincia que aquí llamamos Sierra de los Volcanes participará así de las características estructurales de las dos regiones. El rápido descenso desde la Sierra de los Volcanes hasta la cuenca del Balsas también sugiere enfallamiento a lo largo de la zona meridional de esta provincia.

Historia Geológica.

El registro de la temprana historia geológica de la Sierra de los Volcanes está completamente oscurecido por la gruesa cubierta de lavas Terciarias y Cuaternarias. Se supone que fue semejante su historia a la de la Mesa Central hasta la época en que se inició el vulcanismo en el Terciario Medio o Final. El acontecimiento inicial de la historia volcánica de esta provincia puede haber consistido en un extenso enfriamiento y la apertura de una línea de grietas de Este a Oeste, que sirvieron de conductos o chimeneas para la extrusión de materiales volcánicos. Desde esa época hasta la presente su historia ha consistido en una serie intermitente de extrusiones de lava y de estallidos volcánicos que han edificado los diversos conos y las crestas que los unen.

Valiéndose de la forma topográfica y de la composición mineralógica, Ordóñez (420) ha deducido las edades relativas de las varias extrusiones. Dice él:

“Estudiando la forma de las cimas de los más altos volcanes y la secuencia petrográfica de las rocas de que están formados se puede deducir la edad relativa de estos altos volcanes. El Ixtaccíhuatl, por ejemplo, se considera entre los más antiguos con una altura de 5,250 metros. Su forma general es la de una alargada cresta formada por sobreposición de gruesas corrientes de lava abajo y más delgadas corrientes arriba, las cuales fueron arrojadas por chimeneas rodeadas por cráteres ahora totalmente desaparecidos. Algunos volcanes más antiguos que el Ixtaccíhuatl muestran solamente el núcleo de los materiales lávicos que formaron sus grandes cráteres, mientras que en otros estas calderas o cráteres, formados por roca sólida y brechas en sus cimas, aún conservan parte de su primitiva forma, habiendo sufrido el resto una destrucción por la acción erosiva de los vientos alisios y las lluvias. Un buen ejemplo de esto es el Ajusco, el que con un obelisco eroda-

do central muestra parte de su cráter coronando la sierra, que se levanta majestuosamente al sur de la ciudad de México.

El Popocatepetl con una altura de 5,450 metros es un volcán muy joven. Tiene su forma casi perfectamente cónica y muestra en las paredes escarpadas o casi verticales de su cráter la superposición de sus corrientes de lava. Este volcán, el segundo en altura de las grandes cimas de México, no está aún totalmente extinguido; los habitantes de la ciudad de México en los siglos pasados vieron frecuentemente las nubes de vapores y penachos de ceniza saliendo de su cráter. En las paredes del cráter, la alternancia de lavas duras y de brechas demuestran la estructura de un perfecto tipo de volcán estratificado con la característica disminución en la extensión de las corrientes de lava hacia la cima. La misma estructura se ve en el Pico de Orizaba, la montaña más alta de México con sus 5,650 metros sobre el nivel del mar. Estructura semejante se advierte en el Volcán de Fuego de Colima. Este es el volcán más occidental de la cadena de altos volcanes, orientada de Este a Oeste que ya hemos mencionado antes y que limitan por el Sur la Mesa Central de México. El Volcán de Fuego de Colima está ahora en condición más activa que el Popocatepetl, teniendo con relativa frecuencia erupciones paroxismales violentas”.

Además, basándose en los rasgos petrográficos tales como el color, la contextura y el contenido mineral de las lavas de los varios volcanes, Ordóñez (403) ha establecido la contemporaneidad de algunas de ellas y la probable edad geológica de todas ellas; sobre esta base él las agrupa como sigue, representando cada grupo un período de efusión separado de otros períodos de quietud y erosión; al final del Mioceno, el Ajusco y la Malinche; en el Plioceno Primitivo el Nevado de Colima, el Ixtaccíhuatl y el de Toluca; y en una etapa posterior del Plioceno, el Pico de Orizaba, el Popocatepetl y el Volcán de Fuego de Colima.

Tras un período de actividad volcánica andesítica durante el cual se elevaron los volcanes mayores, siguió un período de menor actividad pero señalado por vastas corrientes de lavas basálti-

cas que hallaron salida, tanto por las antiguas chimeneas como por las posteriormente formadas. Este período se halla en su etapa moribunda, pero el vulcanismo ha continuado de manera intermitente por todo el Cuaternario hasta la época reciente y aún continúa. La actividad de las solfataras en el vulcanismo reciente ha tenido por resultado el que se deposite azufre en los cráteres de los volcanes.

Durante el Pleistoceno se acumularon campos de nevisca en las partes altas de la cadena, dando origen a glaciación en ciertos lugares.

El acontecimiento más reciente de la historia geológica de la Sierra de los Volcanes, y que todavía continúa, fue el nacimiento y etapas iniciales de desarrollo del volcán Parícutín. Después de algunos días de ruidos intensos y de temblores, la erupción se inició con una delgada columna de humo que brotó de una grieta en una milpa. El conducto se abrió en Febrero de 1943, y al cabo de una semana el material fragmentado había formado un cono de 168 metros de altura: en diez semanas alcanzó una altura de 360 metros.

Los primeros materiales arrojados fueron en su mayor parte bombas que medían un metro o más de diámetro, aunque algunas eran mucho más grandes. También brotaron cenizas y arenas. Todo este material fue expulsado del cráter por explosiones violentas a intervalos de unos cuantos segundos. Densas nubes de cenizas se elevaron hasta alturas de más de 2,000 metros, que empujadas por los vientos por muchos kilómetros formaron luego gruesos depósitos.

La primera corriente de lava líquida apareció poco después de las primeras explosiones y en seis semanas llegó a una distancia de 1,800 metros. En Abril hubo tempestades eléctricas con grandes lluvias de cenizas acompañadas de relampagueo en el seno de las nubes de cenizas que se formaban arriba del cono. Un mes después se inició una activa fase de emisión de lava, durante la cual en unas semanas ocho corrientes brotaron del interior del cono,

cada una precedida de un lapso de violenta actividad explosiva que cesaba durante la emisión de la lava.

En Julio y Agosto de 1943, en un lapso de intensa actividad, los vapores alcanzaron alturas de 6 kilómetros, al mismo tiempo que ocurrían violentas explosiones que producían grandes cantidades de cenizas, arenas, escorias y bombas incandescentes, y la lava líquida fue empujada hasta derramarse por encima del borde del cráter. Ordóñez (421) llama a éste el período de mayor actividad, pero hace notar que la disminución de actividad desde entonces no ha sido grande, y que en Diciembre de 1946 el volcán continuaba con su actividad eruptiva usual.

SIERRA MADRE DEL SUR

La Sierra Madre del Sur es una cadena montañosa que ocupa la parte meridional de las tierras altas centrales, dando frente al Océano Pacífico y extendiéndose al Oeste del Istmo de Tehuantepec. La provincia que aquí llamamos Sierra Madre del Sur incluye, además de las montañas del mismo nombre, la cuenca del Balsas y todas las tierras altas que se encuentran entre la Sierra de los Volcanes y la Planicie Costera del Pacífico. Esta provincia abarca parte de Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Morelos y Michoacán. Mide 1,000 kilómetros de largo de N.O. a S.E., y tiene una anchura máxima de unos 300 kilómetros. Está limitada al Norte por la Sierra de los Volcanes, al Sur por la llanura de Tehuantepec, y al Este por la Planicie Costera del Golfo. El ángulo N.O. de la provincia toca justamente a la Mesa Central.

La Sierra Madre del Sur tiene por base rocas cristalinas, caliza plegada y otros sedimentos clásticos asociados con ella, lavas e intrusiones. Tectónicamente la Sierra Madre del Sur se relaciona con la Sierra de Chiapas, de la que está aislada por la depresión del Istmo de Tehuantepec. Esta depresión se debe en parte a enfriamiento y en parte a erosión, pero constituye una interrupción topográfica suficiente para diferenciar fisiográficamente a una provincia de otra.

Algunos han sugerido que la Sierra Madre del Sur puede estar relacionada genéticamente con la Sierra Madre Occidental, mientras que otros sugieren que su relación es con la Sierra de la Baja California. La relación de la Sierra Madre del Sur con la Sierra Madre Occidental no está clara debido a las lavas de la Mesa Central y la Sierra de los Volcanes, pero como la Sierra Ma-

dre del Sur forma parte del Sistema Orogénico Antillano, y la Sierra Madre Occidental pertenece por sus afinidades más bien a la América del Norte que a la América Central, la correlación no parece justificada.

La diferenciación entre la Sierra Madre del Sur y la Sierra de los Volcanes se basa en gran parte en la diferente forma topográfica, los rasgos orográficos y el modo de origen de las dos provincias. La Sierra de los Volcanes es una elevada cadena volcánica de origen relativamente reciente, ya que sus lavas casi no han sufrido perturbación y apenas están erosionadas: la Sierra Madre del Sur es una meseta profundamente disectada de rocas plegadas, enfalladas y separadas por intrusiones, que datan del Precámbrico, del Paleozoico y del Mesozoico.

La diferenciación entre la Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera del Golfo o la llanura de Tehuantepec de la Planicie Costera del Pacífico se basa en la distinción entre tierras altas y tierras bajas, y la línea de demarcación entre unas y otras provincias se extiende a lo largo de la base de las sierras.

Topografía.

La Sierra Madre del Sur es una parte de las tierras altas que ha sufrido gran denudación, constituyendo una de las provincias más profundamente disectadas y escabrosas de México. En el Sur de Guerrero culmina en una cadena central que corre de Este a Oeste, y que se extiende casi hasta el Océano Pacífico. El descenso de la Sierra de los Volcanes a la cuneta del Río Balsas es muy abrupto; el de la cumbre de la Sierra Madre del Sur al Océano Pacífico lo es casi otro tanto. En su límite oriental esta provincia se señala por una escarpa muy empinada de significación probablemente estructural. La provincia incluye las cadenas montaño-

sas que forman la Sierra del Sur propiamente dicha, la cuenca del Balsas y las áreas elevadas contiguas, incluso la Mixteca Alta.

La Sierra Madre del Sur se compone de una serie de cadenas paralelas cuyos ejes principales se dirigen casi de Este a Oeste, coincidiendo con los principales ejes de plegamiento. Su pico más alto, el Cerro de Teotepec, de las Cumbres de la Tentación en el Estado de Guerrero, alcanza más de 3,300 metros de altitud.

La parte N.E. de esta provincia se conoce por la Mixteca Alta. Al describir esta área Wieland (569) dice:

“La Mixteca Alta o país alto de los Mixtecas es únicamente una porción más o menos indefinida de la meseta y zona montañosa de Oaxaca y estados adyacentes ocupadas por las tribus Mixtecas originales... La Mixteca Alta es una porción de la región limítrofe meridional del sistema cordillerano, que da frente al Pacífico y se extiende a través de Oaxaca central y occidental penetrando mucho en Guerrero, así como hacia el Norte, en Puebla... La topografía es extremadamente escabrosa. Las corrientes de agua, al cortar sus cauces a través de macizas calizas Cretácicas que reposan sobre estratos Jurásicos de menor resistencia forman un imponente sistema de valles profundamente excavados, de gargantas y de cañones. Y sin embargo, a causa de la vegetación tan variada, la abundancia de pino y encino, con espacios relativamente libres de vegetación o estériles, el paisaje es mucho más suave que en la región montañosa del centro de México”.

Ordóñez (420) ha descrito la Cuenca del Balsas:

“Más allá de la alta barrera meridional de la Mesa Central y separada del Golfo de México por la Sierra Madre Oriental y del Pacífico por la Sierra Madre del Sur, se extiende una región extraordinariamente montañosa drenada por el importante Río Balsas, el que tiene su origen en los flancos de los volcanes que limitan la Mesa Central. En general, las sierras que componen la provincia de la Cuenca del Balsas, aunque ramificadas en diversas direcciones, tienen una dirección general Oriente-Poniente casi paralela a la de las sierras componentes de la Sierra Madre del Sur.



NIERIA

El curso del Río Balsas sigue en general más o menos esta dirección Este-Oeste hasta tomar cerca de su desembocadura en el Pacífico un curso S.O. La mayor parte de los grandes tributarios de este río proceden del Norte, y por lo tanto se unen a la corriente principal por su margen derecha, aunque muchas corrientes pequeñas también se unen al Balsas por su margen izquierda. Esta particularidad se debe al hecho de que las cimas de la Sierra Madre del Sur, que limitan a la provincia del Balsas por el Sur, quedan muy cerca del curso de este río. Entre las altas sierras de la Cuenca del Balsas quedan comprendidos numerosos valles determinados, grandes y pequeños, los cuales a veces se comunican por angostos y escarpados cañones, por donde corren los tributarios y aun la corriente principal del Balsas”.

Drenaje.

El drenaje de la Sierra Madre del Sur se verifica principalmente por el Río Balsas y sus tributarios que penetran hasta el interior de la provincia. Antes de salir a la Llanura Costera corre hacia Occidente a través de los estados de Tlaxcala, Puebla y Guerrero, formando parte del límite entre Guerrero y Michoacán. Uno de sus tributarios desde el Norte, el Amacuzac, después de un curso subterráneo de varias millas, emerge en las famosas grutas de Cacahuamilpa. Abajo de su confluencia con el Río Márquez el Balsas es conocido oficialmente por Río Mexcala, aunque el nombre de Balsas se aplica muy comúnmente a toda la corriente. El Balsas es navegable en su parte inferior, pero su curso superior es muy rápido y contiene muchos arrastraderos y cascadas.

Estratigrafía.

Las formaciones de la Sierra Madre del Sur comprenden esquistos y neises Precámbricos, rocas eruptivas de edad probablemente Paleozoica, una gruesa sección de rocas sedimentarias del Jurásico y del Cretácico y lavas del Terciario.

Precámbrico.

Esquistos y neises generalmente considerados como de edad Precámbrica se encuentran ampliamente distribuidos por toda la provincia (405).

Paleozoico.

Descansando sobre los esquistos en Consuelo, en la Mixteca Alta, y discordantemente abajo de las arcillas del Mesozoico se encuentra una roca eruptiva que puede ser de edad Paleozoica o Mesozoica Primitiva. Parte de los esquistos y neises mencionados arriba pueden ser del Paleozoico (102).

Jurásico.

El Jurásico Inferior de la Sierra Madre del Sur es una facies continental consistente en areniscas que contienen hulla, conglomerados y arcillas que contienen plantas. En ciertas localidades, éstas reposan sobre esquistes Precámbricos, y en una localidad descansan sobre rocas no fosilíferas que pueden datar del Triásico Superior.

Las capas más antiguas conocidas están cerca de Consuelo en Mixteca Alta, donde alcanzan un espesor máximo de 500 metros. Contienen una abundante flora, en su mayor parte de cicadas, que varían en edad desde el Jurásico basal al través de todo el Liásico.

Estas capas son las primeras del Liásico típico que se han descrito en Norteamérica (53, 60, 102, 281, 383, 386, 552, 569, 570, 571).

Según Buckhardt (102) estos depósitos están cubiertos por capas marinas del Jurásico medio. Depósitos semejantes se presentan en el Oeste Central de Oaxaca. Una sección de capas continentales en Tehuacán, Puebla, comprende Liásico y posiblemente Mesojurásico (374).

El Jurásico Medio de la Sierra Madre del Sur se conoce únicamente en el Oeste de Oaxaca y en el N.E. de Guerrero. Tiene un espesor como de 300 metros y consiste en arenisca fosilífera, conglomerado, margas, caliza y arcillas que contienen carbón, con nódulos ferruginosos que contienen ammonitas (102, 105).

Cerca de Cualac en Guerrero y de Consuelo en Oaxaca las formaciones del Jurásico Medio se confunden hacia arriba con capas del piso Caloviano del Jurásico Superior (101, 102, 105). Las capas Mesojurásicas del Oeste de Oaxaca están cubiertas por caliza, marga y arcilla de edad Oxfordiana, y éstas a su vez por arcilla oscura y caliza que contiene ammonitas del Kimmeridgiense (102, 177, 186, 281). Capas de edad Tithoniana se dan también en el Occidente de Oaxaca (177).

Cretácico.

Las rocas cretácicas se encuentran ampliamente distribuidas en esta provincia en el Sur de Puebla. El Jurásico está cubierto al parecer concordantemente por 300 metros de arcillosa, marga y caliza que sugieren la edad Neocomiana (5, 383, 386), a las que sigue concordantemente la formación Neocomiana Superior de Zapotitlán, la cual consiste en 200 a 400 metros de marga con algo de caliza y arenisca (102, 157, 158, 178, 374). Sobre esto reposa en concordancia la formación de San Juan Raya de edad Aptiana, la cual comprende más de 500 metros de marga con cantidades menores de caliza y arenisca (129, 374, 398). La edad de la formación superyacente de Cipiapa se desconoce, pero puede ser Albiana y en parte del Cretácico Superior (5, 102, 282, 374).

En las proximidades de Orizaba, en la parte oriental de la provincia, la caliza de Maltrata, la arcillosa de Necoxtla y la caliza de Escamela abarcan una serie que se extiende desde el Aptiano hasta el Turoniano (61, 102, 427).

Margas y arcillas del Neocomiano se presentan en el Oeste de Oaxaca (102, 105, 177). Cerca de la Ciudad de Oaxaca la arcillosa del Neocomiano está cubierta por breccia caliza (71, 102, 178, 374). La breccia a su vez está cubierta por arcilla margosa de edad Albiana y Cenomaniana. Calizas que contienen rudistidas del Turoniano se encuentran cerca de Ejutla (71, 372, 427).

En el Norte de Guerrero y el Sur de Michoacán el Neocomiano comprende depósitos de arcilla carbonosa, arenisca y caliza (102, 227).

En el centro de Guerrero, calizas fosilíferas del Cretácico Inferior reposan sobre rocas metamórficas (102, 387) y el Cretácico Superior está representado por capas de marga, caliza y arenisca del Turoniano, Coniaciano y Santoniano (77, 98, 105, 387).

Depósitos Mesocretácicos ocurren en la parte occidental de la provincia. Cerca de la Ciudad de Colima hay capas del Albiano Medio compuestas de margas que contienen material volcánico, alternando con capas de caliza y de arcillosa oscura. El Albiano Superior consta de caliza con horsteno, que contiene ammonitas (71, 102, 282).

Turoniano y Cenomaniano se encuentran en el Sur de Jalisco, en la parte sudoccidental de la provincia (282, 427).

Terciario.

Las formaciones del Terciario no son extensas. Lavas del Terciario y posiblemente del Cuaternario ocurren en áreas aisladas, y estratos marinos del Mioceno Superior o del Plioceno se dice que se presentan en el Norte de Oaxaca (66, 425).

Estructura.

La Sierra Madre del Sur está hecha en gran parte de las rocas cristalinas que componían la antigua zona limítrofe continental del Sur, juntamente con espesas capas de caliza del Mesozoico y con intrusiones y materiales volcánicos del Terciario. El arrumbamiento tectónico dominante es de Este a Oeste, o un poco al Norte del Oeste, paralelo a las cadenas de montañas que se encuentran en la provincia, a la Sierra de los Volcanes y a la costa meridional de México.

Esta dirección estructural es de origen muy antiguo, habiendo prevalecido ya en el Paleozoico y tal vez en el Precámbrico. La influencia de esta dirección tectónica dominante se hace evidente en los rasgos topográficos del paisaje, particularmente en las cadenas de dirección Este-Oeste, que forman la Sierra Madre del Sur y en el valle paralelo del curso superior del Balsas.

Que la provincia es un bloque encallado y deprimido de las Tierras Altas, lo sugiere la abrupta escarpa que forma su contacto con su vecina del Norte, la Sierra de los Volcanes, pero la relación real entre ellas está oscurecida por la cubierta de lavas recientes. El enfallamiento a lo largo del contacto de la Sierra Madre del Sur con la Llanura de Tehuantepec es también probable, así como las fallas transversales, cuya presencia sugiere la abrupta escarpa que señala el contacto Oriental con el Istmo de Tehuantepec y también ciertos planos de resbalamiento de dirección Norte-Sur. Ordóñez (415) dice que las cadenas meridionales de la Sierra Madre dan frente a uno de los abismos del Océano Pacífico y que toda la región está resquebrajada por fallas.

Historia Geológica.

La historia geológica primitiva de la Sierra Madre del Sur no está bien documentada. La parte meridional de la provincia constituía la periferia del área continental que aquí llamaremos del Sur, un geanticlinal que probablemente permaneció emergido durante el Precámbrico, el Paleozoico y parte del Mesozoico. Ciertas rocas eruptivas indican que hubo vulcanismo en el Paleozoico o a principios del Mesozoico.

Desde el Triásico Final o el Jurásico Inicial hasta todo el Mesocretácico estuvo limitada al Norte por un brazo del Geosinclinal Antillano, que en ciertas épocas puede haber tenido conexión con el Pacífico por medio del Portal del Balsas. En el Rhaetico y el Liásico las áreas sumergidas eran indudablemente estuarios en los que se depositaron areniscas carbonosas y argiláceas que contienen cicadas y helechos. En el Dogger la sedimentación marina se hizo más extensa, y fue más o menos continua al través de todo el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior, época en la que ocurrió algo de plegamiento y orogénesis, como lo prueba la marcada discordancia que se encuentra en la base de los sedimentos Mesocretácicos, los cuales descansan sobre Cretácico Inferior, sobre Jurásico y sobre esquistos.

La sedimentación llegó a su fin en el Cretácico Superior por la elevación de esta provincia juntamente con todas las Tierras Altas durante la Revolución de Laramide. El Terciario Primordial fue una época de denudación. Durante la Revolución Antillana a fines del Mioceno Medio la Sierra Madre del Sur se plegó a lo largo de ejes dirigidos de Este a Oeste, yendo esta orogénesis acompañada de actividad intrusiva y extrusiva. Después de un período de relativa quietud, de nuevo se produjo orogénesis acompañada de vulcanismo y enfallamiento en el Plioceno Final y en el Cuaternario.

SIERRA DE CHIAPAS

La provincia de la Sierra de Chiapas se define aquí como el área que cubre la cadena del mismo nombre, la cual se extiende desde el Istmo de Tehuantepec hasta la punta S. E. de México. Abarca casi todo el Estado de Chiapas.

Por el S. E. esta provincia llega hasta la frontera de Guatemala y es continua con las áreas elevadas de ese país. En todas las demás direcciones está circundada por las Planicies Costeras del Golfo y del Pacífico, habiendo generalmente un límite bien marcado en el que las áreas bajas de la costa ceden el lugar a las estribaciones de las montañas. El contacto con la Llanura Tehuantepecana por el lado del Pacífico es muy abrupto; por el lado del Golfo es menos definido porque la Llanura Costera asciende gradualmente hasta las tierras altas.

La Sierra de Chiapas se compone de rocas cristalinas esquistosas, de potentes calizas y sedimentos clásticos interrumpidos por intrusiones y cubiertos en parte por lavas más recientes. Es la prolongación Mexicana de las Altas Tierras Guatemaltecas, que forman un importante eslabón del Sistema Orogénico Antillano (246, 250), esa banda o cinturón estructural que se extiende a través de Centroamérica y las Antillas pero no guarda relación ni con la Cordillera de Norteamérica ni con la de Sudamérica.

La Sierra Guatemalteca y Chiapaneca consta de una elevada meseta compuesta de cadenas paralelas que guardan una dirección un poco al Norte del Oeste, separadas por cunetas longitudinales de enfallamiento. Las cadenas de plegamiento, más antiguas, están cubiertas en parte por una cadena volcánica más reciente,

que es importante en Guatemala y se extiende en parte a través de Chiapas.

Genéticamente la Sierra de Chiapas se relaciona probablemente con la Sierra Madre del Sur, otro eslabón del sistema orogénico Antillano, pero las dos provincias están separadas topográficamente por el bloque enfallado y deprimido del Istmo de Tehuantepec.

Topografía.

La Sierra de Chiapas es una escabrosa masa montañosa que consta de dos cadenas paralelas de dirección general hacia el N.O., cuatro sub-provincias señala Ver Wiebe, (528) el Area Montañosa del Pacífico, el Area Central Deprimida, la Meseta Central y el Area de Estribaciones del Norte.

El Area Montañosa del Pacífico contiene las más altas cadenas, que son la prolongación hacia el N.O. de las sierras mucho más elevadas de Guatemala. En México esta cordillera tiene una elevación media de 2,000 a 2,500 metros, elevándose gradualmente hacia el S.E. El punto más alto en el lado Mexicano es el Volcán Tacaná sobre la frontera de Guatemala, un cono volcánico de origen comparativamente reciente, que se alza majestuoso sobre el nivel general de la cadena granítica hasta una elevación de más de 4,000 metros. El Area Montañosa del Pacífico tiene un descenso abrupto por el lado S. O., con una caída de 3,000 a 4,000 metros en una distancia de 50 a 60 kilómetros, pero presenta un declive más suave hacia el N.E.

Hacia el N.E. se extiende el área central deprimida, que queda entre las dos principales áreas montañosas. Tiene una altitud media de unos 600 metros. Todavía más al N.E. del área central deprimida está la Meseta Central, compuesta de alturas de 1,500 a 2,500 metros de elevación. Limitando a la meseta central

por el N.E. se encuentra el área de estribaciones. Se caracteriza por colinas y cordones bajos y redondeados de entre 300 y 500 metros de altura. Hacia el Norte se desvanece gradualmente confundándose con la Planicie Costera del Golfo.

Drenaje.

El drenaje de la Sierra de Chiapas se efectúa casi todo hacia el Golfo de México, ya que la cresta de las montañas queda cerca del Océano Pacífico. Principalmente se efectúa por los tributarios del Río Grijalva, corriente navegable que desemboca en la Bahía de Campeche cerca de Alvaro Obregón, en el Estado de Tabasco. El Río Usumacinta, que forma parte de la frontera con Guatemala, también nace en la Sierra de Chiapas y corre a través de Chiapas y Tabasco para desembocar en la Bahía de Campeche. El drenaje hacia el Pacífico se verifica por medio de cortos y rápidos torrentes de montaña.

Estratigrafía.

Las rocas de la Sierra de Chiapas consisten en esquistos Precarboníferos, en sedimentos del Paleozoico, del Mesozoico y del Terciario y en varias rocas intrusivas.

Precarbonífero.

Granito y esquistos cristalinos, de edad Precarbonífera y tal vez hasta Precámbrica, se encuentran en la base de casi toda la zona montañosa del Pacífico (62, 65, 319, 367, 377, 379, 383, 386, 459, 528).

Paleozoico Superior.

Los esquistos están cubiertos discordantemente por capas de la serie de Santa Rosa, que fue primeramente descrita en la región adyacente de Guatemala (7, 154, 550) como consistentes en arenisca, conglomerado y arcilla, que en parte son rojos y verdes ocupan una faja adyacente a las rocas metamórficas. No se conocen fósiles de las capas de Santa Rosa de Chiapas. King (319) dice que la lista de fósiles de la parte superior de la formación de Santa Rosa en Guatemala sugieren que datan de la última parte del Misisipiano, pero que se han recogido fósiles Pérmicos en capas identificadas como de Santa Rosa en el S.E. de Guatemala. Schuchert (469) dice que a juzgar por los datos de Guatemala la edad es Pérmica.

Descansando sobre las capas de Santa Rosa hay una sección hecha de capas bien estratificadas de caliza cristalina de color oscuro hasta gris azulado, en algunos lugares dolomítica, en otros conglomerática. Anteriormente se suponía que esta caliza era de edad Carbonífera, pero basándose en fósiles diagnósticos Mullerried y otros han mostrado que data del Pérmico de Leonard (319, 390).

Mesozoico.

Depósitos de edad Triásica probada no se sabe que existan en la provincia de la Sierra de Chiapas. El Jurásico contiene tanto facies continentales como facies marinas. El equivalente de los más antiguos sedimentos conocidos es una serie conocida como las capas de Todos Santos, serie que probablemente abarca varias formaciones. Se compone de una arenisca potente de color rojo y que contiene plantas, arkosa, conglomerado y barro que discordantemente reposan sobre esquistos y caliza Pérmica. Mullerried (367, 377, 383, 386, 389) considera que la parte inferior es Jurásico Inferior y Medio, y posiblemente Triásico Superior. El demostró la

edad Neocomiana de la parte superior. La parte alta de la formación de Todos Santos parece ser el equivalente de la formación de Tuxtla (282, 528). Está cubierta por estratos Albianos y Cenomanianos (282, 383, 386).

Las investigaciones de Mullerried han establecido la secuencia de una sección bastante completa del Cretácico Superior que incluye a la formación de San Cristóbal, la cual antes se definía como el Cretácico superyacente a la formación de Tuxtla.

Terciario.

El Terciario comprende depósitos del Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Plioceno, que ocurren a lo largo del declive septentrional de las montañas en forma de fragmentos destacados o avanzados de los gruesos depósitos Terciarios de la costa norte del Istmo de Tehuantepec. Los estratos más antiguos que se conocen del Terciario de la región contienen fósiles que se relacionan de cerca con los de Eoceno Medio de California. Las capas superyacentes constituyen las arcillas, areniscas y caliza de vivos colores de la formación del Triunfo, que, basándose en sus foraminíferas se considera como del Eoceno Superior o del Oligoceno Inferior. Los estratos del Mioceno Superior comprenden la formación de Simojovel que litológicamente es semejante a la del Triunfo, predominando las pelíticas argiláceas, con capas intercaladas areniscas y margosas y también caliza. La formación de Tenejapa también se compone de arcilla, arenisca y caliza. Sobre la base de una fauna abundante se la considera como del Mioceno Superior o Plioceno Inferior (62, 173, 349, 459, 460, 469, 528, 544). Corrientes andesíticas que se encuentran en la Sierra de Chiapas datan probablemente del Plioceno Final.

Estructura.

Las formaciones sedimentarias, metamórficas e ígneas de la Sierra de Chiapas ocupan fajas más o menos paralelas con arrumbamiento hacia el N. O., coincidiendo con las principales direcciones tectónicas. Ver Wiebe (528) dice:

“El gran espinazo del continente Norteamericano atraviesa Chiapas cerca de la costa del Pacífico, y se compone de granito y neis... En todo el Estado de Chiapas el arrumbamiento de las rocas se aproxima mucho a un rumbo que varía entre Este, Oeste y S.E., N.O... Los rasgos topográficos reflejan este arrumbamiento dominante de muchas maneras; como ejemplo, la línea de la costa, la orientación de las corrientes y el alineamiento de las crestas o cadenas”.

También hace notar la predominancia del enfallamiento sobre el plegamiento en esta área, sobre todo en la zona que queda inmediatamente al Norte del área montañosa del Pacífico, en el área deprimida, y en la meseta central, donde las largas escarpas rectilíneas sugieren fuertemente fallas. Describe la depresión central como una fosa tectónica y la meseta como un horst.

“La zona más marcada de enfallamiento queda justamente al Norte de la depresión Tuxtla-Chiapas. Una estrecha zona en la que prevalece una topografía de farallones separa la depresión central relativamente plana de la meseta aterrizada. La estructura de las rocas en ambas provincias se caracteriza por capas horizontales, pero la estrecha zona que las separa se compone de calizas de fuerte abuzamiento. El abuzamiento o echado va dirigido hacia el Sur y representa sin duda el arrastre de la falla. También se encuentran fallas transversales... lo que nos conduce a suponer que las rocas están fracturadas casi perpendicularmente al arrumbamiento”.

Historia Geológica.

La provincia de la Sierra de Chiapas queda en su mayor parte en el área ocupada por el antiguo Geosinclinal Antillano, pero ocupa también la parte Norte del contiguo geanticlinal antillano. No se sabe qué deformaciones haya podido sufrir esta antigua masa continental en la primera parte del Paleozoico, pero en el Pérmico formaba la costa del Geosinclinal Antillano en el que estaban depositándose sedimentos. Según Schuchert (469):

“Hacia fines del Pérmico ocurrió la primera orogénesis de plegamiento que puede fecharse con seguridad, con intrusiones de granito y probablemente de serpentina. El núcleo agrandado continuó existiendo al parecer hasta principios del Cretácico, cuando los mares del Norte transgredieron de nuevo ampliamente hacia el Oeste sobre la mayor parte de México y hacia el Sur sobre el geanticlinal, pero todo ese tiempo la parte Sur y S.O. del “protaxis” permaneció siendo tierra.

“En la última parte del Mesozoico, y probablemente ya en el Senoniano, se inició de nuevo la orogénesis de plegamiento y parece haber continuado hasta principios del Eoceno. Este movimiento de la costra plegó y empujó las formaciones Mesozoicas hacia el Sur contra las más antiguas del núcleo, haciendo que mucha parte de Oaxaca, Chiapas y Guatemala volviera a ser tierra firme, y así permaneció hasta muy avanzado el Eoceno. Luego los mares del Norte de nuevo empezaron a invadir el Sur de México y la parte más septentrional de Centroamérica...”

“En la última parte del Plioceno ocurrieron grandes elevaciones epirogénicas, levantando el occidente de Chiapas cuando menos 1,070 metros y el área oriental unos 2,130 metros, la parte central más de 530 metros y la porción septentrional como 2,377 metros.

PLANICIE COSTERA DEL GOLFO

La Planicie Costera del Golfo comprende el área de tierras bajas que circunda el Golfo de México. Abarca parte de los estados de Tamaulipas, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán. La Planicie Costera del Golfo mide 2,600 kilómetros de largo y varía en ancho desde 60 hasta 300 kilómetros.

La diferenciación de la Planicie Costera del Golfo con respecto a las provincias altas se basa en parte en la diferencia de elevación y en parte en la diferencia de rasgos estructurales. Con relación a las provincias altas adyacentes la Planicie Costera del Golfo es un bloque plegado y enfallado hacia abajo. Sus rocas están moderadamente plegadas mientras que las de las provincias vecinas lo están en alto grado, particularmente a lo largo del área deformada contigua a la Planicie Costera.

Está limitada al S.O. y Sur por las alturas Sierra Madre Oriental, Mesa Central, Sierra de los Volcanes, Sierra Madre del Sur y Sierra de Chiapas. Por una distancia de unos 160 kilómetros a lo largo de la Divisoria Continental en el Istmo de Tehuantepec colinda con la Llanura de Tehuantepec perteneciente a la Planicie Costera del Pacífico. Al Norte de esta baja divisoria su contacto con las provincias altas es muy abrupto y sigue en parte una línea de gran enfallamiento señalada por escarpas. Al Este del Istmo de Tehuantepec el límite entre la Sierra de Chiapas y la Llanura Costera no está bien definido y se traza donde la llanura se confunde con las montañas.

A lo largo del Río Bravo la parte Oriental de esta provincia es la continuación de la Planicie Costera de Texas como se ve en el

mapa de Fenneman (180). La parte occidental parece ser la prolongación de su provincia de las Grandes Llanuras. Stephenson (492) dice:

“Una gran área de tierras relativamente bajas que queda al Oriente de las montañas altas del Este de México es comparable a la Llanura Costera de Texas, en el hecho de que se compone de rocas sedimentarias Cretácicas y Terciarias, y parte de las tierras bajas a lo largo de la costa puede con propiedad clasificarse como parte de la Llanura Costera; pero mucha parte de esta área presenta un contraste con la Planicie Costera de Texas en el hecho de que ha estado sujeta a un pronunciado plegamiento y enfallamiento y en ella hay muchos cerros y cordones y algunas montañas. Entre las montañas se cuentan las de San Carlos, de Tamaulipas y de Otontepec. Incluye también una larga cadena de bloque enfallado que en el Eoceno Inicial y Medio quedaba muy arriba del nivel del mar, pero que más tarde se hundió hasta muy abajo de ese nivel y quedó completamente soterrada bajo unos 2,000 pies de sedimentos Terciarios posteriores. Esta cadena enterrada es la gran estructura de los campos petroleros de la Faja de Oro, de la que se han extraído prodigiosas cantidades de petróleo. Las intrusiones de rocas ígneas en forma de diques y de masas mayores también son comunes en muchas partes de esta área”.

Topografía.

La Planicie Costera del Golfo consta de dos partes de rasgos fisiográficos y climáticos diferentes. No hay línea definida de demarcación entre ellas, pero la frontera se coloca a lo largo de la zona de transición donde la aridez de la parte Norte cede el lugar a las condiciones tropicales del Sur. La parte del Norte corresponde más o menos al área comúnmente llamada embahiamiento del Río Bravo y una parte del embahiamiento de Tampico, y la parte

del Sur a la parte que queda al Sur de la anterior y que se extiende alrededor de la Bahía de Campeche e incluye la Llanura de Yucatán.

Una línea de sierras, llamada sistema de Tamaulipas, que corre en dirección N.O. casi a través de la Llanura Costera del Norte, la divide en dos partes de diferente aspecto fisiográfico. En la parte Norte de la provincia el sistema de Tamaulipas se une a la Sierra Madre Oriental, pero los ejes de sus varios miembros son paralelos a esta última, y las sucesivas cadenas de Norte a Sur están escalonadas cada vez más hacia el Este del frente de la Sierra. De Norte a Sur, las cadenas que componen el sistema son la Sierra del Burro, Lomerío de Peyotes, Sierra de Lampazos, Sierra de San Carlos y Sierra de Tamaulipas. La Sierra del Burro se mete en el Big Bend del Río Bravo por el Norte y se extiende hacia el Sur. Tiene como 80 kilómetros en su parte más ancha y una altura de 1,000 metros. Es en general una elevación en forma de domo, pero en detalle está muy disectada por angostos y profundos cañones. Esta elevación no está claramente separada de la Sierra del Carmen de la Sierra Madre, de la que está separada sólo por el angosto valle del Arroyo de la Bahía, porque en la cabecera de ese arroyo las dos sierras son prácticamente continuas. Debido a estas relaciones la Sierra del Burro se considera a veces como parte de la Sierra Madre Oriental, pero fisiográfica y estructuralmente se aproxima más al Sistema de Tamaulipas.

La Sierra de San Carlos y la Sierra de Tamaulipas quedan en la parte central del Estado de Tamaulipas, la una al Norte y la otra al Sur del Río Soto la Marina. La Sierra de San Carlos queda como 120 kilómetros al S.E. de la Sierra de Papagayos, y la Sierra de Tamaulipas al S.E. en alineamiento directo, teniendo estas dos montañas una longitud conjunta de unos 200 kilómetros. Están conectadas por un bajo puerto llamado la Mesa de Solís y a veces se las considera como una sola cadena con dos lóbulos. La Sierra de San Carlos tiene una altura máxima de 1,500 metros que es la mayor en toda la cadena. La Sierra de Tamaulipas tiene una elevación máxima de 1,000 metros.

El Piedemonte Tamaulipeco queda entre la Sierra Madre Oriental y el Sistema de Tamaulipas. Se extiende hacia el Sur desde las cercanías de El Oso en el Norte de Coahuila, donde el Sistema de Tamaulipas se une con la Sierra Madre Oriental, ensanchándose a medida que las sucesivas cadenas del Sistema de Tamaulipas van quedando más separadas en la Sierra Madre Oriental. Es una planicie de piedemonte típica. Al Oeste queda claramente demarcada contra la abrupta cara o frente de la Sierra Madre Oriental y se extiende en suave declive hacia el Este. Unos cuantos sombrerillos, bajos cordones y mesas rompen la monotonía de la llanura. El Cerro de Bernal de Horconcos, un cuello volcánico aislado a 100 kilómetros al N.O. de Tampico, se eleva casi verticalmente hasta una altura de 1,100 metros. Una área que en parte corresponde a la porción Norte del Piedemonte Tamaulipeco ha sido descrita por Porter (434) como el Piedemonte de Coahuila.

La parte de la Planicie Costera del Norte que da al mar se extiende desde el Sistema de Tamaulipas al Golfo de México. Su anchura máxima en el centro Norte de Tamaulipas, de la Sierra de San Carlos a Matamoros es 200 kilómetros. Presenta un declive general suave hacia el mar, excepto donde se interrumpe localmente. La más conspicua de estas interrupciones consiste en una cadena de colinas que se extiende de modo más o menos continuo a lo largo de toda la Planicie Costera del Norte, en una dirección que varía desde el Norte franco hasta Norte 15 grados Oeste. Las colinas, debido a su característica forma topográfica, pueden llamarse Colinas de la Escarpa. Están formadas por una serie de cuevas que miran al Oeste, con una altura máxima de 300 metros en la Ceja de las Rusias, donde alcanzan su máximo desarrollo. Cerca de San Fernando se dividen en dos ramas. Una continúa hacia el N.O. a lo largo del Río Bravo y muere gradualmente entre Nuevo Laredo y Piedras Negras. La otra rama sigue hacia el Norte y aunque disminuyendo de altura y perdiendo su marcada forma de cuesta o ceja, mantiene su continuidad hasta el Río Bravo en alineamiento general con la escarpa de Bordas (Reynosa)

de Texas. Al Oeste de las Colinas de la Escarpa el nivel de la Planicie Costera del Norte está interrumpido por numerosos oteros y cordones.

La parte del Sur de la Planicie Costera es de carácter semejante al declive hacia el mar de la parte del Norte. Es una llanura de suave declive con pequeñas interrupciones. La más prominente de éstas es la estrecha, sinuosa y alargada cresta ígnea llamada Sierra de Otontepec. Oteros o sombreretes ígneos se alzan en las proximidades de Tantoyuca, Chicontepec y en el Istmo de Tehuantepec. Una línea de cuevas o cejas semejantes en posición y aspecto a las Colinas de la Escarpa y tal vez genéticamente relacionadas con ellas se alzan en la parte Norte de la planicie costera del Sur y llegan hasta los campos petroleros de la Faja de Oro en Veracruz. La fisiografía de Yucatán, que comprende la parte S. E. de la Planicie Costera del Golfo es descrita por Huntington (265) como sigue:

"Fisiográficamente... la parte Norte de Yucatán es una planicie costera recién salida del mar. Por muchos kilómetros el aspecto del país es completamente plano. Cerca del centro, colinas bajas se elevan hasta alturas de 100 a 150 metros, más al Sur el relieve se vuelve más importante. La cresta más notable, por lo que concierne a las porciones habitadas del país, corre hacia el S.O. desde un punto como a 50 kilómetros tierra adentro del ángulo N.O. de la península. Sus colinas redondeadas son un rasgo prominente del paisaje visto desde la planicie que se extiende hacia el Este, pero en ninguna parte son difíciles de cruzar. Sin embargo, constituyen una auténtica barrera para la civilización, en gran parte por sus relaciones con el abastecimiento de agua, la lluvia y la vegetación.

"Prácticamente todo Yucatán se compone de caliza soluble. Esto ha dado origen a uno de los rasgos más conocidos del país: el drenaje subterráneo y los "cenotes" o cuevas. La topografía es casi universalmente del tipo conocido por "karst". Sin embargo, el "karst" no es del tipo más comúnmente conocido, porque en

Yucatán se trata de una llanura rasa en lugar de una región de considerable relieve”.

Islas.

Las islas de la porción Norte son en su mayor parte bajas y arenosas. A lo largo de la parte Norte del litoral Tamaulipeco, formando una barra entre la Laguna Madre y el Golfo de México se encuentran los siguientes islotes: Carazal, La Pita, Viborero, Cenicero, Loma Alta y La Hermana. En la Laguna de Tamiahua del Norte de Veracruz se encuentran las islas del Toro y del Idoló, y al Este de la laguna la isla de Lobos.

En la porción Sur las islas son más prominentes, formando algunas de ellas promontorios rocosos. Frente al puerto de Veracruz está la Gallega y numerosas islas pequeñas, en una de las cuales se alza el castillo de San Juan de Ulúa. La isla y arrecife de Sacrificios está al S.E. de Veracruz.

Frente a la punta de Antón Lizardo hay un archipiélago que incluye las islas Media, Salmedina, Cabeza, Almegada de Fuera y muchos islotes. La isla del Carmen frente a la costa de Campeche es la barrera que cierra la Laguna de Términos.

En la costa antillana de la Península de Yucatán, a lo largo del litoral de Quintana Roo hay una cadena de islas, entre ellas Cozumel y muchas otras menores. La isla de Mujeres fue el primer territorio Mexicano que descubrieron los exploradores españoles.

Drenaje.

El drenaje de la Planicie Costera del Golfo es hacia el oriente, al Golfo de México principalmente por el Río Bravo, Río Soto la Marina, Río Tamesí, Río Pánuco, Río Tuxpan, Río Papaloapan

y Río Coatzacoalcos. El Río Bravo forma el límite septentrional de la provincia por 500 kilómetros, y recibe varios grandes tributarios.

El Río Pánuco es el más grande dentro de México. Es navegable para barcos grandes hasta Tampico, una distancia de 4 ó 5 kilómetros. Para barcazas y botes de río es navegable por 80 a 100 kilómetros. Corre a través de la comarca petrolera de Pánuco, y gran parte del petróleo de estos campos se manda en barcas por el río hasta cerca de su desembocadura donde se le carga en barcos-tanques.

El navegable Río Coatzacoalcos, principal desagüe del Istmo de Tehuantepec, tiene su cabecera en la baja divisoria continental del Istmo, la Sierra de Chiapas y la Sierra Madre del Sur, pero está confinado principalmente a la Planicie Costera del Golfo en Minatitlán al través de la cual sigue un curso tortuoso, desembocando en el Golfo en Puerto México, en la barra de Coatzacoalcos.

El Este de Veracruz, Tabasco y el Oeste de Campeche son drenados por el Río Tonalá, el Río Grijalva y el Río Usumacinta, que forma parte de la frontera de Guatemala, y el Río Candelaria, todos los cuales descienden de la Sierra de Chiapas y corren a través de la Planicie Costera del Golfo para verterse en la Bahía de Campeche.

Yucatán y el Norte de Campeche tienen pocas corrientes superficiales, siendo el drenaje en su mayor parte subterráneo a lo largo de conductos en la caliza conocidos por “cenotes”. Huntington (265) ha descrito los cenotes de Yucatán como sigue:

“Debido a lo plano del terreno y a la naturaleza porosa de la caliza soluble no se conoce nada que pueda llamarse río... El agua forma charcos por corto tiempo, y el hacerlo tiende a disolver los hoyos ahondándolos. Sólo rara vez el agua de un charco pasa a otro, y aun entonces no en suficiente cantidad para crear verdaderas corrientes. Siendo este el caso, el drenaje del país está naturalmente confinado a canales subterráneos. A menudo las aguas ocultas disuelven el subsuelo y forman grandes cavernas,

cuyos techos a veces se han hundido, dejando el agua al descubierto a profundidades de entre 5 y 30 metros, dando así origen a los "cenotes". Estas cavernas caídas son de gran importancia para los habitantes, pues, como ya dijimos, son los únicos lugares donde se obtiene agua permanente de manera natural todo el año".

Estratigrafía.

Las rocas de la Planicie Costera del Golfo comprenden rocas metamórficas y depósitos asociados con ellas de edad probablemente Prejurásica; sedimentos Jurásicos, Cretácicos, Terciarios y Cuaternarios y corrientes e intrusiones locales.

Prejurásico.

Muir (363) diseña pozos del área de Pánuco-Chocoy que penetran rocas más antiguas que los estratos conocidos del Jurásico Superior. Estas incluyen diorita, rocas metamórficas y capas rojas que según él indica pueden ser pérmicas o triásicas.

Jurásico Inferior y Medio.

Los estratos del Jurásico Inferior y Medio no están muy extendidos en la Planicie Costera del Golfo. El Jurásico Inferior se conoce únicamente en la región de la Huasteca del N.O. de Veracruz, el Oriente de Hidalgo y el Norte de Puebla, donde se le conoce por la arcilla de Potrero, facies marina con intercalaciones de capas continentales (60, 282). Puede ser que haya también una facies continental mesojurásica.

Jurásico Superior.

Las más antiguas rocas conocidas del Jurásico Superior de la Planicie Costera del Golfo son depósitos de la facies de capas rojas de edad probablemente divesiana que se encuentran en el Norte de Puebla, el Este y el S.E. de Veracruz y el Sur de Tamaulipas (102, 105, 265a, 281, 363, 532).

La caliza y arcilla marinas superyacentes que incluyen estratos del Kimmeridgiano, Portlandiano o Tithoniano afloran en la Sierra de San Carlos en Tamaulipas (300), el área de Teziutlán en el Norte de Puebla, en el Norte de Nuevo León, cerca de Camarón y en varias localidades del centro y del Este de Veracruz. Los pozos la han penetrado en el área de Tampico y en el campo de Poza Rica en Veracruz (18, 102, 105, 281, 363).

Cretácico.

Los depósitos Cretácicos están más ampliamente desarrollados en la Planicie Costera del Golfo que los de cualquier otro sistema, y constituyen una sección continua que abarca desde el Berriasiano hasta el Maestrichtiano y tal vez al Daniano. Afloran en numerosas localidades y se cree que subyacen a toda la provincia.

En la parte Norte de la Planicie Costera del Golfo que comprende la parte N.E. de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, los depósitos cretácicos llevan los mismos nombres en sus formaciones que sus equivalentes de Texas, al otro lado del Río Bravo. La Sierra del Burro en la parte N.O. de la provincia en el Norte de Coahuila contiene una sección Cretácica que abarca desde el Aptiano o antes hasta el Maestrichtiano, y comprende capas que van desde la caliza de Glen Rose hasta la formación de Escondido (80, 102, 130, 163, 282, 490, 502). Otros depósitos Cretácicos del N.E. de Coahuila, el Norte de Nuevo León y el N.E. de Tamaulipas abarcan en edad desde el Neocomiano hasta el Maestrichtiano (6, 78, 80, 102, 159, 163, 282, 291, 341, 365, 471).

La sección que aflora en la Sierra de San Carlos en la parte central del Estado de Tamaulipas, abarca desde el Neocomiano hasta el Maestrichtiano, e incluye la caliza de Tamaulipas, baja y alta, las formaciones de Agua Nueva y San Felipe y la arcillosa de Méndez. Hacia el S. E., en la Sierra de Tamaulipas, la sección es algo semejante, salvo que parte baja de la caliza de Tamaulipas no ha sido identificada (80, 102, 274, 282, 304, 363, 491).

Las correlaciones de secciones Cretácicas de tres áreas de la Planicie Costera del Golfo, de acuerdo con Imlay, se presentan en la Tabla II.

La sección que aflora en el campo petrolero de Pánuco-Calilao en el Norte de Veracruz abarca desde la caliza baja de Tamaulipas hasta la arcilla de Méndez, incluyendo casi toda la columna del Cretácico (102, 282, 362, 363). En los campos del Sur el Tamaulipas Inferior no ha sido identificado. La formación más antigua que se encuentra es la Caliza de El Abra, de edad Albiana y Cenomaniense, que como se hizo notar en un apartado anterior, es la facies de arrecife de la parte superior de la Caliza de Tamaulipas. La formación de Agua Nueva cabe duda de que se encuentre en los campos petroleros propiamente dichos, pero se la encuentra en la comarca en general. Las capas más altas comprenden el San Felipe y el Méndez (18, 282, 363).

Los depósitos Cretácicos del Istmo de Tehuantepec abarcan en edad desde el Neocomiano hasta el Turoniano. En el extremo S.E. del Estado de Veracruz la caliza de Chinameca contiene horizontes de edad desde Neocomiano a Superior hasta Aptiana. Los depósitos de caliza y dolomía de fines del Cretácico Inferior y principios del Cretácico Superior que contienen rudistidas, en el Sur de Veracruz y partes adyacentes de Oaxaca se denominan Caliza de la Sierra Madre. La última parte del Cretácico Superior probablemente también está presente (34, 102, 215, 377, 381, 528).

Terciario y Cuaternario.

La Llanura Costera del Golfo contiene una gruesa sección de depósitos Terciarios que se presentan en tres áreas conocidas por los embahamientos del Río Bravo, de Tampico y de Veracruz o Tabasco.

Las formaciones Terciarias y Cuaternarias del embahamiento del Río Bravo llevan los nombres de sus equivalentes Texanos, entre ellos los siguientes (80, 86, 127, 291, 294, 296, 469, 502, 527).

FORMACIONES TERCIARIAS-CUATERNARIAS

Embahamiento del Río Bravo.

Plioceno-Cuaternario

Extrusiones basálticas

Grupo de Reynosa

Conglomerado y caliza tufácea cementado por caliche.

Mioceno

Superior

Barro de Lagarto: Barro, margas y areniscas.

Medio Inferior

— Capas de San Rafael (areniscas de Oakville y Catahoula):

Arenisca calcárea entrecruzada y arcilla.

Oligoceno

Medio

Barro de Frío: Barro arenoso abigarrado y arenisca.

*Eoceno**Jackson*

Formación de Jackson: arenisca gris, parda al desintegrarse.

Claiborne

Formación de Yegua: arcillas barrosas, abigarradas.

Formación de Cook Mountsin: areniscas macizas verdes y pardas.

Formación de Maunt Selman: arenisca lignítica y giosífera y arcilla arenosa.

Arenas de Carrizo: Arenisca y arcilla arenosa.

Wilcox

Formación de Wilcox (Indio): arcilla arenosa, arenisca arcilácea de capas delgadas, arcillas barrosas con yeso.

Midway

Grupo de Midway: Arcillosa calcárea negra azulada y arenisca.

Muir da la siguiente secuencia para el Terciario del Embahamiento de Tampico, de cuyas formaciones él y otros han dado detalles (51, 67, 86, 138, 147, 163, 164, 166, 214, 424; 469, 527):

Secuencia Terciaria del Embahamiento de Tampico

Formación de Tuxpan	Mioceno Inferior
Formación de Mesón	Oligoceno Medio
Formación de la Huasteca	Oligoceno Inferior
Formación de Chapopote	Eoceno Superior
Formación de Tempoal	Eoceno Medio

(Capas sin nom-)

(bre y formación)

Grupo de Chicontepec (de Aragón) Eoceno Inferior

(Formación de)

(Tonlajas)

Las rocas Terciarias del Embahamiento de Veracruz incluyen las siguientes formaciones (7, 62, 63, 65, 66, 86, 443, 459, 469, 522, 527, 528, 529, 530, 531, 532).

FORMACIONES TERCIARIAS DEL EMBAHAMIENTO DE VERACRUZ

Plioceno Inferior-Mioceno Superior

Formación de Tenejapa: Arenisca, conglomerado, arcilla y margas.

Mioceno Superior

Formación de Simojovel: Arcilla, barro, arenisca y caliza.

Eoceno-Oligoceno

Formación de Triunfo: Arenisca, arcilla calcárea y arenosa.

Estructura.

La Planicie Costera del Golfo es un bloque estructural con relación al cual las tierras altas adyacentes han sido levantadas por enfallamiento o plegamiento. Las relaciones de la parte Norte de la provincia con la Sierra Madre Oriental fueron señaladas al describir esta última provincia. Son las de un empuje desde el S.O. a lo largo de una zona de deformación marcada por pliegues acostados que a veces pasan a ser fallas y por la escarpa que

limita la Sierra Madre Oriental y la Mesa Central por el N.E. Van der Gracht (521) le caracteriza de manto de empuje Alpino típico. Describiendo esta falla en Tamazunchale, Heim (238) dice:

“Los pliegues autóctonos del Río Moctezuma se acuestan hacia el Este y han sido empujados en su margen Oriental sobre un pliegue frontal enormemente triturado de capas Cretácicas. Al Este de Tamazunchale los sedimentos Cretácicos empiezan a hundirse normalmente debajo del Terciario de la Llanura Costera”.

Las cadenas del Sistema de Tamaulipas se alzan a lo largo de una línea de plegamiento cuyo eje es aproximadamente paralelo a la Sierra Madre Oriental pero el sistema converge hacia ésta última hacia el N.O. Estructuralmente estos pliegues son anticlinales, constituyendo cada sierra una elevación en forma de domo alargado moderadamente plegado y con fallas pequeñas y alguna deformación producida por intrusiones ígneas. Los ejes mayores de las estructuras individuales son en lo principal paralelos a la línea general de plegamiento, pero una excepción a esta disposición tectónica se encuentra en la Sierra de San Carlos cuyos ejes de plegamiento arrumban un poco el Norte del Oeste. Kellum (300, 309) atribuye esta tendencia estructural a la influencia de la gran zona de pliegues cruzados que se extiende a través de la Mesa del Norte.

Aparte de estas elevaciones anticlinales hay numerosos pliegues menores cuyos ejes tienen un arrumbamiento dominante hacia el N.O., pero con variaciones locales.

Por toda la provincia se encuentran numerosos lacolitos intrusivos, cuellos y diques de sienita, andesita, diorita, granito, basalto y de otros tipos.

La línea de cuevas o cejas que corre por 600 kilómetros a través de la Planicie Costera del Golfo posee tal vez significación estructural. En el Estado de Veracruz bordea los importantes Campos del Sur cuya estructura está acompañada de enfallamiento. En Tamaulipas se encuentran fallas en algunos lugares a lo largo

de su base, y en el Sur de Texas su prolongación flanquea el campo de Mirando. En ciertos tramos probablemente representa un frente de falla, reconfigurado y desplazado por la erosión.

Historia Geológica.

La historia Premesozoica de la Planicie Costera del Golfo es oscura. Durante algunas partes, cuando menos, de la era Paleozoica la porción Norte de la provincia formaba parte de Llanoria, y su borde meridional extremo formaba parte del geanticlinal antillano o colindaba con él. Entre estos dos grupos de tierras esta provincia estaba inundada por las aguas del Geosinclinal Mexicano y del Geosinclinal Antillano. La profunda orogénesis que acompañó a la Revolución Apalaquia, que puso fin a la era Paleozoica, está registrada en formación de montañas en la Sierra de Chiapas justamente al Sur de la Planicie Costera del Golfo, y en la Sierra Madre Oriental al Oeste de ella.

Después de la general elevación el Geosinclinal Mexicano se sumergió de nuevo ya en el Triásico Superior, y el mar lo cubrió probablemente de manera más o menos extensa durante todo el Mesozoico. Los mares Triásico y Jurásico probablemente se confinaban a la parte centro-oriental de la provincia, pero durante el Jurásico Superior y a principios del Cretácico las únicas tierras de la provincia que emergían eran pequeñas áreas insulares o peninsulares.

En la primera parte del Cretácico Medio toda la provincia estaba inundada, alcanzando su culminación el avance del mar durante el Albiano, etapa en la que se formaron gruesos depósitos de caliza maciza. En algunas partes de la provincia la deposición fue continua hasta el final del Cretácico. En otras partes hubo elevación en el Cenomaniano, cerca del fin del Cretácico Medio. Este movimiento está registrado en una ligera discordancia en la

parte Norte de la provincia. En la parte Sur la orogénesis es más pronunciada. En algunos lugares falta el Agua Nueva, y el San Felipe descansa sobre la caliza de El Abra discordantemente. Para la época Senoniana las tierras altas limítrofes habían empezado a asomar fuera del agua, el mar se retiró hacia el oriente, pero todavía cubría algunas partes de la Planicie Costera del Golfo. Las sierras del Sistema de Tamaulipas probablemente se alzaron en esta época. En la primera parte del Terciario eran islas, pero para mediados del mismo formaban la costa.

La sedimentación continuó intermitentemente a través de todo el Terciario en mares que probablemente ocupaban brazos de mar en parte aislados conocidos por los embahamientos del Río Bravo, Tampico y Veracruz, en los que se depositaron gruesas capas de arenisca y arcilla. Algunas perturbaciones de la costra continuaron a lo largo del Terciario Medio y Final. La parte Norte de la provincia se diferenció de las vecinas provincias de tierras altas, la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental, por el relativo alzamiento de estas últimas a lo largo de la zona enfallada de la Sierra Madre Oriental, suceso que probablemente ocurrió en el Plioceno, período de intenso enfallamiento y vulcanismo en otras partes de México. Durante la misma época la parte S.E. de la provincia se separó de la Sierra de Chiapas, algunas de cuyas partes se elevaron más de 2,000 metros.

Durante el Plioceno Final y el Cuaternario se depositaron extensas capas de gravas cementadas con caliche y el vulcanismo fue activo.

TABLA II

CORRELACION DE LOS DEPÓSITOS CRETÁVICOS EN LA PLANICIE COSTERA DEL GOLFO SEGUN R.W. IMLAY							
GENERALIZADAS			SIERRA DE SAN CARLOS	CAMPOS DEL NORTE	CAMPOS DEL SUR		
SERIE	EUROPEA	TEXAS Y MEXICO					
			Paleoceno	Paleoceno	Paleoceno		
CRETACICO SUPERIOR	GOLFO	Danian	Hiatus	?	?		
		Maestrichtian	Navarro	Arcilla de Mendez	Arcilla de Mendez		
		Campanian	Taylor				
		Santonian	Austin	Formacion de San Felipe	Formacion de San Felipe	Formacion de San Felipe	
		Coniacian					
		Turonian	Eagle Ford	Formacion de Agua Nueva	Formacion de Agua Nueva	Agua Nueva Formacion	
		Cenomanian	Woodbine	?	?		
	CRETACICO INFERIOR	COMANCHE	Albian	Washita	Caliza de Tamaulipas Superior	Caliza de Tamaulipas Superior	Caliza de El Abra
				Fredericksburg			
			Trinity				
Aptian					No Identificada		
COAHUILA		Nuevo Leon	Caliza de Tamaulipas Inferior	Caliza de Tamaulipas Inferior			
	Barronian						
	Hauterivian	Durango					
		Neocomian		?			
		Berriasian					
			Jurasico (?)	Jurasico			

PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO

La provincia de la Planicie Costera del Pacífico se define aquí como el área baja costera que queda entre las tierras altas centrales y el Océano Pacífico, incluyendo la llanura costera de Baja California. Comprende las partes occidentales de los Estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Colima, la parte Sur de Michoacán y un reentrante que ocupa la cuenca inferior del Río Balsas, y la estrecha faja costera de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Esta provincia tiene más de 6,000 kilómetros de largo. Su anchura máxima es 200 kilómetros, pero es muy estrecha en algunos lugares.

La Planicie Costera del Pacífico, con excepción de un tramo en el Istmo de Tehuantepec a lo largo del cual linda con la Planicie Costera del Golfo, está limitada por las siguientes provincias de tierras altas: Sierra de Baja California, Sierra Madre Occidental, Mesa Central, Sierra Madre del Sur y Sierra de Chiapas.

La idea popular con respecto a las costas occidental y meridional de México es que están desprovistas de llanura costera. Los fisiógrafos han incluido la estrecha Faja del Sur como parte de las provincias altas adyacentes o han hecho caso omiso de ella. La parte Norte se ha correlacionado comúnmente con el Desierto de Sonora, que es parte de la provincia de Cuencas y Sierras (180), y el término Desierto de Sonora se ha empleado a veces para abarcar toda la península de Baja California y la Llanura Costera del Pacífico hasta Jalisco.

Si bien la región del Desierto de Arizona pasa la frontera y penetra en Sonora, de la que toma su nombre, en sus aspectos más amplios, el Desierto Sonorense de México forma parte inte-

gral de la Planicie Costera que rodea Baja California y se prolonga a lo largo del continente hasta la frontera de Guatemala.

Estructuralmente la Planicie Costera del Pacífico constituye el área deprimida, plegada y enfallada hacia abajo, de la Vertiente del Pacífico. Su diferenciación con respecto a las provincias adyacentes se basa en este rasgo y en la diferencia entre tierras altas y tierras bajas. En una gran extensión de la Vertiente del Pacífico en México el límite entre tierras altas y llanura costera es muy definido y claro.

Topografía.

La Planicie Costera del Pacífico comprende cinco subprovincias de distintas características fisiográficas; la Llanura Costera de Baja California, el Delta del Colorado, el Desierto Sonorense, la Llanura de Sinaloa y la Llanura de Tehuantepec.

Llanura Costera de Baja California.

La Llanura Costera de Baja California es una área de tierras bajas que rodean la provincia de tierras altas, la Sierra de Baja California. Es en su mayor parte una serie de llanos desérticos de suave declive, pero contiene muchos cordones bajos y sierras, algunas de las cuales alcanzan alturas de más de 500 metros. A lo largo de toda la costa hay numerosas islas pequeñas, la mayor parte de las cuales son sierras sumergidas. La Isla de Guadalupe, de 40 kilómetros de largo y 1,400 metros de altura se alza a 200 kilómetros al S.O. de la costa. Está rodeada de aguas muy profundas, siendo la cima de la isla la cumbre de una montaña de 5,000 metros de altura, las tres cuartas partes de la cual está sumergida (393).

El Delta del Colorado.

El término Delta del Colorado se aplica a la subprovincia del delta y parte inferior del valle del Río Colorado en México. El aspecto general es el de una inmensa llanura a nivel sobre la que culebrean los canales trenzados del río dejando lagos y charcos efímeros. Los volcancillos de cieno y fuentes calientes abundan en el delta. Esta tierra baja y en parte sumergida que queda entre Baja California y Desierto Sonorense es parte de la subprovincia que Fenneman (180) llama la Depresión de Saltón. Esta área abarca el mar de Saltón en California, y el delta y parte inferior del Valle del Río Colorado y el Golfo de California en México. Reed (443a) llama a esto el "Desierto del Colorado", nombre originalmente asignado a esta área por Blake (55, 56) que describió esta depresión como una ubicación de un antiguo lago, al que dio el nombre de "Lago Cahuilla".

Sykes (499) describió la cuenca de Cahuilla:

"El área total del valle de Cahuilla es de unos 30,000 kilómetros cuadrados y de este total un área de unos 9,000 kilómetros cuadrados queda debajo del nivel del mar y sin duda representa todavía con bastante aproximación los antiguos límites de la extremidad superior del Golfo. Esta porción deprimida del fondo del valle está casi rodeada, a un nivel un poco alto, de un litoral antiguo bien claro; y así definida y encerrada se la conocí por "Salton Sink". Su longitud total es de unos 200 kilómetros y su mayor anchura 40 kilómetros. Es de forma aproximadamente elíptica con su eje mayor extendiéndose desde 32°35' Norte y 115°20' Oeste a 35°45' Norte y Oeste 116°15'. Hay una interrupción en el litoral antiguo circundante de unos 23 kilómetros en el extremo S.E. de la elipse, y este espacio ha sido el punto de entrada de un inmenso prisma de material sedimentario, que casi ha cubierto el fondo del antiguo Golfo".

Desierto Sonorense.

La subprovincia del Desierto Sonorense abarca la parte desierta de la Planicie Costera del Pacífico. Es la prolongación mexicana del Desierto de Arizona y California, y forma parte de la vasta extensión desértica que abarca los valles inferiores de los ríos Gila y Colorado y el Desierto de Mojave. Se prolonga hacia el Sur a lo largo de la costa Oriental del Golfo de California hasta la parte Sur del Estado de Sonora. Está limitada al N.E. por la Sierra Madre Occidental. Es un área escabrosa, con cordones estériles que se levantan como islas del manto de detritus del desierto, y está drenado por corrientes temporales que nacen en la sierra Madre Occidental pero no llegan al Golfo, por absorberse en el aluvión. Pero dentro del desierto hay oasis.

Fenneman (180) dice: "Las montañas grandemente erosionadas, el gran desarrollo de las planicies de roca y el encadenamiento de las cuencas cerradas en un solo sistema de drenaje común, constituyen los principales rasgos de este territorio".

Llanura de Sinaloa.

El término Llanura de Sinaloa se sugiere aquí para designar la subprovincia de la Planicie Costera del Pacífico que queda entre el Desierto de Sonora por el Norte y la Mesa Central y la llanura de Tehuantepec por el Sur. Es el Piedemonte de la Sierra Madre Occidental y de la Mesa Central, extendiéndose por toda la parte costera de Nayarit y Sinaloa. Se diferencia por marcadas características físicas del Desierto Sonorense, trazándose el contacto entre las dos provincias en la latitud en que las condiciones desérticas ceden el lugar a la fertilidad. La Llanura de Sinaloa en su parte Sur es una planicie fértil de suave declive. Hacia el Norte está algo interrumpida por cordones bajos que separan amplios valles. Más al Norte se vuelve más accidentada y árida, confun-

diéndose al fin con el Desierto Sonorense. Describiendo lo que aquí llamamos la Llanura de Sinaloa, Bots Ford (81) dice:

"La llanura costera se estrecha desde una anchura máxima de 110 kilómetros en Esperanza a 48 en Culiacán, 32 en Rosario y por último desaparece en el territorio de Tepic (Nayarit...). Al Este de la llanura costera queda la faja de estribaciones. Empezando con pequeños cerros redondeados y aislados que surgen de la planicie, el terreno se vuelve más frágil al acercarse a las sierras".

Llanura de Tehuantepec.

El término Llanura de Tehuantepec se sugiere aquí para la Planicie Costera del Pacífico que se extiende desde Cabo Corrientes en Jalisco hacia el S.E. hasta la frontera de Guatemala. Es una faja costera angosta que bordea la escarpa meridional de la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Chiapas. Describiendo la parte de la Llanura de Tehuantepec que queda en Oaxaca, Palmer (425) dice:

"La Llanura Costera es una serie de áreas elevadas y deprimidas. Una de estas últimas tiene una extensión de 60 kilómetros y una de las primeras cuando menos de 80 kilómetros. Las áreas deprimidas se caracterizan por altos promontorios y estrechos valles ahogados que ofrecen excelentes abrigaderos o puertos, aunque pequeños, como los de Puerto Angel y Acapulco. Playas bajas y monótonas, respaldadas por una llanura igualmente plana, a menudo de varios kilómetros de ancho, señalan las porciones de la costa que se han elevado".

Islas.

A lo largo del litoral de la Planicie Costera del Pacífico hay numerosas islas, isletas y cujos, y mar adentro se encuentran varias islas grandes. En la costa del Pacífico de la Baja California se encuentran las siguientes islas: Coronados, en la parte Norte, frente

a Tijuana; Cedros o Cerros frente a la Bahía de Sebastián Vizcaíno, la más grande a lo largo del litoral occidental Californiano; y Santa Margarita al Sur de la Bahía de la Magdalena. Como 250 kilómetros al Oeste de Baja California hay un grupo que incluye Guadalupe, que es un volcán submarino, y los islotes Zapata y Toro.

Las islas de Gore y Montague están en el Norte del Golfo de California frente a la boca del Río Colorado. Hacia el Sur quedan Angel de la Guarda y Tiburón. Entre las numerosas islas de la parte Sur del Golfo se cuentan la del Carmen, San José, Espíritu Santo, Santa Catalina y Cerralvo.

A unos 500 kilómetros al S.O. del Cabo San Lucas está el archipiélago de Revillagigedo, compuesto de la isla del Socorro y de varias otras menores.

En la costa de Nayarit frente a Tepic está el archipiélago de las Tres Marías; y las Tres Marietas a la entrada de la Bahía de Banderas.

Drenaje.

Con excepción de algunas corrientes pequeñas, ninguno de los ríos de la Planicie Costera del Pacífico nace dentro de la provincia, sino que surgen en las altas tierras contiguas. El tipo de drenaje de las diferentes subprovincias de la Llanura Costera del Pacífico varía grandemente al pasar de la región desértica hacia la zona tropical del Sur de México. Algunas partes de Baja California prácticamente no tienen lluvia, el Desierto Sonorense, la Depresión de Salton y las sierras contiguas tienen un máximo de 50 centímetros, mientras que la parte meridional de la Llanura de Sinaloa y la Llanura de Tehuantepec tienen hasta 100 centímetros en algunos lugares.

La Depresión de Salton, aunque es una región desértica, está atravesada por la corriente más grande de la provincia, el Río

Colorado que desemboca en el Golfo de California. MacDougal (343) lo describe como sigue:

“El Río Colorado, el Nilo de América, nace en las altas montañas de Wyoming y Colorado, se abre camino por cañones de 1 kilómetro y medio de hondo por cientos de kilómetros, hasta el margen occidental de la gran meseta de donde sale para correr al través del desierto más árido de Norteamérica, llegando por fin a la cabecera del Golfo de California en un clima subtropical, a dos mil millas de su origen. Aquí extiende su delta con su borde occidental contra las enormes dunas de arena o “algodones” del Sur de California, mientras la otra varilla del abanico corre muy lejos hacia el Este a lo largo del margen de la Mesa de Sonora, donde la manigua del pantano se encuentra con la escueta vegetación de las áridas pendientes de grava en notable contraste. Entre los desiertos del Oeste y del Este las radiantes varillas del abanico del delta, diversamente trenzadas con otras subdivisiones del Río se proyectan contra las montañas de Cucupa, que a veces se alzan claras y distintas como un camafeo y a veces casi se pierden entre la bruma contra el horizonte del Sur”.

El drenaje de la Llanura Costera de Baja California nace todo en la Sierra de Baja California, y se vierte al través de las planicies costeras tanto del lado del Pacífico como del lado del Golfo de California. Estas corrientes son casi todas intermitentes, existen únicamente después de fuertes lluvias, y del agua que llega aun a las llanuras costeras muy poca o nada alcanza el mar, siendo absorbida su mayor parte en el aluvión del desierto.

Estratigrafía.

El corte geológico de la Planicie Costera del Pacífico abarca en edad desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, e incluye esquistos y otras rocas metamórficas, calizas, rocas pelíticas de origen marino y terrestre y lavas y otros piroclásticos.

Precámbrico.

Esquistos y neises considerados como pre-cámbricos, cuando menos en parte, pero que probablemente incluyen también algunas capas más recientes de edad indeterminada, se encuentran en toda la provincia.

Paleozoico.

Sedimentos del Paleozoico Inferior se encuentran cerca de La Casita y en la Sierra de Cobachi del Desierto Sonorense y consisten en caliza con horsteno, cuarzita, y arcilla silicosa, que antes fueron consideradas como del Cámbrico y el Silúrico, pero King (315, 316) ha mostrado que datan, cuando menos en parte, del Ordovícico. Depósitos de caliza de edad Pérmica se encuentran en la Sierra de Cobachi, Sierra de Santa Teresa y Sierra de la Colorada, y en otros lugares del Desierto Sonorense (316).

Triásico.

Las rocas del Triásico Superior del Desierto de Sonora consisten en caliza, arenisca y arcilla, y abarcan tanto horizontes Kárnicos como Nóricos (102).

Triásico-Jurásico.

La formación de Barranca comprende depósitos terrestres marinos en el Río Yaqui y en otros lugares del Sur de Sonora, y consiste en capas calcáreas, arenisca, hulla, pizarra, cuarzita y grafito. Estas contienen plantas y fósiles marinos que datan del Keuper, el Rhetico y el Liásico Inferior (9, 102, 161, 188, 316).

Jurásico.

Además de la sección del Sur de Sonora que comprende capas

tanto Triásicas como Jurásicas, se encuentran sedimentos marinos de edad Liásica en el occidente de Sonora. El Jurásico Superior, probablemente el piso Oxfordiano, se encuentra también en el occidente de Sonora, en el Distrito de Altar (102).

Cretácico.

El Cretácico Inferior está representado en el Oeste de Sonora por caliza silicosa y el conglomerado y arenisca asociados a ella, de edad probablemente Valanginiana y Hauteriviana. Capas Mesocretácicas que comprenden el Albiano y el Cenomaniano se encuentran en la Llanura Tehuantepecana del Sur de Colima. Se ha descrito caliza, arenisca y marga mesocretácicas procedentes de Arivechi en el Este de Sonora. Una sección gruesa aflora en la Llanura Costera de Baja California, y el Cretácico Inferior se encuentra en la parte Norte por el lado del Pacífico. El Mesocretácico de esta área se compone de sedimentos en parte metamórficos, que incluyen calizas, cuarzitas, tufas, lavas, aglomerados y conglomerados, cerradamente plegados y cortados por intrusiones. Capas del Cretácico Superior, que cubren el Cretácico Medio con marcada discordancia han sido correlacionadas con el Chico de California (102, 139, 190, 315, 316).

King (316) ha descrito extrusiones andesíticas interestratificadas con caliza Cretácica que son probablemente el equivalente de ciertas rocas volcánicas a las que Dumble dio el nombre de Lista Blanca.

Terciario y Cuaternario.

Las rocas Terciarias incluyen diversas lavas y otros piroclásticos asociados del Desierto de Sonora, y depósitos sedimentarios de la Planicie Costera de Baja California. Según King (316) rocas volcánicas de principios del Terciario que descansan discordantemente sobre rocas Cretácicas están a su vez cubiertas de modo

discordante por la formación de Baucarit de edad Pliocena. Consta de areniscas ligeramente consolidadas, conglomerados y barros, con extrusiones de basalto cerca de la base.

Los sedimentos Terciarios de la Planicie Costera de Baja California incluyen formaciones del Eoceno, Plioceno y probablemente Mioceno. El Eoceno cubre el Cretácico al parecer concordantemente (237). Schuchert (469) da las siguientes listas: Arenisca y barros de Tepetate y arenisca y arcilla de Isidro, del Eoceno Final o del Mioceno Inicial; la arcilla y arenisca de Martínez, de la primera parte del Eoceno; la arcilla y arenisca de Tejón.

Las capas amarillas del Mioceno Superior o de principios del Plioceno están cubiertas por la Arenisca de la Mesa, que consiste en arenisca maciza gris que lateralmente pasa a extrusiones riolíticas, tobas y conglomerados. Una serie de grava y arena y caliza que queda estratigráficamente arriba de la Arenisca de la Mesa probablemente incluye capas del Plioceno y del Cuaternario (139, 469, 586).

Las formaciones Cuaternarias incluyen lavas basálticas y gruesos depósitos de aluvi6n. MacDougal (343) estimó que hay cuando menos 500 conos y cráteres en el grupo volcánico de las montañas del Pinacate, entre la línea internacional y la Bahía de Adair en el Golfo de California.

Palmer (423a, 425, 426) ha descrito depósitos marinos del Pleistoceno Superior con gastrópodos y corales en la Planicie de Tehuantepec, del Sur de Oaxaca.

Estructura.

La Planicie Costera del Pacífico es el área deprimida que queda al Oeste y al Sur de la provincia de las tierras altas y que rodea la Sierra de Baja California. Estas áreas bajas representan, en

parte si no completamente, las áreas plegadas y enfalladas hacia abajo que en un tiempo constituían parte de las tierras altas.

La parte continental de la Planicie Costera del Pacífico, que comprende la Llanura de Sinaloa, el Desierto de Sonora, la Depresión de Salton y el Golfo de California, constituye un bloque deprimido, plegado o enfallado hacia abajo con referencia a su vecino del N.E., la Sierra Madre Occidental que se extiende a lo largo del borde de las tierras altas. Su contacto con la Baja California es también a lo largo de líneas de fallas, ocupando la Depresión de Salton y su prolongación el Golfo de California una fosa entre Baja California y el Desierto Sonorense. Esta fosa es una prolongación hacia el S.E. de una conocida zona de fallas del Sur de California (173a). Según Willis (575a) el origen de la presión que causó la Falla de San Andrés y las otras asociadas con ella en el Sur de California estuvo probablemente en la Baja California (331a).

Brown (87) considera la topografía de la Depresión de Salton como debida a enfallamiento. Dice:

“El enfallamiento ha sido uno de los agentes más eficaces para producir la actual topografía de la región. El origen de la Depresión de Salton se atribuye generalmente a enfallamiento de bloque y muchos de los valles menores hacia el S.O. de esta Depresión sin duda se originaron en la misma manera. Las montañas peninsulares son el producto de un levantamiento a lo largo de varias líneas de fallas y es probable que algunas de las sierras de las regiones hacia el Este, surgieron de la misma manera”.

Estructuralmente el Desierto de Sonora es semejante a la Mesa del Norte, ya que se distingue por el enfallamiento en bloques. Ord6ñez (420) dice: “Se supone a menudo que el relieve del Desierto de Sonora es el resultado de bloques afallados; y que los escarpes de fallas han sufrido tal erosión y se han cubierto de tal manera con materiales detríticos, que es a veces muy difícil comprobar que esas montañas tienen dicho origen”.

Las fallas son también comunes en la Planicie de Tehuante-

pec. Describiendo la Planicie Costera del Pacífico adyacente a la Sierra Madre del Sur, Ordóñez (420) dice que la región da frente a una de las profundidades abismales del Océano Pacífico y que toda la región está resquebrajada por fallas, cuyo reajuste causa terremotos.

Las últimas dislocaciones por enfallamiento son de origen todavía más reciente. Al discutir la prolongación hacia el sur de la zona de fallas de San Andrés, Shepard (475) dice:

“Hacia el Sur la continuación de la zona de fallas de San Andrés quedó indicada en 1940 por un corrimiento horizontal de 15 pies en el suelo del Valle Imperial. La prolongación de esta línea de movimiento llega al Golfo de California. Aunque no se han encontrado pruebas en el Golfo que indiquen corrimientos horizontales, pruebas indirectas sugieren fuerzas de rotación del tipo que se ha supuesto ser la causa de la Falla de San Andrés. Una serie de cuencas a lo largo del Golfo presentan una disposición en zigzag. Estas cuencas son comparables en tamaño a los más hondos vasos lacustres del mundo. Los cortes transversales en V que se encuentran en muchos lugares contrastan con el corte de cuneta típico de las cuencas de falla sobre los continentes y pueden ser resultado del corrimiento horizontal. Los hondables del Golfo son comparables a cuencas de falla y cunetas que se encuentran frente a la costa de California y en las Antillas”.

Historia Geológica.

Durante una porción considerable del Precámbrico, el Paleozoico y el Mesozoico la Planicie Costera del Pacífico estaba bordeada hacia el N.E. por el Geanticlinal Occidental, por el Sur y S.O. por la tierra limítrofe Sonorense en la parte Norte y la tierra del Sur y el Geanticlinal Antillano en su parte central y S. E. Entre estas tierras limítrofes quedaba el Geosinclinal Meri-

dional del Pacífico y el Geosinclinal Antillano y su prolongación, el Portal del Balsas, en todos los cuales hubo sedimentación intermitente durante las eras Paleozoica y Mesozoica.

En el Geosinclinal Meridional del Pacífico hubo sedimentación en el O. de Sonora durante el Ordovícico y tal vez el Cámbrico, y de nuevo en el Pérmico. Los sedimentos Pérmicos que se encuentran en la Sierra de Chiapas justamente al norte del extremo suroeste de esta provincia sugieren que los mares Pérmicos del Geosinclinal Antillano pueden haber cubierto el margen de esta parte de la Planicie de Tehuantepec.

Toda la provincia probablemente emergió con la Revolución Apalaquia, pero las cuencas geosinclinales se sumergieron de nuevo a principios del Mesozoico. En el Geosinclinal Meridional del Pacífico este sumergimiento tuvo lugar en el Triásico Superior, y durante el Liásico y la primera parte del Jurásico Superior todavía se estaba efectuando sedimentación. Pero durante el Jurásico Superior el Geosinclinal Meridional del Pacífico fue comprimido, suceso que probablemente coincidió con la perturbación de Nevada que a lo largo de la costa septentrional del Pacífico se señaló por una intensa orogénesis que se manifiesta en plegamiento cerrado y actividad intrusiva batolítica.

Durante el Cretácico Inferior el Geosinclinal Mexicano subió el borde oriental del área del Desierto Sonorense. En el Sur de México el Portal del Balsas avanzaba hacia el Oeste y probablemente conectaba con el Océano Pacífico durante el Cretácico Inferior o Medio. La parte Norte de la Planicie Costera del Pacífico juntamente con la parte Occidental de las tierras altas y partes de Baja California emergieron hacia el final del Cretácico Medio o principios del Cretácico Superior: Baja California, al parecer, se sumergió durante el Cretácico Superior pero una parte considerable, si no toda el área continental de la Planicie Costera del Pacífico, permaneció al descubierto formando parte de la peneplanicie cordillerana que de nuevo fue elevada en el Mioceno.

Los siguientes acontecimientos fueron la extrusión de lavas en

el Terciario y el Cuaternario, la erosión de las áreas de piedemonte a lo largo del pie de las tierras altas, y el desarrollo de las planicies costeras. El bajo puerto de montaña frente a La Paz en Baja California y otras llanuras costeras presentan indicios de reciente inundación, y conchas marinas modernas y depósitos litorales se encuentran 1,000 metros arriba del nivel del mar. El enfalleamiento hacia abajo de la Depresión de Salton ocurrió en fecha relativamente reciente, siendo el acontecimiento más reciente la formación del delta del Colorado desde Yuma hasta su posición actual, proceso que todavía continúa.

Los sucesos recientes en la Llanura de Tehuantepec son descritos por Palmer (425), que dice:

“La Llanura Costera representa una área que fue desgastada hasta el nivel de base y más tarde elevada de 30 a 60 metros. Esta opinión parece confirmada por la presencia de colinas de cima plana que tienen todas la misma altura y por la capa plana de conglomerado consolidado que las cubre. Algunos bancos bien definidos y las correspondientes terrazas de los ríos conducen a la misma conclusión”.

SIERRA DE LA BAJA CALIFORNIA

La provincia llamada Sierra de la Baja California ocupa el interior del territorio de la Baja California por 1,200 kilómetros, o casi toda su longitud. Tiene una anchura media de 60 kilómetros. La provincia es continua con una área del Sur de California que Fenneman (180) llama la Provincia Bajacaliforniana del Sistema montañoso del Pacífico.

“La provincia Bajacaliforniana es la gran área granítica, montañosa cuando menos en parte, que se alza principalmente en la Baja California. Es semejante a la Sierra Nevada, ya que está limitada por el Oriente por un descenso rápido (presumiblemente una escarpa de falla) hacia la Depresión de Salton. Como aquí la demarcamos su corte consiste en una ancha elevación con declive hacia el Oeste, no en cadenas montañosas paralelas”.

Reed (443a) denomina a una región un poco mayor las Cadenas Peninsulares, que describe como una serie de bloques de falla que se extienden hacia el Sur desde la comarca al Este de la Cuenca de Los Angeles hasta un punto mucho más allá de la frontera Mexicana.

Nelson (393) describe las montañas de la Sierra de la Baja California como una prolongación del sistema montañoso del Sur de California que consta de una sola cadena que se extiende a lo largo de la Península y que forma un sistema de sierras.

Lindgren (333) hizo notar la semejanza de la Sierra de la Baja California con la Sierra Nevada, particularmente por lo que hace a su suave declive occidental y abrupto descenso oriental, a la masa principalmente granítica con áreas menores de pizarras metamórficas auríferas, y a las recientes erupciones volcánicas a lo largo

de su falda Oriental. King (323) llama a las montañas de esta provincia el miembro más meridional de la Sierra Nevada.

Toda la península de Baja California ha sido considerada a veces como una división fisiográfica o provincia, y dividida en subprovincias, cada una de las cuales comprende áreas altas y bajas. Pero la clasificación propuesta en este trabajo nos parece preferible, ya que las llanuras costeras circundantes de la Baja California son incuestionablemente parte de la provincia de la Planicie Costera del Pacífico y la parte interior montañosa de la península es claramente un área de tierras altas y una parte del sistema montañoso del Pacífico. Por todos lados excepto el Norte, aquella parte de la Sierra de la Baja California que queda dentro de México está limitada por la Llanura Costera de la Baja California, una sub-provincia de la Planicie Costera del Pacífico, de la que fácilmente se distingue por su carácter montañoso.

Topografía.

La Sierra de la Baja California comprende tres subprovincias bien definidas: la escabrosa parte septentrional que incluye las montañas de San Pedro Mártir, compuesta de esquistos y rocas ígneas intrusivas, una área central caracterizada por mesas debajo de las cuales hay sedimentos Cretácicos y Terciarios y materiales piroclásticos; y la parte Sur, de escabroso relieve, que comprende sierras hechas de rocas metamórficas e intrusivas.

Ordóñez (415, 416, 420) define tres subprovincias de la Baja California, la Región de Ensenada, la Península y la Región del Cabo. Las mismas áreas fueron descritas por Flores (190) como la Región del Norte, la Región Central o de las Mesas y la Región meridional o del Cabo.

Lindgren (333) describió áreas septentrionales, centrales y meridionales. El área septentrional se extiende desde la frontera

internacional hasta el área de tierras bajas que queda frente a la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una distancia de 550 kilómetros. Comprende una alta y escabrosa meseta que culmina en una línea de sierras escarpadas que descienden en precipicios por el lado del Golfo, pero tienen un declive más suave hacia el Pacífico. Las más altas de las sierras, la Sierra de Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir, cuyas cimas alcanzan de 2,000 a 3,000 metros de altura, están separadas por el Paso de San Matías, de 1,000 metros de elevación.

Hacia el Sur las cadenas de la cima se continúan en la Sierra de Calmajue y San Luis, Sierra de San Borjas y Sierra de Calmalli, cadenas cortas, de entre 500 y 1,500 metros de altura que terminan abruptamente al borde de la llanura baja del Desierto de Vizcaíno, con excepción de un cordón bajo y angosto que las conecta con el área central. La meseta al Oeste de las crestas está hecha de aristas paralelas que encierran valles interiores angostos, entre los que se cuentan el Valle de San Rafael, Llano de los Buenos Aires, Valle del Venado, Valle del Berrendo, Llano de Santa Ana, Desierto de Julián, Desierto de Santa María, Llano de San Pedro y Llanos del Principio.

De la parte Occidental de la meseta, Lindgren (333) dice:

“Los rasgos topográficos del largo declive occidental de la cordillera son bastante diversos, pero en general se les puede dividir en tres secciones:

1.—La cadena costera, o primer bloque orográfico, que se eleva gradualmente del mar hasta una altura de 915 metros en una distancia de 30 a 50 kilómetros. Coronando a ésta hay varias cadenas menores y picos agudos que alcanzan alturas de entre 910 a 1,270 metros. En general estos últimos forman una serie ininterrumpida que va desde la frontera hasta más abajo de Santo Tomás a una distancia de entre 16 a 24 kilómetros de la costa. Un rápido descenso conduce de la divisoria de la cadena costera al Golfo de California.

2.—Los valles interiores, una serie interrumpida de depresiones en medio de la cadena a alturas de entre 550 a 610 metros.

3.—El segundo bloque orográfico, que se eleva rápidamente de los valles y continúa como una meseta casi plana con un suave declive hasta la divisoria peninsular, y el descenso abrupto, casi en precipicios al desierto. La elevación de esta notable meseta es de 1,270 a 1,525 metros”.

El área central se extiende desde el paso que conecta el Desierto de Vizcaíno y la Bahía de San Rafael hasta donde se juntan el Llano de la Magdalena y la Bahía de la Paz. Tiene 500 kilómetros de largo y 60 a 100 kilómetros de ancho. Nelson (393) dice:

“El declive de la meseta descende hacia el Oeste y el Sur desde cerca de su cresta oriental hasta el margen del Desierto de Vizcaíno y de la Bahía Magdalena a lo largo de la costa del Pacífico. Una ancha proyección de la meseta hacia Occidente separa estas dos grandes llanuras costeras por una serie de bajas estribaciones, cordones y mesas. La superficie de la meseta varía considerablemente de carácter y altura desde cerca del nivel del mar hasta más de 1,070 metros de altitud. En gran parte de su extensión es extremadamente escabrosa y quebrada, por cientos de millas cuadradas su superficie está enterrada bajo masas de fragmentos sueltos de lava... Las montañas de esta área son todas de carácter volcánico y constituyen una parte de la cadena principal de la península. Consisten en pequeñas cadenas montañosas mezcladas con aristas y picos aislados, siendo muchos de estos últimos conos de cráteres volcánicos. Todas juntas estas montañas constituyen una desgarrada cresta a lo largo del lado Oriental de la meseta. El frente Oriental se alza abruptamente desde cerca de la costa del Golfo, o a corta distancia tierra adentro, hasta altitudes que varían entre algunos cientos de pies y más de 1,270 metros. Donde interviene una llanura de piedemonte está más o menos interrumpida por estribaciones y bajas montañas. Los principales grupos montañosos que forman la cadena central en esta región, empezando en el N.O.

y extendiéndose hacia el Sur son la Sierra de San Francisco, Volcanes de las Tres Vírgenes, Sierra de Santa Lucía, Sierra de las Palmas, Sierra de Zacatecas y Sierra de la Giganta”.

El Area Meridional comprende la masa montañosa que se extiende desde la Bahía de la Paz hasta el Cabo San Lucas. Mide 160 kilómetros de largo y tiene una anchura máxima de 80 kilómetros. Consta de dos cadenas principales, la Sierra de la Victoria del lado del Pacífico con una altura máxima de 1,900 metros, y la Sierra de la Trinidad del lado del Golfo, cuyo pico más alto tiene unos 900 metros. La dirección es casi Norte-Sur.

Drenaje.

El drenaje de la Sierra de Baja California se dirige tanto hacia el Pacífico como hacia el Golfo de California. Debido a lo estrecho de esta provincia y a la topografía dominada por una alta divisoria longitudinal, juntamente con la extremada aridez, los cauces todos son cortas torrenteras de montañas perpendiculares a los ejes montañosos y con poquísima corriente permanente, aunque las montañas están acanaladas por numerosos cauces de drenaje abiertos por las lluvias torrenciales características de este clima desértico.

Nelson (393) dice:

“Hay cientos de canales de drenaje que varían desde escarpados cañones de roca, algunos de los cuales alcanzan 260 metros de profundidad en los flancos de las montañas, hasta bajíos arenosos o pedregosos de media milla o más de anchura en las llanuras. Excepto durante las lluvias muy fuertes los más de estos canales están completamente secos, pero en las partes altas de muchos de los cañones grandes el agua brota y corre por distancias que varían desde algunas decenas de metros hasta 15 a 22 kilómetros antes de absorberse de nuevo... Comúnmente el agua que

brotó forma un arroyito insignificante, pero en algunos casos brotó a borbotones en grandes manantiales que dan origen a una regular corriente, lo bastante grande para regar muchos cientos de acres de terreno...

"La parte más árida de la península queda entre San Fernando a los 30° de latitud Norte y La Paz a los 24°. Dentro de esta área ni una sola corriente llega al Pacífico, salvo durante las lluvias fuertes... En el interior, especialmente en las mesas cubiertas de lava al S.E. de San Ignacio, varios de los grandes cañones tienen buenos manantiales en su fondo, de los que brota suficiente agua para regar la estrecha faja de tierra, de varios cientos de acres, que se prolonga por varias millas cañón abajo.

"Los extremos Norte y Sur de la Baja California tienen más altas masas montañosas y reciben un volumen mayor y más regular de precipitación que el tramo central... Aquí y allá en toda la parte Norte así como en otras partes de la península, tanto en las estribaciones como en los flancos de las montañas, hay tinajas o tanques naturales de agua, generalmente formados por grandes calderas de erosión rotativa formadas en los fondos rocosos de los secos cañones o quebradas".

Estratigrafía.

Las rocas de la Sierra de Baja California comprenden capas cristalinas y metamórficas de edad Cretácica o Precretácica, y formaciones sedimentarias Cretácicas y Terciarias con lavas y piroclásticos intercalados, invadidas por intrusiones.

Cretácico y Precretácico.

Los esquistos y otras rocas metamórficas que aparecen en varias partes de la provincia son evidentemente las formaciones más

antiguas, pero sus relaciones con los sedimentos cretácicos inalterados no están perfectamente claras, ya que los investigadores no están en completo acuerdo.

En la Sierra de San Pedro Mártir Woodford y Harriss (583) han diferenciado dos series de rocas metamórficas. La formación de San Telmo consta de pizarra, micaesquisto, cuarzita, caliza cristalina y rocas volcánicas alteradas, que van desde rocas sedimentarias ligeramente alteradas, con fósiles abundantes pero mal conservados, hasta esquistos de gruesos cristales. La formación de Santa Eulalia es neis granítico con gruesas bandas y neis de cuarzo-biotita, con pegmatita y neis inyectado. De la Santa Eulalia se dice que pasa gradualmente a la San Telmo. Se informa que las dos formaciones contienen elementos del Cretácico Inferior y probablemente del Superior, y están cubiertas discordantemente por rocas del Cretácico Superior.

Hirschi y de Quervain (254) llamaron a los sedimentos metamorfoseados Mesozoicos y Paleozoicos. Bose y Wittich (79) consideraron los sedimentos metamorfoseados de edad probablemente Cenomaniana y Turoniana, invadidos por el granito, y las capas que los cubren discordantemente como de edad Senoniana.

Según Darton (139) el Cretácico contiene dos series separadas por una marcada discordancia angular. Describió la serie más antigua como compuesta de conglomerados, cuarzitas, tobas, y aglomerados, con grandes cuerpos de rocas eruptivas interstratificadas y caliza cortada por intrusiones que en algunos lugares predominan sobre las capas sedimentarias. En algunas partes las capas están considerablemente metamorfoseadas y las capas sedimentarias han sido convertidas en esquistos, pizarra y mármol. Esta serie fue denominada formación de San Fernando por Beal (48, 49), y formación de Alisitos por Santillán y Barrera (458). Anderson y Hanna (13) la correlacionan con el Neocomiano.

La serie superior que está bien desarrollada en la Planicie Costera del Pacífico aparece también en una estrecha zona a lo largo de la parte Norte de las estribaciones del declive Occidental

de la Sierra de Baja California. La sección consta de arcillas fosilíferas concrecionarias de color desde gris claro hasta ante, de edad probablemente Cenomaniana, Turoniana y Senoniana.

Terciario.

Los sedimentos Terciarios comprenden formaciones del Eoceno, Mioceno y Plioceno. Formaciones del Eoceno que se presentan a lo largo de la parte Norte de la Llanura Costera del Pacífico de la Baja California se encuentran también a lo largo de las estribaciones de la parte N.O. de la Sierra de Baja California. Al parecer son concordantes con el Cretácico Superior pero rematan contra los depósitos del Cretácico Medio. El Eoceno consiste en arenisca y arcilla de color gris claro o color de ante, y contiene una abundante fauna característica de los horizontes de Tejón y Martínez. Estratos fosilíferos del Eoceno consistentes en arenisca gris clara con capas argiláceas verdosas también se encuentran en el extremo meridional de la provincia.

La arenisca fosilífera y la arcilla arenosa de la parte Sur de la provincia están correlacionadas con el Mioceno Inferior de la formación de Monterrey o de la de Vaqueros. Las rocas del Mioceno Superior o del Plioceno que se encuentran en la parte central de la provincia fueron descritas por Darton como las Capas Amarillas. Consisten en arenisca suave y limosa y en barro amarillo arenoso con algunas capas locales calcáreas y mantos de lava y aglomerado.

La Arenisca de Mesa cubre a las Capas Amarillas. Según Darton tiene dos fases: una arenisca gris maciza en la parte Occidental, que se transforma gradualmente en conglomerado con intercalaciones de aglomerado y toba hacia el Este. Incluye capas de rocas ígneas y está penetrada por muchas intrusiones. Cubre rocas metamórficas e ígneas y arenisca Terciaria más antigua. Una escasa fauna indica que es de edad Pliocena. Los depósitos Terciarios han sido descritos en detalle por Wilson (576b) y Beal (49a).

Estructura.

Estructuralmente la Sierra de Baja California es un inmenso bloque enfallado con un núcleo de rocas ígneas y metamórficas que constituye un batólito parcialmente denudado cubierto por sedimentos con plegamiento local. La relación de toda la península con las altas tierras centrales es la de un bloque enfallado y deprimido, pero la Sierra de Baja California es un bloque elevado con relación al Golfo de California y la adyacente Llanura Costera del Golfo, de la Baja California. La abrupta cara Oriental de la Sierra de la Baja California es el plano de falla erosionado a lo largo del cual se efectuó el movimiento.

La parte interior de la Sierra de la Baja California también ha estado sujeta a enfallamiento a lo largo de planos Norte-Sur, movimiento que en la parte Norte ha dado por resultado dos bloques orográficos separados por un área deprimida limitada por escarpas de falla (333, 583). Aunque fracturada en segmentos la Sierra de la Baja California constituye un bloque basculado hacia el Oeste. Con pocas excepciones las rocas sedimentarias abuzan uniformemente hacia el Oeste, las más bajas con abuzamiento bastante empinado, las de arriba más suavemente. A lo largo del borde Occidental de las sierras la secuencia stratigráfica normal no está grandemente perturbada por enfallamiento o fracturas, pero la relación de toda la península de Baja California con un área submarina deprimida situada al Oeste está indicada por la Isla de Guadalupe, que parece ser una montaña sumergida cuya base está ahora a más de 3,600 metros abajo del nivel del mar.

Historia Geológica.

La historia Precretácica de la Sierra de Baja California no

se conoce bien. Al parecer los depósitos más antiguos son esquistos y otras rocas metamórficas invadidas por un inmenso batolito. La edad de las rocas metamórficas según algunos autores es Precámbrica, otros han dicho que es del Cretácico Superior o Medio, pero la mayoría de los observadores sostienen que es mesozoica y probablemente Precretácica. Faltan pruebas convincentes de su edad. Ni se conoce la fecha de la intrusión del batolito. Sedimentos Mesocretácicos han sido cortados por rocas graníticas y dioríticas pero la intrusión de la masa principal de rocas plutónicas fue probablemente anterior y puede haber sido en la época de la perturbación de Nevada en el Jurásico Superior, o a principios del Cretácico.

Después de un período de elevación y erosión, el área se sumergió al menos en parte durante el Cretácico Medio y se depositó una serie de conglomerados, cuarzitas y tobas. Una elevación se produjo de nuevo al final del Cretácico Medio o a principios del Cretácico Superior, probablemente al comenzar la elevación general de las tierras altas. Esta elevación fue seguida de un período de erosión que dió por resultado que se desarrollaran extensas llanuras al piedemonte de montañas escarpadas. La formación de estas llanuras se puede fijar muy exactamente en el tiempo porque biselan sedimentos Mesocretácicos y las rocas ígneas y metamórficas subyacentes, y constituyen la base sobre la que fueron depositados los sedimentos del Cretácico Superior. Las superficies biseladas de formaciones semejantes en la parte sur de la península son probablemente restos de la superficie de planación o de otras íntimamente relacionadas con ella, lo que indica un gran desarrollo de esa peneplanicie.

La Sierra de la Baja California probablemente no volvió a sumergirse por completo, pero fue en parte inmundada durante el Senoniano con deposición de una gruesa capa de arcilla y arenisca concrecionaria. La deposición probablemente se prolongó de manera intermitente a través del Terciario y el Cuaternario hasta los tiempos Recientes, con acumulación de arenisca, arcilla y conglo-

merado con gruesas intercalaciones de material volcánico. El área no quedó completamente sumergida ya que no hay muestras de depósitos Terciarios en las partes más altas, pero porciones de ellas quedaron cubiertas. Las sedimentaciones del Eoceno y del Mioceno inferior fueron de arenisca y arcilla equivalentes a las formaciones de Martínez, Tejón y Vaqueros, de California. Después de un período de elevación y erosión, en el Mioceno Final el área se sumergió de nuevo y sobre las superficies erosionadas de los depósitos del Terciario más antiguo y de las rocas metamórficas e ígneas se depositó durante el Plioceno una serie de arenisca, arcilla, y localmente gruesos depósitos de aglomerados, que indican una intensa actividad volcánica.

La elevación final de la Sierra de la Baja California sobre el nivel del mar no se efectuó sino en tiempos geológicos recientes. Sedimentos que contienen fauna marina moderna se encuentran hasta a 1,000 metros de altura sobre el actual nivel del mar, y cinturones de dunas de playa y de líneas litorales se hallan a grandes alturas (139, 580). Esta elevación final fue acompañada de extenso enfallamiento. La cara oriental de las sierras es una escarpa de falla de fecha relativamente reciente y representa una línea de gran desplazamiento, que culminó en el Pleistoceno, aunque puede haber empezado en una época anterior.

BIBLIOGRAFIA

- 1 J. E. ADAMS, et al: *Standard Permian Section of North America*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 23 (1939), pp. 1673-81.
- 2 W. S. ADKINS: *New Rudistids from the Texas and Mexican Cretaceous*, Univ. Texas Bulletin 3001 (1930), pp. 77-100.
- 3 —: *The Mesozoic Systems in Texas*, Univ. Texas Bulletin 3232, part. 2 (1933), pp. 239-518.
- 3a MANUEL RODRÍGUEZ AGUILAR: *Reservas Petroleras*, Ingeniería, vol. 16 (1942), n° 4.
- 4 J. G. AGUILERA: *Estudio de los fenómenos sísmicos del 3 de Mayo de 1887*, An. Ministerio de Fomento, vol. 10 (1888), pp. 5-56.
- 5 —: *Excursión de Tehuacán a Zapotitlán et San Juan Raya*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 7 (1906).
- 6 —: *Les gisements carbonifères de Coahuila*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 27 (1906).
- 7 —: *Aperçu sur la géologie du Mexique*, Inter. Geol. Congress X, México, Compt. Rend., (1907), pp. 227-48.
- 8 —: Véase ANTONIO CASTILLO (1895).
- 9 J. G. AGUILERA, EZEQUIEL ORDÓÑEZ, y R. J. BUELNA: *Bosquejo geológico de México, Itinerarios geológicos en los estados de San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas*, Bol. Inst. Geol. de México, n°s. 4-6 (1897).
- 10 J. G. AGUILERA y EZEQUIEL ORDÓÑEZ: *El mineral de Pachuca*, Bol. Inst. Geol. de México, nos. 7-9 (1897).
- 11 MANUEL ALVAREZ JR.: *Breves comentarios al trabajo del doctor A. Heim, intitulado "Cadenas Frontales"*, Soc. Geol. México, folleto n° 1 (1942).
- 11a —: Véase IMLAY, CEPEDA, ALVAREZ, y DÍAZ (1948).
- 11b MANUEL AMADOR: *Las capas cárnicas de Zacatecas*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 4 (1908), pp. 29-35.
- 11c C. A. ANDERSON: *Geology of the Gulf of California*, (Abstract), Bull. Geol. Soc. America, vol. 52 (1941), p. 1888.

- 12 F. M. ANDERSON: *Late Cretacic fossils from Lower California*, Pan-American Geologist, vol. 50 (1928), pp. 283-84.
- 13 F. M. ANDERSON and G. D. HANNA: *Cretaceous geology of Lower California*, Proc. Calif. Acad. Sci., 4th series, vol. 23 (1935).
- 14 G. E. ANDERSON: *Geology and ore deposits of the Asientos-Tepezala district, Aguascalientes, Mexico*, Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., vol. 74 (1926), pp. 238-54.
- 15 ERNESTO ANGERMANN: *Apunte sobre el Paleozoico en Sonora*, Inst. Geol. México, Parer. vol. 1 (1904), pp. 81-90.
- 15a —: *Fisiografía, geología e hidrografía de los alrededores de La Paz, Baja California*, ibid.
- 16 —: *Explicación del plano geológico de la región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango*, Parer. Inst. Geol. México, t. 2 (1907).
- 17 E. R. APPLIN: Véase E. T. DUMBLE (1924).
- 18 A. R. V. ARELLANO: *La tectónica de la región de Poza Rica, Ver.* Soc. Geol. Mexicana, Foll. 4, serie geotectónica 2 (1942).
- 19 —: *Tectónica de la Región de Poza Rica, Ver.*, Folleto 4, Soc. Geol. Méx. (1942).
- 20 —: *Platinum Crucible Substitutes under war limitations*, Am. Mineralogist, 30, (1945) 540-1.
- 21 —: *Stratigraphy around Caborca*, A. A. P. G., Bull. 30, (1946), pp. 606-610.
- 22 —: *Noticias Geológicas del Distrito Altar, Sonora*, Bol. Soc. Geol. Méx. XII (1946) pp. 5-11.
- 23 —: *Datos Geológicos sobre la Antigüedad del hombre en la cuenca de México*, (Comentario e intento de correl. con la cronología Glacial por K. Bryan) 2º Congr. Mex. Cienc. Soc. 5: 213-225 (1946).
- 24 —: *El Elefante fósil de Tepexpan y el hombre primitivo*, Rev. Méx. Estud. Antrop. 8: (1-6) (1946).
- 25 —: Véase G. A. COPPER (1946).
- 26 —: *Deducciones estratigráficas de las anomalías de la pesantez observadas en el centro de México*, 2º Congres. Pan. Am. de Geol. e Ing. Minas, Río Janeiro 1947 (aparentemente en prensa).
- 27 —: *The Becerra formation (Latest Pleistocene) of Central Mexico*. Presented to XVIII Int. Congr. at London, (1948).
- 27a —: *La composición de las rocas volcánicas en la parte sur de la Cuenca de Méjico*, Bol. Soc. Geol. Mex., t. 13 (1948), pp. 81-82.
- 28 RALPH ARNOLD: *Conservation of oil and gas resources of the Americas*. Proc. Second Pan-American Science Congress, vol. 3 (1917).

- 29 RALPH ARNOLD and B. L. CLARK: *An Appalachian fauna from Lower California*, (Abstract), Geol. Soc. America, Bull. 28 (1917) pp. 223-24.
- 30 R. M. BAGG: *The Sahuayacan district, Mexico*, Eng. Min. Journal, vol. 79 (1905), pp. 749-51.
- 31 H. F. BAIN: *A sketch of the geology of Mexico*, Jour. Geology, vol. 5 (1897), pp. 384-90.
- 32 C. L. BAKER: *General geology of the Catorce mining district*, Proc. Amer. Inst. Min. Met. Eng., vol. 66 (1922), pp. 42-48.
- 33 —: *Panuco oil field, Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 12 (1928), pp. 395-441.
- 34 —: *Geological cross section of the Isthmus of Tehuantepec*, Pan-Amer. Geologist, vol. 53 (1930), pp. 161-74.
- 35 —: *Tectonics of the eastern Mexico Cordillera and the Laramide thrusts of Trans-Pecos Texas*, (Abstract), Bull. Soc. Geol. America, vol. 41 (1930), p. 168.
- 36 —: Review of Schuchert's "Historical geology of the Antillean Caribbean region", Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 20 (1936), pp. 496-503.
- 37 —: *Brief notes on the Higher Cretaceous*, South Texas Geol. Soc. Meeting, Monterrey (1941).
- 38 —: *Upper Jurassic deposits and structures of the Monterrey-Salttillo area*, South Texas Geol. Soc. Meeting, Monterrey (1941).
- 39 S. H. BALL: *The Tampico oil field, Mexico*, Eng. and Min. Journal, vol. 91 (1911), pp. 959-61.
- 40 MARIANO BÁRCENA: *Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos*, Bol. Soc. Geog. Mexicana, t. 3 (1875), pp. 369-405.
- 41 —: *Materiales para la formación de una obra de paleontología mexicana*, Anales del Museo Nac. de México I (1877), pp. 85-91, 195-202, 283-86.
- 42 R. W. BARKER: *Micropaleontology in Mexico with special reference to the Tampico Embayment*, Bull. Amer. Soc. Pet. Geologists, vol. 20 (1936), pp. 433-56.
- 43 —: *Species of the foraminiferal family Camarinidae in the Tertiary and Cretaceous of Mexico*, Proc. U. S. Nat. Mus., vol. 86, n° 3052 (1939).
- 44 R. W. BARKER and T. F. GRIMSDALE: *Studies of Mexican fossil foraminifera; a new Alveolinellid from the Upper Cretaceous of Me-*

- xico, Annals and Mag. Nat. Hist. ser. 10, vol. 19 (1935), pp. 173-76.
- 44a VIRGIL E. BARNES and FREDERICK ROMBERG: *Observations of relative gravity at Paricutin Volcano*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 59 (1948), pp. 1019-26.
- 45 TOMÁS BARRERA: *Zonas mineras de los estados de Jalisco y Nayarit*, Bol. Inst. Geol. México, n° 51 (1931).
- 46 —: *Discusión sobre las ideas del Dr. Palmer sobre la geología de Oaxaca y sobre las posibilidades de acumulación del petróleo en la costa*, Revista Industrial, T. 1, n° 1, (1933).
- 47 —: Véase MANUEL SANTILLÁN (1930).
- 47a —: *Guía geológica de Oaxaca*, Univ. Nac. Autónoma de México, Inst. de Geología (1946).
- 48 CARL H. BEAL: *Reconocimiento geológico de los distritos de Hermosillo y Guaymas del Estado de Sonora, México*, Bol. Petróleo, vol. 13 (1922), n° 4, pp. 263-91.
- 49 —: *Informe sobre la exploración geológica de la Baja California*, Bol. Petróleo, vol. 17 (1924), pp. 417-53; vol. 18 (1924), pp. 14-53.
- 49a —: *Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico*, Geol. Soc. America, Memoir 31 (1948).
- 50 E. BECKSMAN: *Die... in der Sierra Madre gesammelten Gesteine*, Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, vol. 43 (1933).
- 51 B. C. BELT: *Stratigraphy of the Tampico district of Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 9 (1925), pp. 136-44.
- 52 KARL BERNIUS: *Das Becken von Parras*, Dietrich Reimer, Berlin (1905).
- 53 J. L. W. BIRKINDINE: *Exploration of certain iron-ore and coal deposits in the state of Oaxaca, Mexico*, Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., vol. 41 (1911), pp. 166-88.
- 54 ELIOT BLACKWELDER: *Origin of the Colorado River*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 45 (1934), pp. 551-66.
- 55 W. P. BLAKE: *Ancient lake in the Colorado desert*, Amer. Jour. Sci., ser. 2, vol. 17 (1854).
- 56 —: *The Cahuilla Basin and Desert of the Colorado*, Carnegie Inst., Washington, Pub. 193 (1914).
- 57 LUIS BLÁSQUEZ y RAÚL LOZANO-GARCÍA: *Hidrogeología y minerales no metálicos de la zona norte del Estado de Michoacán*, Inst. Geol. de México, Anales, t. 9 (1946).
- 58 G. BOEHM: *Ueber Caprinidenkalke aus Mexico*, Zeitschr. Deutsche geolog. Gesell., vol. 50 (1898), pp. 323-32.

- : *Beiträge zur Kenntnis mexicanischen Caprinidenkalke*, Felik und Link (1988-89).
- 59 Y. S. BONILLAS: *Geology of the Taxco mining district, Guerrero, Mexico*, (1936).
- 59a —: *Algunos datos geológicos sobre el mineral La Campana, Dist. Altar, Sonora* (1910).
- 59b —: *Algunas aplicaciones prácticas de la geología*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 8 (1912), pp. iv-v.
- 60 EMIL BÖSE: *Über Lias in Mexico*, Zeitschr. Deutsche geolog. Gesell., vol. 50 (1898), pp. 168-75.
- 61 —: *Geología de los alrededores de Orizaba con un perfil de la vertiente de la mesa central de México*, Bol. Inst. Geol. México, n° 13 (1899).
- 62 —: *Reseña acerca de la geología de Chiapas y Tabasco*, Bol. Inst. Geol. México, n° 20 (1905), pp. 5-100.
- 63 —: *Noticia preliminar sobre la fauna pliocénica de Tuxtepec, Oaxaca*, Soc. Geol. México, Bol. 1 (1905), pp. 139-49.
- 64 —: *Nota preliminar sobre la fauna pliocénica*, Soc. Geol. México, Bol. 2. (1906), pp. 51-64.
- 65 —: *Excursions à l'Isthme de Tehuantepec*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 31 (1906), pp. 1-40.
- 66 —: *Sobre algunas faunas terciarias de México*, Inst. Geol. México, Bol. 22 (1906).
- 67 —: *Excursion de San Luis Potosí a Tampico*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 30 (1906).
- 68 —: *La fauna de moluscos del senoniano de Cárdenas, San Luis Potosí*, Bol. Inst. Geol. México, n° 24 (1906).
- 69 —: *Excursions dans les environs de Parras*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 23 (1906).
- 70 —: *Excursions dans les environs de Monterrey et Saltillo*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Excursion 29 (1906).
- 71 —: *Neue Beiträge zur Kenntnis der mexicanischen Kreide*, Centralbl. Min. Geol. und Paläont. (1910).
- 72 —: *Monografía geológica y paleontológica del Cerro de Muleros cerca de Ciudad Juárez, y descripción de la fauna cretácea de la Encantada, Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua*, Bol. Inst. Geol. México, n° 25 (1910).
- 73 —: *Zur jungtertiären fauna v. Tehuantepec*, Stratigraphic, Beschreibung und Vergleich mit amerikanischen Tertiärfaunen. K. k. geol. Reichsanst., Wien, Jahrb. 60 (1910), pp. 215-55.

- 74 —: *Algunas faunas del Cretacio superior de Coahuila y regiones limitrofes*, Bol. Inst. Geol. México, n° 30 (1913).
- 75 —: *On new ammonite fauna of the Lower Turonian of Mexico*, Univ. Texas Bull. 1856 (1918), pp. 173-252.
- 76 —: *On the Permian of Coahuila, northern Mexico*, Amer. Jour. Sci., 5th series, vol. 1 (1921), pp. 187-94.
- 77 —: *Algunas faunas cretácicas de Zacatecas, Durango y Guerrero*, Bol. Inst. Geol. México, n° 42 (1923).
- 78 —: *Vestiges of an ancient continent in northeast Mexico*, Amer. Jour. Sci., 5th series, vol. 6 (1923), pp. 127-36, 196-214, 310-37.
- 79 EMIL BÖSE y ERNESTO WITTICH: *Informe relativo a la exploración de la región norte de la costa occidental de la Baja California*, Parer. Inst. Geol. México, vol. 4 (1913), pp. 307-529.
- 80 EMIL BÖSE and O. A. CAVINS: *The Cretaceous and Tertiary of southern Texas and northern Mexico*, Univ. Texas Bull. 2748 (1927).
- 81 C. W. BOTSFORD: *Geology of the Guanajuato district, Mexico*, Eng. and Min. Journal, vol. 87 (1909), p. 691.
- 82 —: *Geological notes on west coast of Mexico*, Eng. and Min. Journal, vol. 89 (1910), p. 223.
- 83 —: *Southern Sonora and Chihuahua*, Eng. and Min. Journal, vol. 92 (1911), p. 704.
- 84 E. BOWLES: Véase JULIA GARDNER (1934).
- 85 D. D. BRAND: *The natural landscape of northwestern Chihuahua*, New Mexico Univ. Bulletin, geological series, vol. 5, n° 2 (1937).
- 86 J. E. BRANTLY: *Résumé of the geology of the Gulf Coastal Plain*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 8 (1924), pp. 21-28.
- 87 J. S. BROWN: *The Salton Sea region*, U. S. Geol. Survey Water Supply Paper 497 (1923).
- 88 W. H. BROWN: *Geological section along Rio de San Lorenzo in Sinaloa, Mexico*, Eng. and Min. Journal Press, vol. 120 (1925), pp. 691 y 779.
- 88a KIRK BRYAN: *Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México en relación a los cambios climáticos*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 13 (1948), pp. 1-26.
- 89 F. M. BULLARD: *Paricutin, Mexico's newest volcano*, Southwest Rev., vol. 29 (1944), pp. 497-506.
- 90 —: *Studies on Paricutin volcano, Michoacan, Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 58 (1947), pp. 433-49.

- 91 CARLOS BURCKHARDT: *Géologie de la Sierra de Concepción del Oro*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 24 (1906).
- 92 —: *Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 26 (1906).
- 93 —: *La faune jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du crétacique inferieur*, Bol. Inst. Geol. México, vol. 23 (1906).
- 94 —: *Estudio geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas*, Parer. Inst. Geol. México, vol. 3, parte 2 (1909).
- 95 —: *Estudio geológico de la región de San Pedro del Gallo*, Parer. Inst. Geol. México, t. 3 (1910).
- 96 —: *Neue Untersuchungen über Jura und Kreide in Mexico*, Centralbl. Min. Geol. und Paläont. (1910), pp. 622-31, 662-67.
- 97 —: *Faunas jurassiques et cretaciques de San Pedro del Gallo (Etat de Durango, Mexico)*, Bol. Inst. Geol. México, n° 29 (1912).
- 98 —: *Faunas jurásicas de Symon (Zacatecas) y faunas cretácicas de Zumpango del Rio (Guerrero)*, Bol. Inst. Geol. México, n° 33, t. 1 (1919); t. 2 (1921).
- 99 —: *Quelques remarques critiques sur l'ouvrage de la M. W. Fruedenberg "Geologie von Mexico"*, Mem. Soc. Antonio Alzate, vol. 41 (1923), p. 185.
- 100 —: *Faunas del aptiano de Nazas (Durango)*, Bol. Inst. Geol. México, n° 45 (1925).
- 101 —: *Cefalópodes del Jurásico medio de Oaxaca y Guerrero*, Bol. Inst. Geol. México, n° 47 (1927).
- 102 —: *Etude synthétique sur le mésozoïque mexicain*, Mem. Soc. Pal. Suisse, vols. 49, 50 (1930).
- 103 CARLOS BURCKHARDT y SALVADOR SCALIA: *Geologie des environs de Zacatecas*, Inter. Geol. Congress X, Mexico, Guide Excursion 16 (1906).
- 104 CARLOS BURCKHARDT y J. D. VILLARELLO: *Estudio geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas, en relación con el proyecto de una presa en el Cañón de Fernández (Durango)*, Parer. Inst. Geol. México, t. 3, n° 2 (1909), pp. 117-35.
- 105 CARLOS BURCKHARDT y F. K. G. MULLERRIED: *Neue Funde in Jura und Kreide Ost und Süd-Mexicos*, Eclogae geol. Helvetiae, vol. 29, n° 2 (1936), pp. 309-24.
- 106 JOS. BURKART: *Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren 1925 bis 1934, band 1* (1936), p. 72.
- 107 R. H. BURROWS: *The Lluvia de Oro district, Mexico*, Min. Sci. Press, vol. 94 (1907), pp. 664-67.

- 108 —: *Sobre rhynchonellas y belemnites del Jurásico en Lluvia de Oro, Chihuahua*, Bol. Soc. Geol. México, vol. 4 (1908), p. 15.
- 109 —: *Geology of northern México*, Bol. Soc. Geol. México, vol. 7 (1910), pp. 85-103.
- 110 MIGUEL BUSTAMANTE: *Informe sobre criaderos carboníferos de las Huastecas, México*, Min. de Fomento, An. 6 (1882), pp. 538-47.
- 111 —: *Ligero estudio sobre los pozos de El Ebano explotados por la Mexican Pet. Co.*, Bol. Soc. Geol. México, n° 2 (1906), pp. 111-31.
- 112 —: *El petróleo en la República Mexicana; estudio geológico económico sobre los yacimientos petrolíferos*, Bol. Soc. Geol. México, n° 35 (1918).
- 112a G. de J. CABALLERO: *Los hervideros de la Sierra de Ozumatlán*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 2 (1905), pp. 35-41.
- 113 ANTONIO CASTILLO y J. G. AGUILERA: *Fauna fósil de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí*, Bol. Com. Geol. México, vol. 1 (1895).
- 114 O. A. CAVINS: Véase EMIL BÖSE (1927).
- 114a EDMUNDO CEPEDA: *Bosquejo Geol. de la región petrolera de Tampico*, Tesis profesional (1939).
- 114b —: Véase IMLAY et al, 284a.
- 115 M. G. CHENEY: Véase J. E. ADAMS (1939).
- 116 F. G. CLAPP: *Occurrence of oil and gas deposits associated with quaquaversal structure*, Economic Geology, vol. 7 (1912), pp. 377-80.
- 117 B. L. CLARK: Véase RALPH ARNOLD (1917).
- 118 P. E. CLOUD, JR.: Véase R. E. KING (1944).
- 119 L. J. COLE: *The caverns and people of Yucatan*, Bull. Amer. Geogr. Society, vol. 42 (1910), pp. 321-31.
- 120 W. S. COLE: *A foraminiferal fauna from the Guayabal formation in Mexico*, Bull. Amer. Paleontology, vol. 14, n° 51 (1927), pp. 3-46.
- 121 —: *A foraminiferal fauna from the Chapopote formation in Mexico*, *ibid.*, n° 53 (1929), pp. 3-26.
- 122 —: *A new Oligocene brachiopod from Mexico*, *ibid.*, vol. 15, n° 57a (1929), pp. 1-6.
- 123 W. S. COLE and R. GILLESPIE: *Some small foraminifera from the Meson of Mexico*, Bull. Amer. Paleontology, vol. 15, n° 57b (1930), pp. 1-15.
- 124 W. S. COLE: Véase T. W. VAUGHN (1932).
- 125 T. A. CONRAD: *Descriptions of Cretaceous and Tertiary fossils*,

- Emory, Report on the United States and Mexican Boundary Survey, vol. 1, Washington (1857).
- 126 C. W. COOKE: *New Vicksburg (Oligocene) mollusks from Mexico*, Proc. U. S. Nat. Museum, vol. 73, article 10 (1928).
- 127 C. W. COOKE, JULIA GARDNER, and W. P. WOODRING: *Correlation of the Cenozoic formations of the Atlantic and Gulf Coastal Plain and the Caribbean region*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 54 (1943), pp. 1713-23.
- 128 G. A. COOPER and A. R. V. ARELLANO: *Stratigraphy near Caborca, northwest Sonora, Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 30 (1946), pp. 606-11.
- 129 G. COTTEAU: *Note sur quelques échinides du terrain crétacé de Mexique*, Bull. Soc. geol. de France, 3a serie, t. 18 (1890), pp. 292-399.
- 129a LUIS FLORES COVARRUBIAS: *Interpretaciones genéticas del Volcán Parícutín a la luz de la sismología*, Bol. Soc. Geol. Mexicana (mimeógrafo).
- 130 JORGE L. CUMMING: *Informe preliminar acerca de la geología y zonas petrolíferas de una parte de los Estados de Coahuila y Nuevo León*, Inst. Geol. Mex. Foll. Divulg. 20 (1936), p. 13.
- 130a —: *Informe preliminar acerca del reconocimiento geológico petrolero de la parte norte del Estado de Coahuila*, *Ibid.* 29 (1928), p. 28.
- 131 —: *Geología petrolera de México*, *Ibid.* Monogr. (1929).
- 131a —: *Informe geológico de la región Amatlán-Tepetzintla, ex-Cantón de Tuxpan, Estado de Veracruz*, Bol. Petrol., vol. 32, (1931), n° 3-4, pp. 132-141.
- 131b JORGE L. CUMMING y F. P. HERRERA: *Informe sobre el reconocimiento geológico ejecutado en el fundo carbonífero La Esperanza (Hgo., Méx.)*, Bol. Min., t. 33 (1932), n° 6, pp. 200-201.
- 132 J. A. CUSHMAN: *An Eocene fauna from the Moctezuma River, Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 9, n° 2 (1925).
- 133 —: *Some new foraminifera from the Velasco shale of Mexico*, Contributions, Cushman Laboratory Foraminiferal Research, 1, 1 (April, 1925).
- 134 —: *Some foraminifera from the Méndez shale of eastern Mexico*, *ibid.*, 2, 1 (April, 1926).
- 135 —: *The foraminifera of the Velasco shale of the Tampico Embayment area*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 10 (1906), pp. 581-612.

- 196 —: *Some characteristic Mexican fossil foraminifera*, Jour. Paleontology, vol. 1 (1927), pp. 147-72.
- 197 —: *New and interesting foraminifera from Mexico and Texas*, Cont. Cushman Lab. Foram. Research, 3, 2 (June, 1927).
- 197a *Foraminiferal evidence for the age of the Velasco shale of Mexico and the Lizard Springs marl of Trinidad*, Jour. Paleontology, vol. 21 (1947), pp. 587.
- 198 J. A. CUSHMAN and E. A. TRAGER: *New formation in the Tampico Embayment region*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 35 (1924), p. 100.
- 199 N. H. DARTON: *Geologic reconnaissance in Baja California*, Jour. Geology, vol. 29 (1921), 720.
- 140 M. W. DAVIS: *Lower California and its natural resources*, Geog. Review, vol. 11 (1921), pp. 551-62.
- 141 D. T. DAY: *The Mexican oil fields, their geology and the character of the oils*, Petroleum Review, vol. 20 (1909), p. 3.
- 142 —: *Petroleum industry of Mexico*, Proc. 2d Pan-Amer. Congress, section 3, vol. 3 (1917), pp. 238-45.
- 143 R. K. DEFORD: Véase J. E. ADAMS (1939).
- 144 E. L. DEGOLYER: *Historical sketch of oil in Mexico*, Oil and Gas Journal (April 16, 1914), pp. 30-35.
- 145 —: *The Furbero oil field, Mexico*, Bull. Amer. Inst. Min. Eng., n° 105 (1915); Transactions, vol. 52 (1916), pp. 268-80.
- 146 —: *The effect of igneous intrusions on the accumulation of oil in the Tampico-Tuxpan region, Mexico*, Economic Geology, vol. 10 (1915), n° 7.
- 147 —: *On Cretaceous and Tertiary formations of eastern Mexico*, Bull. Amer. Inst. Amer. Eng., n° 108 (1915); Transactions, vol. 52 (1916).
- 148 —: *The significance of certain Mexican oil field temperatures*, Economic Geology, vol. 13 (1918), pp. 275-301.
- 149 —: *Zacamistle oil pool, Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 5 (1921), p. 85.
- 150 —: *Oil associated with igneous rocks in Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 16 (1932).
- 150a HELMUT DE TERRA: *New evidence for the antiquity of early man in Mexico*, Rev. Mex. de Estudios Antropológicos, vol. 8 (1946).
- 151 Departamento del Petróleo de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo: *Bibliografía de Petróleo en México*, México (1927).
- 151a TEODOR DÍAZ: Véase LMLAY et al, 284a.

- 152 R. E. DICKERSON and W. S. KEW: *The fauna of a medial Tertiary formation and the associated horizons of northeastern Mexico*, Proc. California Acad. Sciences, 4th series, vol. 7 (1917), pp. 125-56.
- 153 R. I. DICKEY: Véase J. E. ADAMS (1939).
- 154 AUGUSTE DOLLFUS et E. MONTERRAT: *Voyage géologique dans les républiques de Guatemala et de Salvador*, Miss. Sci. Mexique et l'Am. Cent., Geol. (1868), pp. 1-539.
- 155 J. B. DORR: *The Guayabal formation of Mexico*, Jour. Paleontology, vol. 4 (1930), pp. 418-19.
- 156 —: *New data on the correlation of the Lower Oligocene of South and Central America with that of southern Mexico*, *ibid.*, vol. 7 (1933), pp. 432-38.
- 157 HENRI DOUVILLÉ: *Sur quelques rudistes américains*, Bull. Soc. géol. France, 3d ser., t. 28 (1900), p. 205.
- 158 —: *Les orbitoides de la région pétrolifère du Mexique*. Compte rendu somm. des Séances Soc. géol. France fasc. 4 (21 février, 1927), pp. 34-35.
- 158a A. B. DRESCHER: *A new Pliocene badger from Mexico*, Bull. Sou. California Academy of Sciences, vol. 38, part. 2 (1939), pp. 57-62.
- 159 E. T. DUMBLE: *Notes on the geology of the middle Rio Grande*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 3 (1892), p. 219.
- 160 —: *Triassic coal and coke of Sonora, Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 11 (1900), pp. 10-14.
- 161 —: *Notes on the geology of Sonora, Mexico*, Trans. Amer. Inst. Min. Eng., vol. 29 (1900), pp. 122-52.
- 162 —: *Occurrence of oyster shells in volcanic deposits in Sonora, Mexico*, Trans. Texas Acad. Sciences, vol. 4 (1901), p. 82.
- 163 —: *Tertiary deposits of northeastern Mexico: Science, new series*, vol. 23 (1911), pp. 232-34; California Acad. Sciences, Proc. (4), vol. 5 (1915), pp. 163-93.
- 164 —: *Some events in the Eocene history of the present coastal area of the Gulf of Mexico in Texas and Mexico*, Jour. Geology, vol. 23 (1915), pp. 481-98.
- 165 —: *The occurrences of petroleum in eastern Mexico as contrasted with those in Texas and Louisiana*, Amer. Inst. Min. Eng. Bull. 104 (1915), pp. 1623-38; Transactions, vol. 52 (1916), pp. 250-65.
- 166 —: *Geology of the northern end of the Tampico Embayment area*,

- Proc. California Acad. Sciences, series 4, vol. 8 (1918), pp. 113-56.
- 167 E. T. DUMBLE and E. R. APPLIN: *Subsurface geology of Idolo Island, Veracruz, Mexico*, Pan-American Geologists, vol. 41 (1924).
- 168 C. O. DUNBAR: Véase J. E. ADAMS (1939).
—: Véase R. E. KING (1944).
- 169 GUSTAV EISEN: *Explorations in the Cape region of Baja California in 1894*, Proc. Cal. Sci., 2d ser., vol. 5 (1895), pp. 733-75.
- 169a K. O. EMERY: *Ranger Bank, Mexico*, (abstract) Bull. Geol. Soc. America, vol. 58 (1947), p. 1177.
- 169b —: *Submarine geology of Ranger Bank, Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 32 (1948), pp. 790-805.
- 170 S. F. EMMONS: *Los Pilares mine, Nacozari (Sonora), Mexico*, Econ. Geology, vol. 1 (1906), pp. 629-43.
- 171 —: *Cananea mining district of Sonora, Mexico*, Econ. Geology vol. 5 (1910), pp. 312-56.
- 172 S. F. EMMONS and G. P. MERRILL: *Geological sketch of Lower California*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 5 (1894), pp. 489-514.
- 173 J. ENCERRAND Y FERNANDO URBINA: *Primera nota acerca de la fauna miocénica de Zuluzum, Chiapas*, Soc. Geol. México, vol. 6 (1910), pp. 119-40.
- 173a H. W. FAIRBANKS: *California Earthquake Commission Report*, Carnegie Institute, Washington (1910).
- 174 O. C. FARRINGTON: *The eruptive rocks of Mexico*, Jour. Geology, vol. 5 (1897), pp. 466-78.
- 175 —: *Observations on the geology and geography of western Mexico, including an account of the Cerro Mercado*, Field Mus. Nat. History Pub., Geol. series, vol. 2 (1904), pp. 197-228.
- 176 —: *Observations on Popocatepetl and Ixtaccihuatl*, Field Col. Mus., Pub. Geol. Sci., vol. 1 (1897), p. 67.
- 177 JOHANNES FELIX: *Versteinerungen aus der mexicanischen Jura und Kreide Formation*, Palaeontographica, vol. 37 (1891), pp. 140-99.
- 178 JOHANNES FELIX y H. LINK: *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico*, Th. I (1890), Th. II (1893-99), Th. III, Paleon., vol. 37 (1891), pp. 117-210.
- 179 —: *Ueber die tektonischen Verhältnisse der Republik Mexico*, Deutsch. Geol. Gesell., Zeits., vol. 44 (1892), pp. 303-23.
- 180 N. H. FENNEMAN: *Physiographic divisions of the United States*, Ann. Assoc. Amer. Geog., vol. 18 (1928), p. 268.
- 181 ROBERTO FERNÁNDEZ: *La industria minero-metalúrgica en el Estado*

- de San Luis Potosí*, Bol. Minero, México, Dept. de Minas, t. 14, n° 4 (1920), pp. 482-507.
- 182 G. Í. FINLAY: *A new occurrence of nephelite syenite and associated dykes in the State of Tamaulipas, Mexico*, (Abstract), Science, vol. 12 (1900), p. 446.
- 183 —: *Geology of the San Pedro district, San Luis Potosi, Mexico*. Columbia Univ. School Mines Quarterly, vol. 25 (1903), pp. 60-69.
- 184 —: *The Geology of the San Jose district, Tamaulipas, Mexico*, Annals New York Acad. Science, vol. 14 (1904), pp. 427-95.
- 185 TEODORO FLORES: *Los criaderos argentíferos de Providencia y San Juan de la Chica, San Felipe*, Bol. Soc. Geol. México, vol. 37 (1905), p. 169.
- 185a —: *Nota sobre los Phryganídeos de las lagunas del cráter del Nevado de Toluca*, Bol. Soc. Geol. Mex., t. 3-4 (1908), pp. 35-38.
- 185b —: *La Caverna de Cacahuamilpa*, Ibid. t. 6 (1909), pp. xxvii, 93-111.
- 186 —: *Datos de la geología del Estado de Oaxaca*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, n° 5 (1909), pp. 107-28.
- 187 —: *Estudio geológico-minero de los distritos de El Oro y Tlalpujahua*, Inst. Geol. México., Bol. 37 (1920), p. 18.
- 188 —: *Reconocimientos geológicos en la región central del Estado de Sonora*, Inst. Geol. México, Bol. 39 (1929).
- 189 —: *Granates, turmalinas, micas y feldespatos del distrito norte de la Península de la Baja California*, Annales Inst. Geol. México, vol. 4 (1930), pp. 55-78.
- 190 —: *Carta geológica de la Baja California*, Inst. Geol. México. Cartas Geol. y Min. México, no. 1 (1931).
- 191 TEODORO FLORES y PEDRO GONZÁLEZ: *Exploración de la parte central elevada de la porción norte de la península de Baja California*, Parer. Inst. Geol. México, vol. 4 (1913), pp. 237-75.
- 192 TEODORO FLORES, y otros: *El Paricutín, estudios vulcanológicos*, Inst. Geol. México (1945).
- 193 W. F. FOSHAG: *Mineralogy and geology of Cerro Mercado, Durango, Mexico*, Proc. U. S. Nat. Museum, vol. 74 (1928), pp. 1-27.
- 194 —: *The ore deposits of Los Lamentos, Chihuahua*, Econ. Geology, vol. 29 (1934), pp. 330-45.
- 195 —: *Las fumarolas del Paricutín*. El Paricutín, Inst. Geol. México (1945), pp. 95-100.
- 195a W. F. FOSHAG and CARL FRIES, JR.: *Tin deposits of the Republic of Mexico*, U. S. Geol. Survey, Bulletin 935-C (1942), pp. 99-176.

- 195b W. F. FOSHAG y CARL FRIES JR.: *Los yacimientos de estaño de la República Mexicana*, Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales de México, Bol. 8 (1946).
- 196 W. F. FOSHAG: *Los lagos alcalinos de Norte-américa y sus depósitos salinos*, Soc. Geol. Mexicana, t. 9 n° 3 (1936).
- 197 WILLIAM FREUDENBERG: *Geologie von Mexiko*, Berlín (1921).
- 197a CARL FRIES JR. y EDUARDO SCHMITTER: *Yacimientos de scheelita en la parte norte de la Sierra de Juárez, Distrito Norte de la Baja California*, Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales de México, Bol. 2 (1945).
- 197b CARL FRIES JR. and EDUARDO SCHMITTER: *Scheelite deposits in the northern part of the Sierra de Juárez, Northern Territory, Lower California, Mexico*, U. S. Geol. Survey, Bulletin 946-C (1945), pp. 73-101.
- 197c CARL JR.: Véase W. F. FOSHAG (1942, 1946).
- 198 E. L. FURLONG: *Fossil vertebrates from western North America and Mexico*, Contributions to Paleontology, Pub. 51, Carnegie Inst., Washington (1946).
- 199 W. M. FURNISH: Véase A. K. MILLER (1940) y F. K. G. MULLERRIED (1941).
- 200 W. M. GABB: *Notes on some Mexican Cretaceous fossils, with descriptions of new species*, Calif. Geol. Survey, Paleont., vol. 2 (1869), pp. 257-76.
- 201 —: *Notice of a collection of Cretaceous fossils from Chihuahua, Mexico*, Proc. Phil Acad. Nat. Sci., (1872), p. 263.
- 202 —: *Notes on the geology of Lower California*, Geol. Survey California, Geology, vol. 2 (1882), pp. 137-48.
- 203 H. GALEOTTI: Véase H. NYST (1840).
- 203a JESÚS y DOLORES GALINDO y VILLA: *Geografía sumaria de la República Mexicana*, México (1946).
- 204 J. J. GALLOWAY: *A revision of the Family Orbitoididae*, Jour. Pal. vol. 2, n° 1 (1928), pp. 666-72.
- 205 J. J. GALLOWAY and MARGARET MARREY: *Late Cretaceous foraminifera from Tabasco, Mexico*, Jour. Pal., vol. 5 (1931), pp. 329-54.
- 206 VICENTE GÁLVEZ: *Algunas exploraciones en el distrito sur de la península de la Baja California*, Anales Inst. Geol. México, vol. 2 (1927), pp. 157-94.
- 207 VICENTE GÁLVEZ, APOLINAR HERNÁNDEZ, y LUIS BLÁSQUEZ: *Estudios hidrogeológicos practicados en el Estado de San Luis Potosí*, Anales Inst. Geol. México, t. 7 (1941).

- 208 JULIA GARDNER: Véase C. W. COOKE (1943).
- 209 JULIA GARDNER and E. BOWLES: *Early Tertiary species of gastropoda from the Isthmus of Tehuantepec*, Jour. Washington Acad. Sciences, vol. 24 (1934).
- 210 V. R. GARFIAS: *The effect of igneous intrusions on the accumulation of oil in northeastern Mexico*, Jour. Geology, vol. 20 (1912), pp. 666-72.
- 211 —: *General notes on Mexican oil fields*, Geol. and Mining Soc. Amer. Universities, Year Book and Directory, vol. 2 (1915), pp. 15-17.
- 212 —: *The oil region of northeastern Mexico*, Economic Geology, vol. 10 (1915), pp. 195-224.
- 213 —: *Funnel and anticlinal ring structure associated with igneous intrusions in the Mexican oil fields*, Amer. Inst. Min. Eng. Bull. 128 (1917), pp. 1147-59; Transactions, vol. 57 (1918), pp. 1071-88.
- 214 ENRIQUE GAY: *Historia Natural de Tamaulipas, contiene una reseña geológica de dicho Estado*, Minería Mexicana, t. 10 n° 13.
- 215 JUAN B. GIBSON: *Estratigrafía y tectónica de la zona costera del Golfo entre 19° 34' latitud norte y el Río Coatzacoalcos, Veracruz*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 9 (1936) pp. 271-88.
- 216 G. B. GIERHART: Véase W. G. KANE (1935).
- 217 A. P. GIRAUD: *Informe geológico del distrito de San Ignacio, Estado de Sinaloa*, Anales Inst. Geol. México, t. 5 (1930), pp. 85-118.
- 218 G. H. GIRTY: *A new area of Carboniferous rocks in Mexico*, Science, new series, vol. 63, n° 1628 (1926), pp. 286-87.
- 219 PEDRO GONZÁLEZ: *Estudio hidrológico del nuevo pueblo de Escobedo, Coahuila*, Irrigación en México, vol. 5 (1932), n° 1.
- 220 —: Véase TEODORO FLORES (1913).
- 221 L. C. GRATTON: *The genetic significance of Parícutín*, Trans. Amer. Geophysical Union, vol. 26 (1945), pp. 249-54.
- 222 —: *Ciertos aspectos genéticos del Parícutín, nuevo volcán de Michoacán*, El Parícutín, Inst. Geol. México (1945), pp. 61-91.
- 223 JAMES A. GREEN: *Parícutín, the cornfield that grew a volcano*, Nat. Geog. Magazine, vol. 85 (1944), pp. 129-64.
- 224 T. F. GRIMSDALE: Véase R. W. BARKER (1935).
- 225 W. HAACK: *Ueber eine marine Permfauna aus Nordmexico nebst Bemerkungen ueber Devon, daselbst.*, Deutsch. Geol. Gesell., Zeits., vol. 66 (1914), part. 4, pp. 482-504.
- 226 ERICH HAARMAN: *Geologische Streifzüge in Coahuila*, Deutsch. Geol. Gesell., Zeits., vol. 65 (1913), monatab. 1, pp. 18-47.
- 227 C. E. HALL: *Notes on a geological section from Iguala to San Miguel*

- Totolapa, State of Guerrero*, Soc. Cient. Antonio Alzate Mem. y Rev., t. 13 (1903), pp. 327-35.
- 227a E. RAYMOND HALL: *A new genus of American Pliocene badgers of the northern hemisphere*, Publication 551, Carnegie Institute (1944), pp. 9-23.
- 227b G. D. HANNA: *Expedition to Guadalupe Island, Mexico in 1922, general report*, Calif. Acad. Sci., 4th series, vol. 14 (1925), n° 12, pp. 217-75.
- 228 —: *Geology of the west Mexican Islands*, Pan-Am. Geologists, vol. 48 (1927), pp. 1-24.
- 228a —: *A new genus of Silicoflagellata from the Miocene of Lower California*, Jour. Paleontology, vol. 4 (1930), pp. 415-16.
- 229 —: Véase F. M. ANDERSON (1935).
- 230 G. D. HANNA and L. G. HERTLEIN: *Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921*. Proc. Calif. Acad. Sci., 4th series, vol. 16 (1927), pp. 137-56.
- 231 T. F. HARRISS: Véase A. O. WOODFORD (1938).
- 232 BURTON HARTLEY: *The petroleum geology of the Isthmus of Tehuantepec*, Econ. Geology, vol. 12 (1917), pp. 581-88.
- 233 —: *The oil fields of Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 5 (1921), pp. 504-07.
- 234 G. W. HAYES: *Petroleum fields in Mexico*, Senate document 79:3, 1st session U. S. 61st Congress (1909).
- 235 A. HEILPRIN: *The geology and paleontology of the Cretaceous deposits of Mexico*, Proc. Philadelphia Acad. Nat. Sciences, vol. 42 (1891).
- 236 ARNOLD HEIM: *Reisen im südlichen Teil der Halbinsel Niederkalifornien (Baja California)*, Gesell. Erdk., Zeits (1916) pp. 1-16.
- 237 —: *Notes on the Tertiary of southern Lower California*, Geol. Magazine, vol. 59 (1922), pp. 529-47.
- 238 —: *Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental), Mexico*, Eclogae geol. Helv., vol. 20 (1926), pp. 84-87.
- 239 —: *El Bernal de Horcasitas, a volcanic plug in the Tampico Plain*, Zeits. Vulkanologie (September 1934).
- 240 —: *The Front Ranges of Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to Tamazunchale*, Eclogae geol. Helvetiae, vol. 33 (1940), pp. 313-62.
- 241 A. HERNÁNDEZ: Véase VICENTE GÁLVEZ (1927).
- 241a L. G. HERTLEIN: *Pectens from the Tertiary of Lower California*, Proc. Calif. Acad. Sci., 4th series, vol. 14 (1925), n° 1, pp. 1-35.

- 241b —: *Additional Pliocene and Pleistocene fossils from Lower California*, Jour. Paleont., vol. 5 (1931), pp. 365-67.
- 241c —: *Additions to the Pliocene fauna of Turtle Bay, Lower California, with a note on the Miocene diatomite*, Jour. Paleont., vol. 7 (1933), p. 440.
- 241d —: *Pleistocene mollusks from the Tres Marias Islands, Cedros Island, and San Ignacio Lagoon, Mexico*, Bull. Southern Calif. Acad. Sci., vol. 33 (1934), p. 2.
- 242 —: Véase G. D. HANNA (1927), and E. K. JORDAN (1926).
- 243 L. G. HERTLEIN and E. K. JORDAN: *Paleontology of the Miocene of Lower California*, Proc. Calif. Acad. Sci., 4th series, vol. 16 (1927), pp. 605-46.
- 244 F. L. HESS: *Graphite mining near La Colorado Sonora*, Eng. Mag. vol. 28 (1909), pp. 26-48.
- 245 R. T. HILL: *The Cretaceous formations of Mexico and their relations to North American geographic development*, Amer. Jour. Science, 3d series, vol. 45 (1893), pp. 307-23.
- 245a —: *Physical geography of the Texas region*, Topographic atlas of the United States, folio 3 (1900).
- 246 —: *Geologic and geographic aspects of Mexico*, Mining World (1905, 1906, 1907).
- 247 —: *Geology of the Sierra Almoloya, with notes on the tectonic history of the Mexican plateau*, Science, vol. 25 (1907), pp. 710-12.
- 248 —: *Peculiar formations of the Mexican arid regions*, Eng. and Min. Jour., vol. 83 (1907), p. 662.
- 249 —: *The Santa Eulalia district (Chihuahua), Mexico*, Eng. and Min. Jour., vol. 76, (1903), pp. 158-160.
- 250 —: *Growth and decay of the Mexican plateau*, Eng. Min. Journal, vol. 85 (1908), pp. 681-88.
- 251 —: *Extension of the Sierra Madre Oriente system of northeast Mexico into portions of Trans-Pecos Texas and New Mexico*, (Abstract). Geol. Soc. America, Bull., vol. 43 (1932) p. 185.
- 252 J. M. HILLS: Véase J. E. ADAMS.
- 252a —: *Peculiar formations of the Mexican arid regions*, Eng. & Min. Jour., vol. 83 (1907), p. 662.
- 253 H. HIRSCHI: *Beitrage zur Petrographie von Baja California, Mexico*, Schweiz. Miner. u. Petrog. Mitt., vol. 6 (1926), pp. 346-350.
- 254 H. HIRSCHI and F. de QUERVAIN: *Beitrage Petrographie von Baja California (Mexico)*, Schweizer. min. pet. Mitt., vol. 7 (1927).

- pp. 142-164; vol. 8 (1928), pp. 323-356; vol. 10 (1930), pp. 228-272; vol. 13 (1933), pp. 232-277.
- 255 HISAZUMI HISAKICHI: *Informe preliminar acerca de la geología petrolera de la zona comprendida entre los ríos Tecolutla y Misantla, en los estados de Veracruz y Puebla*, Inst. Geol. de México, Folleto de Divulgación, n° 23 (1926).
- 256 —: *El Distrito Sur de la Baja California*, Anales del Instituto de Geología, t. V. (1930).
- 256a —: *Informe geológico preliminar de la parte norte del Estado de Sinaloa*, Inst. geol. México, Anales, t. III, pp. 95-109 (1939).
- 257 H. W. HOBBS: *New volcanoes and a new mountain range*, Science, vol. 99 (1944), p. 287-290.
- 258 BERNARD HOBSON: *An excursion to the volcanoes of Nevado de Toluca and Jorullo in Mexico*, Geol. Mag., vol. 5 (1907) p. 5.
- 259 W. D. HORNADAY: *The Juan Casiano Oil Field, State of Veracruz Mexico*, Mining World, 38 (1913), p. 100.
- 260 E. O. HOVEY: *The geology of the Guaynopita district, Chihuahua*, Festschrift Harry Rosenbusch, pp. 77-95 Stuttgart (1906).
- 261 —: *The western Sierra Madre of the State of Chihuahua*, Am. Geog. Soc., Bull. 37 (1905), p. 531.
- 262 —: *Volcanoes of Colima, Toluca and Popocatepetl*, Science, new series, vol. 25 (1907), p. 764.
- 263 —: *A geological reconnaissance in the Western Sierra Madre of the State of Chihuahua, Mexico*, Am. Mus. Nat. History Bull., vol. 23, (1907), pp. 401-442.
- 264 W. E. HUMPHREY: *Stratigraphy of Cortinas Canyon Section, Sierra de los Muertos, Coahuila, Mexico*, South Texas, Geol. Soc. 13th Ann. Meeting, Guide Book (1941), 4 pp.
- : *Geology, of the Sierra de los Muertos area, Mexico*, Bull. Soc. Geol. America, vol. 60 (1949), pp. 89-176.
- 265 ELLSWORTH HUNTINGTON: *The Peninsula of Yucatan*, Bull. Amer. Geog. Soc., n° 44 (1912) p. 801.
- 265a C. S. HUNTLEY: *Oil development on the Isthmus of Tehuantepec*, Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., vol. 69 (1923).
- 266 L. G. HUNTLEY: *The Mexican Oil Fields*, Amer. Inst. Min. Eng. Bull. 105 (1915), pp. 2067-75, Trans. 52 (1916), pp. 281-321.
- 267 —: *A Graphic Model of the Tepetate-Chinampa Pool in the Mexican Fields*, Bull. Amer. Assoc., Petrol. Geol., vol. 5, n° 6 (November-December 1921), pp. 677-79.

- 268 —: (and Huntley, Stirling); *Mexican Oil Fields, Mining and Metallurgy*, n° 177 (September, 1921), pp. 27-32.
- 269 D. P. HYNES: *Notes on the geology of the Mina México vein*, Econ. Geol. vol. 7, p. 280-286 (1912).
- 270 R. W. IMLAY: *Geology of the Western Part of the Sierra de Parras*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 47 (1936) pp. 1091-1152.
- 271 —: *Geology of the Middle Part of the Sierra de Parras*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 48 (1937) pp. 587-630.
- 272 —: *Lower Neocomian Fossils from the Miquihuana Region, Mexico*, Jour. Paleon., vol. II, n° 7 (1937) pp. 552-74.
- 273 —: *Stratigraphy and Paleontology of the Upper Cretaceous Beds along the Eastern Side of Laguna de Mayran, Coahuila, Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 48 (1937) pp. 1785-1872.
- 274 —: *Geology of the Sierra de Cruillas, Tamaulipas, Mexico*, Univ. Michigan Sci. Ser., vol. 12 (1937) pp. 211-44.
- 275 —: *Ammonites of the Taraises Formation of Northern Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 49 (1938) pp. 539-602.
- 276 —: *Studies of the Mexican Geosyncline*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 49 (1938) pp. 1651-94.
- 277 —: *Upper Jurassic Ammonites from Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 50 (1939) pp. 1-78.
- 278 —: *Paleogeographic Studies in Northeastern Sonora*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 50 (1939) pp. 1723-44.
- 279 —: *Neocomian Faunas of Northern Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, Vol. 51, (1940) pp. 117-90.
- 280 —: *Possible interoceanic connections across Mexico during the Jurassic and Cretaceous periods*, Proc. Sixth Pacific Sci. Congress for 1939 (1940), pp. 423-27.
- 280a —: *Upper Jurassic pelecypods from Mexico*, Journ. Pal., vol. 14 (1940).
- 281 —: *Jurassic Formations of Gulf Region*, Bull. A. A. P. G., vol. 27, 1943.
- 282 —: *Cretaceous formations of Central America and Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 28 (1944) pp. 1077-1195.
- 283 —: *Correlation of the Cretaceous formations of the Greater Antilles, Central America, and Mexico*, Bull. Geol. Soc. América, vol. 55 (1944), pp. 1005-45.
- 284 —: *Upper Jurassic ammonites from the Placer de Guadalupe, Chihuahua, Mexico*, Journ. Pal., vol. 17, n° 5, (1943).
- 284a R. W. IMLAY, EDMUNDO CEPEDA, MANUEL ALVAREZ, and TEODOR

- DIAZ: *Stratigraphic relations of certain Jurassic formations in eastern Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 32 (1948), pp. 1750-61.
- 285 Instituto de Geología: *Reseña Geológica de los Eds. de la Rep. Mex.* 1937-38.
- 286 —: *Carta Geológica de la Rep. Mexicana*, México, D. F., (1942).
- 287 M. C. ISRAELSKY: *Notes on Some Echinoids from the San Rafael and Tuxpan Beds of the Tampico Region, Mexico*, Proc. California Acad. Sciences, 4th Ser., Vol. XIII, No. 8 (March 1924) pp. 137-45.
- 288 —: *A New Species of Echinoid from Tamaulipas, Mexico*, Trans. San Diego Soc. Nat. History, vol. VII, n° 22 (March 1933) pp. 273-82.
- 289 T. A. JAGGAR: *Volcanoes declare war*, Paradise of the Pacific, Ltd., Honolulu, Hawaii (1945).
- 289a E. JAWORSKI: *Eine Liasfauna aus nordwest Mexico*, Schweizer Paleont. Gesell. Abh., vol. 48, part. 4 (1929), pp. 1-12.
- 290 J. M. JOHNSTON: *Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921. The Botany*, Proc. Cal. Acad. Sci., 4th series, vol. 12 (1924), n° 30, pp. 951-1218.
- 290a A. E. JONES: *Notes on Paricutin lava*, Trans. Amer. Geophys. Union, vol. 27 (1946), pp. 523-25.
- 291 R. A. JONES: *A reconnaissance study of the Salado Arch, Nuevo Leon and Tamaulipas, Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 9 (1925), pp. 123-33.
- 292 T. S. JONES: *Geology of Sierra de la Peña and Paleontology of the Indidura formation*, Bull. Geol. Soc. América, vol. 49 (1938), pp. 69-150.
- 293 E. K. JORDAN: *Expedition to Guadalupe Island, Mexico, Molluscan fauna of the Pleistocene of San Quintin Bay, Lower California*, Proc. Calif. Acad. Sci., 4th series, vol. 15 (1926), n° 7, pp. 214-55.
- 293a —: *The Pleistocene fauna of Magdalena Bay, Lower California*, Contributions Stanford University, Dept. Geology, vol. 1 (1936), n° 4.
- 293b E. K. JORDAN and L. G. HERTLEIN: *Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico in 1925.—Contribution to the geology and paleontology of the Tertiary of Cedros Island and the adjacent parts of Lower California*, Proc. Calif. Acad. Sci., 4th series, vol. 15 (1926), n° 14.

- 294 WILLIAM G. KANE: *Structural Geology of Border Province of Northeastern Mexico*, *ibid.*, vol. 20, n° 4 (April 1936).
- 295 —: Véase KELLUM, IMLAY and KANE.
- 296 W. G. KANE and G. B. GIERHART: *Areal Geology of Eocene in Northeastern Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 19 (1935), pp. 1357-88.
- 297 B. M. KELLER: *Correlation of the Upper Cretaceous Deposits in Eastern Mexico and in the Western Caucasus*, Bull. Acad. Sci. U. R. S. S., n° 5 Ser. Geol. (1937), pp. 836-38.
- 298 W. T. KELLER: *Stratigraphische Beobachtungen in Sonora (Nordwest Mexico)*, Eclogae Geol. Helvetiae, vol. 21 (1928) part. 2, pp. 327-335.
- 299 ✓ L. B. KELLUM: *Similarity of Surface Geology in Front Range of Sierra Madre Oriental to Subsurface in Mexican South Fields*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. vol. 14 (1930), pp. 73-91.
- 300 —: *Structure of San Carlos Mountains, Mexico*, Bull. Geol. Soc. America (Abstract) vol. 42, n° 1 (March 1931).
- 301 —: *Reconnaissance Studies in the Sierra de Jimulco, Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 43 (1932), pp. 541-64.
- 302 —: *Geology of the Mountains West of the Laguna District*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 47 (1936), pp. 1039-90.
- 303 —: *Paleogeography of Parts of Border Province of Mexico Adjacent to West Texas*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 20 (1936), pp. 417-32.
- 304 —: *Geology of the Sedimentary Rocks of the San Carlos Mountains*, Univ. Michigan Sci. Ser., vol. 12 (1937) pp. 1-97.
- 305 —: *Sierra Del Rosario, Durango*, Bull. Geol. Soc. América, vol. 52 (1941), p. 1913.
- 306 —: *Miliolid Limestone in North-Central Mexico*, Proc. Geol. Soc. Am. (June 1937), pp. 82-83 (Abstract).
- 307 —: *Geologic History of Northern Mexico and its bearing on petroleum exploration*, Bull. A. A. P. G. vol. 28 n° 3 (1944).
- 308 —: Véase ROBINSON and KELLUM.
- 309 L. B. KELLUM, R. W. IMLAY and W. G. KANE: *Relation of Structure, Stratigraphy, and Igneous Activity to an Early Continental Margin*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 47 (1936), pp. 969-1008.
- 310 W. A. KELLY: *Geology of the Mountains Bordering the Valleys of Acaticita and Las Delicias*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 47 (1936), pp. 1009-38.

- 311 J. F. KEMP: *Cooper Deposits at San Jose, Tamaulipas, Mexico*, Amer. Inst. Min. Eng. Bull. 4 (1906), pp. 178-203.
- 312 W. S. KEW: Véase R. E. DICKERSON.
- 313 J. P. KIMBALL: *On the Occurrence of Grahamite in the Huasteca, Mexico, and Notice of the Geology of that Region*, Amer. Jour. Science (3) 12 (1876) pp. 277-86.
- 313a —: *Notes on the Geology of Western Texas and of Chihuahua, Mexico*, Amer. Jour. Sci., 2d Ser., vol. 48 (1869), pp. 378-88.
- 314 R. E. KING: *The Permian of southwestern Coahuila*, Am. Jour. Sci. Vol. 27 (1934).
- 315 —: *Geological reconnaissance of central Sonora*, Am. Jour. Sci. vol. 28 (1934).
- 316 —: *Geological reconnaissance in Northern Sierra Madre Occidental of Mexico*, Bull. G. S. A., vol. 50 (1939), pp. 1625-1732.
- 317 —: *Pre-Tertiary history of the Sierra Madre Occidental of Sonora and Chihuahua...*, Proc. Sixth Pac. Sci. Congr. (1939).
- 318 —: *Geology and Paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southern Coahuila*, Geol. Soc. América Spec. Paper 52, (1944).
- 319 —: *Paleozoic stratigraphy of Mexico*, Proc. 8th Amer. Sci. Congress, vol. 4 (1942), p. 115.
- 320 —: Véase J. E. ADAMS (1939).
- 321 R. E. KING and W. S. ADKINS: *Geology of a part of the Lower Conchos Valley, Chihuahua, Mexico*, Geol. Soc. América Bull. vol. 57, (1946), pp. 275-294.
- 322 PHILLIP B. KING: *An Outline of the structural geology of the United States*, 16th Internat. Geol. Cong. Washington (1933), Guidebook 28, p. 57.
- 323 —: *Tectonics of Northern Mexico*, Proc. Eighth Am. Sci. Congress vol. 4 (1942), pp. 395-398.
- 324 —: *Carta Geológica de la parte septentrional de la República Mexicana*, Cartas Geol. y Mineras de la Rep. Mexicana, n° 3, Univ. Nac. Aut. de México (1947).
- 325 O. B. KNIGHT: *An Economic Comparison of Developments in the South Field Oil-Producing Region of Mexico*, Petroleum Development and Technology 1931 (Amer. Inst. Min. Met. Eng. Petrol. Div.), pp. 98-102.
- 326 F. H. KNOWLTON: *Relations between the Mesozoic floras of North and South America*, Geol. Soc. America, Bull., vol. 29 pp. 607-614.

- 326a —: M. MALDONADO KOERDELL: *Antecedentes del descubrimiento del Hombre de Tepexpan*, Anthropos (México) I, 1 (1947), pp. 33-36.
- 326b —: *Nota sobre plantas fósiles del Rético de Ayuquila, (Huajuapán de León), Oaxaca*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 13 (1948), pp. 61-68.
- 327 KONRAD B. KRAUSKOPF: *Lava movement at Paricutin volcano, Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 59 (1948), pp. 1267-1284.
- 327a PAUL D. KRYNINE: *Arkose deposits in the humid tropics. A study of sedimentation in southern Mexico*, Amer. Jour. Science (5), vol. 29, pp. 353-63.
- 328 J. LAMBERT: *Note sur quelques Echinides recueillies par Walther Staub dans le Neogene d'Est du Mexique*, Eclogae geol. Helvetiae., vol. 21 (1928).
- 329 —: *Notes sur quelques echinides fossiles. III. Echinides du Mexique*, recueillies par M. F. Mullerried, Bull. Soc. Geol. Fr. 5a. serie. t. 5, (1935).
- 330 —: *Quelques nouveaux echinides fossiles du Cretace du Mexique*, Bull. Soc. Geol. Fr., 5a. serie, t. 6 (1936).
- 331 AMADEO LARRALDE: *Aguas asociadas con los yacimientos petroliferos*, Bol. del Petróleo, vol. 28, n° 2 (August, 1929), pp. 171-77.
- 331a ESPER S. LARSEN JR.: *Batholith and associated rocks of Corona, Elsinore, and San Luis Rey quadrangles Southern California*, Geol. Soc. America, Mem. 29 (1948).
- 332 A. W. LAUER: *Petrology of Reservoir Rocks and Its Influence on the Accumulation of Petroleum*, Economic Geology, vol. XII (December, 1917), pp. 435-72.
- 333 W. LINDGREN: *Notes on the geology of Baja California, Mexico*, Proc. Calif. Acad. Sci. 2d series, vol. 1 (1888); Petrographical notes from Baja California, Mexico, Proc. Calif. Acad. Sci., 2d series, vol. 2 (1889), pp. 1-17.
- 334 H. LINK: Véase JOHANNES FÉLIX.
- 335 ROBERT LINTON: *Geology of the Ocampo district, Mexico*, Eng. Min. Jour. vol. 94, p. 653-658.
- 336 E. R. LLOYD: Véase J. E. ADAMS.
- 337 ENRIQUE DÍAZ LOZANO: *Descripción de unas plantas liásicas, de Huayacocotla, Veracruz; algunas plantas de la flora liásica de Huauchinango, Puebla*, Inst. Geol. de México, Bol. 34 (1916).
- 338 —: *Corte geológico entre Cárdenas, San Luis Potosí y Tampico*,

- Tamps., en la línea del Ferrocarril de San Luis Potosí a Tampico*, Bol. Petróleo, vol. 23, n° 3 (March, 1927) pp. 62-71.
- 339 —: *Algunas palabras acerca de la designación de las formaciones geológicas en la Región petrolera de México*, Bol. Petróleo, vol. 27, n° 3 (March 1929) pp. 325-26.
- 340 RAÚL LOZANO GARCÍA: *Geología* (Elementos).—6. *Breve reseña de la Geología General de México*, Anuario Inst. Geol. 1933-34, 1937.
- 341 EDWIN LUDLOW: *The coal fields of Las Esperanzas, Coahuila, Mexico*, Am. Inst. Min. Eng. Trans., vol. 32, pp. 140-156, 1902.
- 342 MANUEL MUÑOZ LUMBIER: *Memoria descriptiva de la carta sísmica de México*, Inst. Geol. México (1927).
- 343 D. T. MACDOUGAL: *Across Papaguera*, Bull. Amer. Geog. Soc., vol. 40 (1908), p. 709.
- 344 J. W. MALCOLMSON: *The Sierra Mojada, Coahuila, Mexico, and its ore deposits*, Am. Inst. Min. Eng. Trans. vol. 32, pp. 100-139 (1902).
- 345 MARLAND OIL COMPANY OF MEXICO, S. A.: *Informe sobre la exploración geológica de la Baja California*, Bol. Petróleo, vol. XVIII, núm. 1, (1924), pp. 14-53.
- 346 JAMES WELFORD MARTIN: *Solid Carbon Dioxide from Mexico*, Industrial and Engineering Chemistry, vol. 23 (March 1931), pp. 256-58.
- 347 E. MARTÍNEZ: *La industria del Gas Natural en nuestros días*, Boletín del Petróleo (September, 1928) México, D. F.
- 348 JUAN MARTÍNEZ: Véase ALFRED WANDKE (1928).
- 349 C. J. MAURY and G. D. HARRISS: *Geology of Chiapas, Tabasco and the peninsula of Yucatan*, Jour. Geol. vol. 4 (1896), pp. 938-47 (Traducción de "Sobre la geografía física y la geología de la península" por Karl Sapper).
- 350 W. J. MCGEE: *Expedition to Seriland*, Science, n. s., vol. 3, (1896), pp. 493-505.
- 351 —: *Sheetflood erosion*, Geol. Soc. Am., Bull., vol. 8 (1897), pp. 87-112.
- 352 —: and Johnson W. D.: *Seriland*, Nat. Geog. Mag., vol. 7, (1896), vol. 7, pp. 125-133.
- 353 A. MELGAREJO: *The greatest volcanoes of Mexico*, Nat. Geog. Mag., vol. 21 (1910), p. 741.
- 354 F. J. H. MERRILL: *Mineral resources of Sonora*, Min. Sci. Press. vol. 96, pp. 33-40; *Metamorphic ranges in Sonora*, Min. Sci. Press. vol. 97 (1908), p. 296.

- 355 G. P. MERRILL: *Notes on the geology and natural history of the peninsula of Lower California*, U. S. Nat. Mus., Report for 1895 (1897), pp. 969-994.
- 356 —: Véase S. F. EMMONS.
- 357 R. T. MISHLER: *Geology of the El Tigre district, Sonora*, Mining and Sci. Press, vol. 121 (1921), pp. 583-591.
- 358 A. K. MILLER and W. M. FURNISH: *Permian Ammonoids from southernmost Mexico*, MS., (1940).
- : Véase F. K. G. MULLERIED (1941).
- : Véase J. E. ADAMS (1939).
- 358a W. J. MILLER: *Geomorphology of the Southern Peninsular Range of California*, Bull. Geol. Soc. América, vol. 46 (1935), pp. 1535-62.
- 359 G. J. MITCHELL: *The Geology of Sonora*, Science, n. s. vol. 67 (1928), p. 373.
- 359a JOSÉ LUIS OSORIO MONDRAGÓN: México (Geografía Universal, del Instituto Gallach).
- 360 HENRY J. MORGAN: *The Velasco-Mendez Contact in the Vicinity of the Ebano Field, Mexico*, Jour. Paleontology, vol. 5, n° 1 (March 1931).
- 361 MARGARET MORREY: Véase J. J. GALLOWAY.
- 362 J. M. MUIR: *Limestone Reservoir Rocks in the Mexican Oil Fields*, Problems of Petroleum Geology, Amer. Assoc. Petrol. Geol. (1934), pp. 377-98.
- 363 —: *Geology of the Tampico Region, Mexico*, Amer. Assoc. Petrol. Geol. (1936), p. 280.
- 364 —: *The Occurrence of Natural Gas in Mexican Oil Fields, with Notes on Lake Chapala and Valley of Mexico*, Geology of Natural Gas, Amer. Assoc. Petrol. Geol. (1935) pp. 997-1010.
- 365 F. K. G. MULLERIED: *Informe preliminar acerca de la geología y zonas petrolíferas de una parte de la región carbonífera de Coahuila y Nuevo León*, Foll. Divulgación, Inst. Geol. México, n° 26 (1927), p. 21.
- 366 —: *Geología petrolera de las zonas sur del Estado de Tamaulipas y norte del Estado de Veracruz*, Anales Inst. Geol. de México, t. 3 (1929), pp. 55-66.
- 367 —: *Informe Preliminar de la exploración geológica del Estado de Chiapas, durante los años de 1927, 1928 y 1929*, Inst. de Geol., México, Foll. de Dic. n° 36 (1930).
- 368 —: *El Llamado Hippurites mexicana Bárcena*, Anales Inst. Biología México, t. 1, n° 1 (1930) p. 63.

- 369 —: *Chiapasella, un paquiodonto extraño de la América*, Anales Inst. Biología México, t. 2 (1931), pp. 243-54.
- 370 —: *Un reptil y algunos invertebrados fósiles de Rayón, Edo. de Tamps.* Anales Inst. Biol., vol. 2 (1931).
- 371 —: *Monografía del género Coralliochama*, Anales Inst. Biología México, t. 3 (1932), pp. 169-70.
- 372 —: *El Biradiolites lombricalis D'Orb. Sp. de Ejutla, Edo. de Oaxaca*, Anales Inst. Biología México, t. 3 (1932), pp. 237-42.
- 373 —: *El Género Plagiopychus en México*, *ibid.*, t. 4 (1933), pp. 1-14.
- 374 —: *Estudios paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla.* *Ibid.*, t. 4, n° 1 (1933), pp. 33-46; n° 2 (1933), pp. 79-93; n° 3, 4 (1933), pp. 309-30; t. 5, n° 1 (1934), pp. 55-80.
- 375 —: *Das stratigraphische Alter des mexikanischen Schweroles (Chapotepote)*, Geol. Rundschau, Band XXIII a (1933).
- 376 —: *Die Beziehungen der Pachyodonten Amerikas zu denen der Alten Welt*, *ibid.*, pp. 267-71.
- 377 F. K. G. MULLERIED: *Estratigrafía preterciaria preliminar del Estado de Chiapas*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 9 (1936), pp. 31-41.
- 378 —: *La Edad estratigráfica de la Barrettia y formas cercanas*, Anales Inst. Biol. vol. 7, (1936).
- 379 —: (anónimo): *Informe acerca de las exploraciones geológico-petroleras... en los años de 1927 a 1930... en el Estado de Chiapas.* Conclusiones, Ins. de Geol., Anuario 1937, pp. 37 y 42.
- 380 —: *Investigaciones y exploraciones geográfico-geológicas en la porción noroeste de la América Central*, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Pub. 38 (1939) p. 52.
- 381 —: *Apuntes paleontológicos y estratigráficos sobre el Valle del Mezquitil, Estado de Hidalgo*, Anales Escuela Nac. Cien. Biológicas, vol. 1, n° 2 (1939), pp. 225-54.
- 381a —: *Paleographic studies in northeastern Sonora*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 50 (1939).
- 382 —: *La Sierra Madre Oriental en México*, Revista Mexicana de Geografía, t. 2 (1941), pp. 13-52.
- 383 —: *The Mesozoic of Mexico and Northwestern Central America*, Proc. Eighth Amer. Scientific Congress, vol. 4 (1942), pp. 125-49.
- 384 —: *Geología del Estado de Nuevo León*, Inst. Invest. Cient. de la Univ. de Nuevo León, Anales, t. 1, n° 1 (1944), pp. 176-199.
- 385 —: *Remarks on Robert E. King's paper on the Paleozoic stratigraphy*

- of Mexico*, Proc. Eighth Am. Scient. Congr. vol. IV, Geol. Scs., Washington, D. C. (1942), pp. 121-124.
- 386 —: *Contributions to the Geology of Northwestern Central America*, Proc. Eighth Amer. Scientific Congress, vol. 4 (1942), pp. 469-82.
- 387 —: *El Valle de Tixtla, cuenca de desagüe subterráneo temporal, en el Estado de Guerrero*, Revista Geográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (1942), pp. 17-48.
- 388 —: *Paleontología y estratigrafía del Mesozoico en el Valle de Tixtla, Estado de Guerrero*, Anales, Esc. Cien. Biol., vol. 3, n° 1 y 2 (1943), pp. 235-264.
- 389 —: *Contribución a la geología de México y noroeste de la América Central*, Univ. Nac. Aut. de México (1945).
- 390 F. K. G. MULLERIED, A. K. MILLER and W. M. FURNISH: *The Middle Permian of Chiapas, southernmost Mexico and its fauna*, Am. Journ. Science, vol. 239, June 1941, pp. 397-406.
- 391 FRANK L. NASON: *Some Phenomena of the Folding of Rock Strata*, Econ. Geology, vol. IV, n° 5 (1909), pp. 421-37.
- 392 C. E. NEEDHAM: Véase J. E. ADAMS.
- 393 E. W. NELSON: *Lower California and its natural resources*, Mem. Nat. Acad. Sci. vol. 16, 1st memoir (1921), pp. 1-194.
- 394 A. C. NOÉ: *Migración y Evolución de las Faunas y Floras Fósiles Americanas...*, Bol. Soc. Geol. Mex., t. X n° 1 y 2 (1937),
- 395 W. L. F. NUTTALL: *Eocene Foraminifera from Mexico*, Jour. Paleontology, vol. 4, n° 3 (September 1930), pp. 271-93.
- 396 —: *Lower Oligocene Foraminifera from Mexico*, *ibid.*, vol. 6 (1932), pp. 3-35.
- 397 —: *Two Species of Miogypsina from Lower Oligocene of Mexico*, Jour. Paleontology, vol. 7 (June 1933), pp. 175-77.
- 398 H. NYST and G. GALEOTTI: *Sur quelques fossiles du calcaire jurassique de Tehuacan au Mexique*, Acad. Royale Sc. Bruxelles, Bull. 7 Pt. 2 (1840), pp. 212-21.
- 398a I. H. OGLVIE: *The high-altitude conoplain: a topographic form illustrated in the Ortiz Mountains*, Amer. Geol. vol. 36 (1905), p. 27.
- 399 EZEQUIEL ORDÓÑEZ: *Las rocas eruptivas del suroeste de la Cuenca de México*, Inst. Geol. México, Bol. 2 (1895).
- 400 —: Véase J. G. AGUILERA (1897).
- 401 —: *Los rhyolitas de México*, Inst. Geol. México, Bol. 14 (1900), p. 66.

- 402 —: *Les volcans du Valle de Santiago*, Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, vol. 14 (1900), p. 299.
- 403 —: *La Zinanteatl ou Volcan Nevado de Toluca*, Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, Mem. 18 (1902), p. 83.
- 404 —: *The mining district of Pachuca, Mexico*, Trans. Am. Inst. Min. Eng. vol. 32 (1902), p. 224.
- 405 —: *Las rocas arcaicas de México*, Soc. Cient. Ant. Alzate, vol. 22, pp. 315-331.
- 405a —: *El Nauhcampatepetl o Cofre de Perote*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, (1904), pp. 151-68.
- 406 —: *Sobre algunos ejemplos probables de tubos de erupción*, Soc. Cient. Antonio Alzate, Mem. y Rev. T. XXII (1905), pp. 142-50.
- 407 —: *Los cráteres de Xico*, Bol. Soc. Geol. México. vol. 1 (1904), p. 19.
- 408 —: *Los xalapazos del Estado de Puebla*, Inst. Geol. México, Parer. t. 1, n^o. 9 y 10 (1903-06).
- 409 —: *Les cráteres d'explosion de Valle de Santiago*, X Congr. Geol. Inter. Guide des excursions 14 (1906).
- 410 —: *The Oil Fields of Mexico*, Amer. Inst. Min. Eng. Bull. 94 (1914), pp. 2530-35 Bull. 100 (1915), pp. 817-18; Trans. 50 (1915), pp. 859-69.
- 411 —: *A short Note on the Oil Fields of Mexico*, Soc. Cien. Antonio Alzate, Mem. 34 (1916), pp. 121-27.
- 412 —: *Petróleo en el sur de Tamaulipas*, Soc. Cien. Antonio Alzate, Mem. y Rev. T. XXXVIII, n^o. 5-8 (June 1919), pp. 257-69.
- 413 —: *Oil in Southern Tamaulipas, Mexico*, Trans. Amer. Inst. Min. Eng. vol. 61 (1920), pp. 532-43.
- 414 —: *El Petróleo en México. Bosquejo Histórico*, Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura (1932).
- 415 —: *Principal physiographic provinces of Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 20 (1936), pp. 1277-1307.
- 416 —: *Las Provincias Fisiográficas de México*, Revista Geográfica del Inst. Panamericano de Geog. e Hist., México, (1941).
- 417 —: *The new volcano of Paricutin*, Inter-Am. Intellectual Interchange, Inst. Latin Am. Stud. Univ. Texas (1943), p. 62-78.
- 418 —: *El volcán de Paricutin*, Irrigación en México, vol. 24 n^o 4, (1943), pp. 4-5.
- 419 —: *El volcán de Paricutin*, Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica de México, (1945).
- 420 —: *Principales provincias geográficas y geológicas de la República*

- Mexicana*, sobretiro de la Guía del Explorador Minero (1946) México.
- 421 —: *El volcán de Paricutin*, México (1947).
- 422 GUSTAVO ORTEGA: *Los recursos petrolíferos mexicanos y su actual explotación*, Dept. de Petróleo, Secretario de Industria, Comercio y Trabajo (México, 1925).
- 423 R. H. PALMER: *Upper Pleistocene occurrence along the Oaxaca Coast of Mexico*, Science, new series, vol. 63 (1926), p. 463.
- 423a —: *Tectonic setting of Lago de Chapala*, Pan-am. Geologists, vol. 45, pp. 125-134 (1926).
- 424 —: *Geology of eastern Hidalgo and adjacent parts of Veracruz, Mexico*, Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull., vol. 11 (1927), pp. 1173-1220.
- 425 —: *Geology of southern Oaxaca, Mexico*, Jour. Geol. vol. 36, (1928), pp. 718-734.
- 426 —: *Fossil and recent corals and coral reefs of western Mexico, Three new species*, Amer. Philos. Soc. Proc. vol. 67 (1928), pp. 21-31.
- 427 —: *The rudistids of southern Mexico*, Calif. Acad. Sci., Occ. Papers, n^o 14 (1928), pp. 137.
- 428 TRINIDAD PAREDES: *Estudio hidrológico de la región de Río Verde y Arroyo Seco en los Estados de San Luis Potosí y Querétaro*, Inst. Geol. México, Parergones, t. 2, n^o 8, pp. 293-337.
- 429 —: *Apuntes para la geología de la región Lagunera del Tlahualilo*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 4 (1908), pp. 37-42.
- 430 —: *El petróleo en algunas islas del Golfo de California*, Bol. Petróleo, vol. IX, n^o 5 (1920), pp. 403-415.
- 431 —: *Hidrología subterránea de Ramos Arizpe y del Valle de Santa Cruz, Coah.*, Universidad (1936).
- 432 E. H. PONS: *Aprovechamiento del bióxido de carbono natural*, Boletín del Petróleo, vol. XXX n^o. 3, 4 (September-October 1930). México, D. F.
- 433 —: E. L. PORCH: *Geologic map of northeastern Mexico*, South Texas Geol. Soc., Meeting, Monterrey (1941).
- 434 W. A. PORTER: *The Coahuila piedmont, a physiographic province in northeastern Mexico*, Jour. Geol., vol. 40 (1932), pp. 338-352.
- 435 FRED POUGH: *Paricutin is born*, Nat. Hist., vol. 53 (1943), pp. 134-142.
- 436 SIDNEY POWERS: *Reflected Buried Hills and Their Importance in Petroleum Geology*, Econ. Geology, vol. 17 (1922), pp. 151-52.
- 437 —: *Reflected Buried Hills in the Oil Fields of Persia, Egypt and Me-*

- xico, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 10 n° 4 (April 1926), pp. 422-42.
- 438 —: *Occurrence of Petroleum in North America*, Trans. Amer. Inst. Min. Eng. General Volume (1931), pp. 489-533. See also Tech. Pub. 377 (February 1931), pp. 3-46.
- 439 F. DE QUERVAIN: Véase H. HIRSCHI (1933).
- 440 SANTIAGO RAMÍREZ: *Informe que como resultado de su exploración en la Sierra Mojada, México*, Anales Ministerio de Fomento, t. 3 (1877), pp. 627-87.
- 440a —: *Estudios sobre el carbón mineral, México* (1882).
- 441 J. M. RAMOS: *Informe de los trabajos ejecutados por la Comisión Exploradora de la Baja California en 1884*, Secretaría de Fomento, pp. 82-83.
- 442 MARY J. RATHBUN: *Fossil Decapod Crustaceans from Mexico*, Proc. U. S. Nat. Museum, n° 2851, vol. 78, art. 8 (1930), pp. i-10.
- 443 A. H. REDFIELD: *The Isthmian oil fields of Mexico*, Eng. Min. Journal, vol. 111 (1921), pp. 510-15.
- 443a R. D. REED: *Geology of California*, Amer. Assoc. Pet. Geologists (1933).
- 444 J. B. REESIDE: Véase L. W. STEPHENSON.
- 445 AUGUSTE REMOND: *Notice of geological explorations in northern México*, Proc. Cal. Acad. Science, vol. 3 (1866), p. 244.
- 446 H. H. RENZ: *Neue Cephalopoden aus der oberen Kreide von Rio Grande del Norte (Mexico und Texas)*, Schweizer Paleont. Gesell. Abh., vol. 57 (1936), pp. 1-16.
- 446a TOMÁS ZEPEDA RINCÓN: *La República Mexicana, Geografía y Atlas, México* (1941).
- 447 W. I. ROBINSON and L. B. KELLUM: *Geology of Sierra de Tlahualilo Durango*, Bull. Geol. Soc. América, vol. 52 (1941), pp. 1930-31.
- 448 RAMIRO ROBLES R.: *El Cerro de la Palma*, Minería, vol. 1. n° 2, (1942).
- 449 —: *Orogénesis de la República Mexicana en relación a su relieve actual*, Irrigación en México, vol. 23 (1942), n° 3.
- 449a L. V. ROLDÁN: *Estudio geológico y minero de la Sierra de El Oro*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 7 (1910-11), pp. vi-vii.
- 449b PASTOR ROUAIX: *El aspecto general de la Sierra Madre Duranguense*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 7 (1910-11), pp. vii-viii.
- 449c PASCUAL ORTÍZ RUBIO: *El axalapazco de Tacámbaro*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 2 (1905), pp. 65-69.

- 450 L. SALAZAR SALINAS: *El Cerro de Mercado, Durango*, Bol. Inst. Geol. México, n° 44 (1923).
- 451 SAN ANTONIO GEOLOGICAL SOCIETY: *Geologie road log of Pan-American highway, Laredo to Mexico City*, Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 20 (1936), n° 4.
- 452 —: *Map of regional geology along National Railway of Mexico, Laredo to Mexico City*, *ibid.*
- 453 —: *Geologic road log in Tamaulipas and Nuevo Laredo, Mexico*, *ibid.*
- 453a PEDRO SÁNCHEZ: *Estudio orogénico de la República Mexicana, Tacubaya* (1936).
- 453b —: *Importancia geográfica del Eje Volcánico, Tacubaya* (1935).
- 454 —: MANUEL SANTILLÁN: *Geología minera de la región comprendida entre Durango, Dgo., y Mazatlán, Sin., a uno y otro lado de la carretera en proyecto entre esas ciudades*, Inst. Geol. México, Bol. núm. 48 (1929), pp. 3-46.
- 455 —: *Geología Minera de las Regiones Norte, Noroeste y Central del Estado de Guerrero*, Bol. I. G. de M. n° 48, pp. 47-102.
- 456 —: *Synopsis of the geology of Mexico*, Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. vol. 20 (1936), pp. 394-402.
- 457 —: *Carta geológica de la República Mexicana*, Inst. Geol. México, (1937).
- 458 MANUEL SANTILLÁN and TOMÁS BARRERA: *Las posibilidades de la Baja California, entre los paralelos 30° y 32° de latitud norte*, Anales del Inst. de Geol. vol. 5 (1930), pp. 1-37.
- 459 KARL SAPPER: *Sobre la geografía Física y la geología de la península de Yucatán*, Inst. Geol. México, Bol. 3, (1896), p. 57.
- 460 —: *Ueber Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika* *Pe- term. Mitth.*, Erg. 27 n° 127 (1899), p. 119.
- 461 —: *Ueber Gebirgsbau und Boden des südlichen Mittelamerika*, *Ibid.*, Erg. 32, n° 151 (1905), p. 82.
- 462 —: *Grundzüge des Gebirgsbaus von Mittelamerika*, 8th Internat. Geog. Cong. Washington, Rept. (1905), pp. 231-238.
- 463 —: *Die mittelamerikanischen Vulkane*, *Ibid.*, Erg. 38 n° 178 (1913), p. 173.
- 464 —: *Mittelamerika*, Handbuch der Regionalen Geologie, Band 8 Abt. 4a. Heft 29 (1937).
- 465 SALVADOR SCALIA: Véase CARLOS BURCKHARDT.
- 466 H. A. SCHMITT: *Geology of the Parral area of the Parral district*

- Chihuahua, Mexico, Am. Inst. Min. Met. Eng. Trans. (1931), pp. 268-290.
- 467 —: *Geologic notes on the Santa Bárbara area in the Parral district of Chihuahua, Mexico*, Eng. and Min. Jour., vol. 126 (1938), pp. 407-411.
- 468 EDUARDO SCHMITTER: *El Paricutín, Estado de Michoacán*, Inst. Geol. México (1945), pp. 113-31.
- 469 CHARLES SCHUCHERT: *Paleogeography of N. America*, Bull. Geol. Soc. Am. vol. 20 (1910), pp. 427-606.
- 470 —: *Historical geology of the Antillean-Caribbean Region*, New York, 1935.
- 471 MANUEL SCHWARTZ: *Le charbon au Mexique*, Soc. Cient. Antonio Alzate, Mem. y Rev., t. 32 (1912), pp. 1-23.
- 472 W. H. SEAMON: *Observations in southwestern Chihuahua*, Mining World, vol. 25 (1906), pp. 306-308.
- 473 CARLOS SELLERIER: *Gas natural y su explotación industrial*, Boletín del Petróleo (México, D. F., October 1922).
- 474 D. R. SEMMES: *Petroliferous Formations of the Tampico Embayment, Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 5, n° 1 (January-February 1921), p. 101.
- 474a F. P. SHEPARD: *Submarine relief in the Gulf of California* (Abstract), Bull. Geol. Soc. América, vol. 52 (1941), pp. 1933-34.
- 475 —: *Structures in prolongation of the San Andreas fault zone*, Bull. Soc. Geol. America, vol. 53 (1942), pp. 1821-22.
- 475a F. P. SHEPARD and K. O. EMERY: *Submarine topography off the California coast*, Geol. Soc. America, Special Papers, no. 31, pp. 1-171.
- 476 Q. D. SINGEWALD: *Igneous Phenomena and Geologic Structure near Mapimí*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 47 (1936), pp. 1153-76.
- 477 J. W. SPENCER: *Great changes of level in Mexico and their interoceanic connections*, Geol. Soc. America, Bull., vol. 9, (1897), pp. 13-34.
- 478 FRANK SPRINGER: *Crinoids from the Upper Cretaceous of Tamaulipas, Mexico*, Proc. U. S. Nat. Mus. vol. 61, Art. 5 (1922) pp. 1-4.
- 479 STANDARD OIL COMPANY OF NEW JERSEY: *The Mexican Oil Fields*, The Lamp. vol. 5 n° 2 (August 1922), pp. 7-27.
- 480 T. W. STANTON: *Mesozoic History of Mexico, Central America and the West Indies*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 29, n° 4 (1918), pp. 601-06.

- 481 —: *A New Cretaceous Rudistid from the San Felipe Formation of Mexico*, Proc. U. S. Nat. Mus., vol. 59 (1921), pp. 453-54.
- 482 WALTHER STAUB: *Beiträge zur lundeskunde des nordöstlichen Mexico*, Zeits. Gesell. Erdkunde Berlin, n° 5-7 (1923), pp. 187-212.
- 483 —: *Zur Kenntniss der Anordnung der Gibirgsketten in Ostmexiko*, Geol. Rundschau, Bd. 16, H. 3 (June 30 1925) pp. 161-66.
- 484 —: *Die Hauptlinien in Bcuplan von Mexiko*, Eclogae geologicae Helvetiae, vol. XII, n° 3 (1926).
- 485 WALTHER STAUB: *Der Unterbau des Erdölgebiets von Nordöst Mexico*, Zeits. prakt. Geologie, Jahrg. 34 H. 18 (August 1926), pp. 120-25.
- 486 —: *Über die Verbreitung der Oligocänen und der alterneogenen Schichten in der Golfregion des nordöstlichen Mexiko*, Eclogae geologicae Helvetiae, vol. 21 n° 1 (1928), pp. 119-30.
- 487 —: *Zur Entstehungsgeschichte des Golfes von Mexiko*, *ibid.*, vol. 24, n° 1 (1931), pp. 67-81.
- 488 —: *Ost-Mexiko, das Nordwest-ende der Mediterranen orogenen zone*, Geol. Rundschau, band 30 heft 3-4 (1939), pp. 346-361.
- 489 WALTHER STAUB and CARL LAGLER: *Ueber eine erloschene vulkanische Tätigkeit in der Golfregion des nordöstlichen Mexiko*, Zeits. Vulkanologie, Bd. 6, H. 3 (April 1922), pp. 103-13.
- 490 L. W. STEPHENSON: *The Cretaceous-Eocene Contact in the Atlantic and Gulf Coastal Plain*, U. S. Geol. Survey Prof. Paper 90 (1915), pp. 155-82.
- 491 —: *Some Upper Cretaceous Shells of the Rudistid Group from Tamaulipas, Mexico*, Proc. U. S. Nat. Mus. vol. 16 Art. I (1922), p. 28.
- 492 —: *Structural features of the Atlantic and Gulf Coastal Plain*, Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 39 (1928), p. 888.
- 493 —: *The Zone of Exogyra cancellata Traced 2,500 Miles*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 17 (1933), pp. 1351-61.
- 494 L. W. STEPHENSON and J. B. REESIDE, JR.: *Comparison of Upper Cretaceous Deposits of Gulf Region and Western Interior*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. vol. 22 (1938) pp. 1629-38.
- 495 L. W. STORM: *Map of northern Mexico and adjacent regions to the northeast showing paleogeography in Jurassic time*, South Texas Geol. Soc., Meeting. Monterrey, 1941.
- 496 P. C. A. STEWART: *Petroleum Industry of Mexico*, Jour. Inst. Petrol. Tech., vol. 2 (1915), pp. 7-37.
- 496a CHESTER STOCK: *Restos de Tejón (Taxidea) Pliocénico del Occidente*

- de Chihuahua*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 13 (1948), pp. 69-76.
- 497 A. A. STOYANOW: *Correlation of Arizona Paleozoic formations*, Geol. Soc. Amer. Bull. vol. 47 (1936), pp. 459-540.
- 498 —: *Lower Cretaceous Stratigraphy in Southeastern Arizona*, Proc. Geol. Soc. América 1937 (1938), p. 117.
- 499 GODFREY SYKES: *Geographical features of the Cahuilla Basin in the Salton Sea*, Carnegie Inst., Washington, Pub. 193 (1914).
- 499a —: *The Colorado delta*, Am. Geog. Soc. Special Pub. n° 19 (1937).
- 500 N. L. TALIAFERRO: *An Occurrence of Upper Cretaceous Sediments in Northern Sonora, Mexico*, Jour. Geol. vol. 41 (1933), pp. 12-37.
- 501 J. L. TATUM: *discussion "Cretaceous and Tertiary of Southern Texas and Northern Mexico"*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. vol. 12 n° 9 (September 1928), p. 949.
- 502 —: *General Geology of Northeast Mexico*, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. vol. 15 (1931), pp. 867-93.
- 503 E. A. TAYS: *The Lluvia de Oro Mine*, Min. Sci. Press. vol. 100 (1910), pp. 59-60.
- 504 HANS E. THALMANN: *Age of the Velasco*, Proc. Geol. Soc. America for 1934 (1935), p. 371.
- 505 —: *Miocene Ahueguquite formation in the Isthmus of Tehuantepec region*, Proc. Geol. Soc. Am., junio 1935.
- 506 —: *Liste der Foraminiferen von der Typuslokalität der miozänen Tuxpan-Stufe (Ciudad de Tuxpan, Veracruz, Mexico)* Eclog. Geol. Helvetiae, vol. XXVIII n° 2 (December 1935).
- 507 —: *Die Miozäne Tuxpan-Stufe im Gebiete zwischen Rio Tuxpan und Tecolutla (Staat Veracruz, Ost-Mexico)* ibid.
- 508 W. H. THAYER: *The physiography of Mexico*, Jour. Geol. vol. 74 (1916), p. 72.
- 509 C. F. TOLMAN: *Erosion and deposition in the southern Arizona bolson region*, Jour. Geol. vol. 17 (1909), p. 136.
- 510 LIDIO A. TORRES: *Configuración hipotética de la región petrolífera del Pánuco en el horizonte de las calizas Tamasopo*, Bol. del Petróleo, vol. 22 n° 2 (August 1926), pp. 83-104.
- 511 M. E. TOUWAIDE: *Origin of the Boleo copper deposit, Lower California, Mexico*, Econ. Geology, vol. 25 (1930), pp. 113-114.
- 512 E. A. TRAGER: Véase J. A. CUSHMAN (1924).
- 513 —: *The Geologic History of the Panuco River Valley and its Relation to the Origin and Accumulation of Oil in Mexico*, Bull. Amer.

- Assoc. Petrol. Geol. vol. 10 (1926), pp. 677-96; Bol. Petróleo, vol. 22 n° 4 (1926), pp. 243-60.
- 514 PARKER D. TRASK: *The Mexican volcano Paricutin*, Science, vol. 98 (1943), pp. 501-505.
- 515 —: *El Paricutin, Estado de Michoacán*, Inst. Geol. México (1947), p. 107.
- 516 J. C. TREADWELL: *The Sahuayacan district, Mexico*, Eng. Min. Jour. vol. 80 (1905), pp. 1213-1216.
- 517 FERNANDO URBINA: *Notas sobre la caverna de Cacahuamilpa, Distrito de Alarcón, Estado de Guerrero*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 5 (1909), pp. 11-12.
- 517a —: *Informe geológico acerca del terreno denominado "Sosa" de la Cía. Petrolera Manantial, S. A., Cantón de Ozuluama, Veracruz*, Revista Petrolera 1, n° 17 (1916), pp. 13-18.
- 518 —: *Algunas observaciones acerca de la geografía física del Estado de Yucatán*, B. S. G. de M. t. 5, p. 92.
- 519 —: Véase ENGERRAND y URBINA (1910).
- 520 —: W. G. VALENTINE: *Geology of the Cananea Mountains, Sonora, Mexico*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 47 (1936).
- 521 W. A. M. VON W. VAN DER GRACHT: *The Permo-Carboniferous orogeny in the south-central United States*, K. Adak, Wetens, Amsterdam, Verh. Afg. Natuurk, 2nd section, deel 27, n° 3 (1931), p. 170.
- 521a V. L. VANDER HOOFF: *An occurrence of the Tertiary marine mammal Cornwallius in Lower California*, Amer. Jour. Science, vol. 240 (1942), pp. 298-301.
- 522 T. W. VAUGHAN: *Geologic History of Central America and West Indies during Cenozoic Time*, Bull. Geol. Soc. America, vol. 27 (1918), pp. 615-30.
- 523 —: *Criteria and Status of Correlation and Classification of Tertiary Deposits*, ibid., vol. 35, n° 4 (December 1924) pp. 677-742.
- 524 —: *Species of Orbitocyclina, a Genus of American Orbitoid Foraminifera from the Upper Cretaceous of Mexico and Louisiana*, Jour. of Paleontology, vol. 3 n° 2 (June 1929).
- 525 —: *Descriptions of New Species of Foraminifera of the Genus Discocyclina from the Eocene of Mexico*, Proc. U. S. Nat. Mus. vol. 76 Art. 3 (1929) pp. 1-18.
- 526 T. W. VAUGHAN and W. S. COLE: *Cretaceous Orbitoidal Foraminifera from the Gulf States and Central America*, Proc. Nat. Acad. Sci., vol. 18, n° 10 (1932), pp. 611-16.

527. WALTER A. VER WIEBE: *The Stratigraphy of the Petroliferous Area of Eastern Mexico*, Amer. Jour. Science, 5th Ser., vol. 8 (October-December, 1924), pp. 277-95, 385-94, 481-502.
528. —: *Geology of Southern Mexico Oil Fields*, Pan-American Geol. (September 1925).
529. —: *Geology and oil fields of state of Tabasco*, Ibid., vol. 44, (1925), pp. 273-284.
530. —: *Tectonics of the Tehuantepec isthmus*. Ibid., vol. 45 (1926), pp. 15-28.
531. —: *Oil-fields of isthmus of Tehuantepec*. Ibid., vol. 45 (1926), pp. 189-200.
532. —: *Salt-domes of isthmus of Tehuantepec*. Ibid., vol. 45 (1926), pp. 349-358.
533. ANDRÉS VILLAFANA: *El Volcán Jorullo*, Inst. Geol. Mex. Parer. 2 (1907), p. 73.
- 533a. —: *Algunos datos acerca de la Sierra Madre Occidental en el Estado de Durango*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 8 (1912), pp. vii-viii.
534. J. D. VILLARELO: *Hidrología subterránea de los alrededores de Querétaro*, Inst. Geol. México, tomo I, n° 8 (1925), pp. 239-389.
535. —: *Etude de la Sierra de Guanajuato*: X Cong. Geol. Internat. Inst. Geol. Mexico, Guide des Excursions, fasc. XV (1906).
536. —: *Datos relativos a varias regiones petrolíferas de México*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 4 (1908), pp. 43-57.
537. —: *Algunas regiones petrolíferas de México*, Inst. Geol. de México Bol. 26 (1908), p. 120.
538. J. D. VILLARELO: *Principal Petroleum Bearing Regions of Mexico*, Mining World, vol. 31 (London 1909), pp. 28-31.
539. —: *El Pozo de Petróleo de Dos Bocas*, Inst. Geol. de México, Par. 3 (1909), pp. 5-112.
540. —: *Zonas probables de acumulación del petróleo en el subsuelo de las mejores regiones petrolíferas de México*, Soc. Geol. de México-Bol. 7 (1910), 31-46.
541. —: *Hidrología subterránea de la comarca lagunera del Tlahualilo (Durango)*, Inst. Geol. México, t. III n° 4 (1910), pp. 205-251.
542. —: Véase BURCKHARDT & VILLARELO (1909).
543. THEODORE VIRLET D'Aoust: *Coup d'oeil general sur la topographie et la geologie du Mexique et de l'Amérique Central*, Bull. Geol. Soc. France, 2d series, vol. 23 (1866).

544. GONZALO VIVAR: *Conclusiones principales del informe acerca de algunos terrenos de los estados de Chiapas y Tabasco*, Bol. Petróleo, vol. 17 (1924), pp. 291-295.
545. —: *Informe preliminar sobre el estudio geológico-petrolero de la región de Ojinaga, Estado de Chihuahua, México*, Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos, Foll. Divulgación n° 16 (1925), p. 12.
546. —: *Estudio geológico del Valle de Tecocomulco... Estado de Hidalgo*, Irrig. en México, vol. 6 n° 6 (1932).
547. —: *Datos geológicos en relación con la carretera México-Guadalajara*, Bol. Soc. Geol. Mexicana (1945), Folleto n° 6.
- 547a. JORGE A. VIVÓ: *Geografía de México*, Fondo de Cultura Económica (1948), México y Buenos Aires.
548. W. R. WADE and A. WANDKE: *Geology and mining methods at Pilares Mine*, Am. Inst. Min. Metall. Eng. Tr. vol. LXIII, p. 382-407.
549. H. WADELL: *Yucatanhalvön och dess relation till naergraensande delar av Centralamerika*, Med. Lunds Univ. Geogr. Inst., C 17, 1926.
550. LEO WAIBEL: *Die Sierra Madre de Chiapas*, Geog. Gessell. Hamburg, Mitt., vol. 43, (1933), pp. 12-162.
551. PAUL WAITZ: *Esquisse geologique et petrographique des environs de Hidalgo del Parral*, International Geol. Congress X, Mexico Guide Excursion 21 (1906), p. 21.
- 551a. —: *Excursión geológica al Nevado de Toluca*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 6 (1909), pp. xxviii-xix, 113-117.
- 551b. —: *Excursión geológica a la Sierra de Santa Catarina*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 7 (1910), pp. viii-ix.
- 551c. —: *Observaciones geológicas acerca del Pico de Orizaba*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 7 (1911), pp. xii, 67-76.
- 551d. —: *Excursión geológica a la parte poniente de la Sierra de Santa Catarina*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 8 (1912), pp. 1-8.
- 551e. —: Véase WITTICH y WAITZ (1911).
552. —: *Notas preliminares relativas a un reconocimiento geológico por el curso del Atoyac (Río Verde) de Oaxaca*, Inst. Geol. México, Par., vol. 4 (1912), pp. 2-32.
553. —: *Informe sobre las condiciones geológicas de las boquillas del Río de San Pedro, afluente del Río Conchos, Chihuahua*, Soc. Cient. Antonio Alzate, Mem. y Rev., t. 49 (1928), pp. 235-66.
554. —: *Estudio geológico. Memoria Descriptiva, etc...* (Río Salado. Coah. y N. L.) Com. Nac. Irrig., (1930).

- 555 —: *Condiciones geológicas de... Don Martín, Coah...* Soc. Cient. Alzate, vol. 51 (1932).
- 556 —: *Condiciones geológicas del Cañón del Atoyac...* Pue., Irrig. en México, vol. 13 Nos. 5 y 6 (1936).
- 557 —: *Condiciones geológicas de las boquillas de Nejapa, sobre el Río de Tehuantepec, Oax.,* Irrig. En México, vol. 13, Nos. 5 y 6 (1936).
- 558 —: *Las condiciones geológicas de algunas boquillas de la parte noroeste del Estado de Sonora,* Irrig. en México, vol. 20, n° 2, 1940.
- 559 ALFRED WANDKE, and JUAN MARTÍNEZ: *The Guanajuato mining district, Guanajuato, Mexico.* Econ. Geology, vol. 23, pp. 144 (1928).
- 559a L. F. WARD: *The geographical distribution of fossil plants,* Eighth Ann. Rept. U. S. Geol. Survey (1886-87), pp. 663-90.
- 560 CHARLES E. WEAVER: *A General Summary of the Mesozoic of South America and Central America,* Proc. Eighth Amer. Sci. Congress, vol. 4 (1942), pp. 149-94.
- 561 W. H. WEED: *Notes on a Section Across the Sierra Madre Occidental of Chihuahua and Sinaloa, Mexico,* Trans. Amer. Inst. Min. Eng., vol. 32 (1902), pp. 444-58.
- 562 —: *Notes on certain mines in the states of Chihuahua, Sinaloa, and Sonora, Mexico,* Am. Inst. Min. Eng. Tr. vol. 32 (1902) pp. 396-443.
- 562a L. G. WEEKS: *Highlights on developments in foreign petroleum fields,* Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 31 (1947), pp. 1135-93.
- 563 FRANZ WEIDNER: *Der Mexikanische Staat Sinaloa,* Petermanns Mitt., vol. 30 (1884), pp. 1-9.
- 564 H. T. WHITCROFT: *The bathymetry of the Central American Region West Coast of Mexico and Northern Central America,* Am. Geophys. Union, Tr. 1944 pp. 606-608.
- 565 C. A. WHITE: *Correlation Papers, Cretaceous,* U. S. Geol. Survey Bull. 82 (1891) The North Mexican Region, pp. 130-40.
- 566 DONALD E. WHITE: *Paricutin's cyclic activity,* Am. Geophys. Union, Tr., p. 621-628 (1944).
- 566a D. E. WHITE: *Diagenetic origin of chert lenses in limestone at Soyatal, State of Queretaro, Mexico,* Am. Jour. Science, vol. 245 (1947), pp. 49-55.
- 567 I. C. WHITE: *Petroleum Fields of Northeastern Mexico between the Tamesi and Tuxpan Rivers,* Geol. Soc. America Bull. 24 (1913) pp. 253-74, 706.

- 568 M. P. WHITE: *Some Index Foraminifera of the Tampico Embayment Area of Mexico,* Jour. Paleontology, vol. 2, n° 3, pp. 177-215; n° 4, pp. 280-316 (September and December 1928); vol. 3, n° 1, pp. 30-38 (March 1929).
- 568a G. R. WIELAND: *The Williamsonias of the Mixteca Alta,* Bot. Gazette, vol. 48 (1909), pp. 427-41.
- 568b —: *La flora fósil de la Mixteca Alta.* Bol. Soc. Geol. México, vol. 8 (1912), p. viii.
- 569 —: *The Liassic flora of the Mixteca Alta,* Amer. Jour. Sci. (4) vol. 36 (1913), pp. 251-81.
- 570 —: *La flora liásica de la Mixteca Alta,* Bol. Inst. Geol. México. n° 31 (1914), p. 165.
- 571 —: *The El Consuelo cycadeoids,* Bot. Gazette, vol. 81 (1926), pp. 72-86.
- 571a R. E. WILCOX: *Activity of Paricutin Volcano from September 18 to November 30, 1946,* Trans. Amer. Geophys. Union, vol. 28 (1947). pp. 567-72.
- 571b V. H. WILHELM: *Baja California and oil possibilities,* Min. Sci. Press, vol. 123 (1921), pp. 125-27.
- 572 HOWEL WILLIAMS: *Geologic setting of Paricutin volcano,* Trans. Geophys. Union, vol. 26, n° 11 (1945), pp. 255-56.
- 573 M. E. WILLARD: *Structure and stratigraphy of the Sierra de Santa Rosa, Coahuila, Mexico,* Bull. Geol. Soc. America, vol. 57 (1946), pp. 1242-43.
- 574 BAILEY WILLIS and G. W. STOSE, *Geologic map of North America,* U. S. Geol. Survey (1911).
- 575 BAILEY WILLIS: *Index to the stratigraphy of North America,* U. S. Geological Survey Prof. Paper 71 (1912).
- 575a —: *San Andreas rift in Southern California,* Jour. Geology, vol. 46 (1938), pp. 1017-57.
- 576 H. M. WILSON: *Topography of Mexico,* Jour. Amer. Geographic Society of New York, vol. 29 (1897), p. 250.
- 576a IVAN F. WILSON: *Buried topography, initial structures, and sedimentation in Santa Rosalia area, Baja California, Mexico,* Bull. Amer. Assoc. Pet. Geologists, vol. 32 (1948), pp. 1762-1807.
- 576b IVAN F. WILSON y V. S. ROCHA: *Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, Municipio de San Javier, Estado de Sonora,* Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales de México, Bol. 9 (1946), p. 108.

- 577 H. V. WINCHELL: *Geology of Pachuca and El Oro, Mexico*, Trans. Am. Inst. Min. Eng., vol. 66 (1921), p. 27.
- 578 EDWARD WISSER: *Formation of the north-south fractures of the Real del Monte area, Pachuca silver district (Hidalgo) Mexico*, Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., vol. 126, pp. 422-87.
- 578a ERNESTO WITTICH: *Contribución a la geología de la región meridional de la Baja California*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 6 (1909), pp. xi-xiii.
- 578b —: *Algunos datos preliminares sobre diques de aplito-pegmatita, cerca de Silao, (Estado de Guanajuato) ibid.*, pp. xxix-xxx, 173-178.
- 578c —: *Una ceniza volcánica de la Sierra de Guanajuato*, Ibid., t. 7 (1910-11), pp. x, 77-78.
- 578d —: *Observaciones sobre el Postplioceno alrededor de los ríos Papaloapam y Tezechoacán (Ver.)*, ibid. t. 8 (1912), pp. ix, 41-46.
- 579 —: *Morfología y origen de la Mesa Central de México*, Servicio de informaciones alemanas en México (1938).
- 580 —: *La emersión moderna de la costa occidental de la Baja California*, Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, vol. 35 (1920), p. 121.
- 581 ERNESTO WITTICH y PAUL WAITZ: *Tubos de explosión en la corriente basáltica del Pedregal de San Angel, D. F.*, Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 7 (1910-11), pp. xxii-xxiii, 169-186.
- 582 A. O. WOODFORD: *The San Quintin volcanic field, Lower California*, Amer. Jour. Science, 5th series, vol. 15 (1928), p. 345.
- 583 —: *Pre-Tertiary diastrophism and plutonism in southern California and Baja California*, Proc. 6th Pacific Sci. Congress, vol. 1 (1939), pp. 253-58.
- 583a A. O. WOODFORD and T. F. HARRISS: *Geological reconnaissance across Sierra San Pedro Martir, Baja California*, Bull. Geol. America, vol. 49 (1938), pp. 1297-1336.
- 584 W. P. WOODRING: *Distribution and age of the marine Tertiary deposits of the Colorado Desert*. Carnegie Inst., Washington, Pub. n° 418 (1932) pp. 1-25.
- 585 —: Véase C. W. COOKE (1943).
- 586 —: *Distribution and age of the marine Tertiary deposits of the Colorado Desert*, Carnegie Inst., Washington, Cont. to Paleontology, Pub. n° 418 (1932), pp. 1-25.
- 587 LUZ ESPERANZA YARZA: *Los Volcanes de México*, México (1946).
- 588 TOMÁS ZEPEDA: Véase TOMÁS ZEPEDA RINCÓN.

INDICE DE MATERIAS



INGENIERIA

	Págs.
INTRODUCCIÓN	7
MESA DEL NORTE	
Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia Geológica	21
MESA CENTRAL	
Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia Geológica	41
SIERRA MADRE ORIENTAL	
Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia Geológica	55
SIERRA MADRE OCCIDENTAL	
Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia Geológica	69
SIERRA DE LOS VOLCANES	
Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia Geológica	83
SIERRA MADRE DEL SUR	
Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia Geológica	99

SIERRA DE CHIAPAS

Págs.

Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia
Geológica 109

PLANICIE COSTERA DEL GOLFO

Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia
Geológica 117

PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO

Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia
Geológica 133

SIERRA DE LA BAJA CALIFORNIA

Topografía.—Drenaje.—Estratigrafía.—Estructura.—Historia
Geológica 147

BIBLIOGRAFÍA 159

*Se acabó de imprimir esta obra
el día 20 de julio de 1949; en los
Talleres de la Editorial Jus, S. A.
— Mejía 19, México, D. F. —*