

CAPITULO V

Geología de los terrenos petrolíferos mexicanos

Entre los diversos estudios que se han publicado sobre la geología de los terrenos petrolíferos de los Estados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí, que hasta ahora son los más conocidos, la mayoría de los autores coinciden en clasificar las formaciones petrolíferas en dos grupos principales que corresponden a las eras Mesozoica y Cenozoica, estando estas formaciones cubiertas en varios lugares por series de estratos de poca potencia, correspondientes a los períodos Cuaternario y reciente.

Todas estas formaciones se encuentran dislocadas por la intrusión de rocas volcánicas modernas, atravesadas por diques de rocas enéptivas modernas y recubiertas superficialmente en gran parte por derramamientos o corrientes de lavas, que la erosión subsecuente ha hecho desaparecer en muchos lugares en grandes extensiones.

Esta asociación de rocas sedimentarias y rocas volcánicas modernas ha hecho pensar que debe existir en estos yacimientos petrolíferos una influencia muy marcada ejercida por las rocas volcánicas sobre las substancias petrolíferas que se han llegado a transformar en hidrocarburos de las series del petróleo, o por lo menos, que han influido de una manera decisiva para su acumulación.

Para darse cuenta cabal de las formaciones, habría que emprender un estudio sobre una porción muy basta del territorio nacional, trabajo que no se ha hecho de una manera sistemática por el Instituto Geológico de México, que es el único que teóricamente se encuentra capacitado para emprender trabajos de esta naturaleza, así es que me voy a contentar con reunir varios de los datos dispersos que se encuentran en las publicaciones de esta Institución, y completarlo con mis datos recogidos personalmente y las observaciones de varios ingenieros y geólogos que se han ocupado de este asunto tan importante y cuyas opiniones en general acepto.

Al estudiar la carta de la República Mexicana se observa una diferencia notable entre las formaciones de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental; en la primera, las formaciones dominantes son Cretácicas habiendo relativamente muy pocas manifestaciones superficiales de rocas ígneas, mientras que en la Sierra Madre Occidental dominan las rocas ígneas volcánicas, existiendo además, porciones de rocas holocristalinas, principalmente en los Estados de Oa-

xaca y Guerrero, y en la parte Sur del Estado de Michoacán y del de Puebla, etc., etc.; consultése la carta geológica de la República.

La mayor parte de las formaciones superficiales que se pueden determinar dentro del área comprendida entre las dos ramas principales de la Sierra Madre pertenecen a la era Cuaternaria, apareciendo áreas Cretácicas extensas y manchas mucho menos importantes por su extensión, de las formaciones Jurásicas y Triásicas correspondientes a la era Mesozoica.

Bordeando a la costa del Golfo de México nos encontramos una faja estrecha de formaciones Cuaternarias interrumpida únicamente entre Champotón y Celestún, en donde aparecen las formaciones del Terciario que constituyen la mayor parte de las formaciones de la península de Yucatán, que se continúan en otra faja estrecha interior paralela a las de las formaciones Cuaternarias de la costa del Golfo, ensanchándose hasta llegar al Río Bravo, entre las poblaciones Frontera, Reynoso y Guerrero.

Los terrenos o formaciones del Cretácico vienen apareciendo en toda la Sierra Madre Oriental tanto en sus faldas orientales como en las occidentales, que se van ensanchando ampliamente hasta el Río Bravo del Norte; estas formaciones que se extienden hasta las faldas de la Sierra Madre Occidental, se encuentran cubiertas en una grande extensión por formaciones Cuaternarias y recientes de poca potencia y paralelamente a las faldas orientales de la Sierra Madre Occidental, por grandes derrames de lavas volcánicas que constituyen la mayor parte de los macizos montañosos de la Sierra Madre Occidental; por último, a lo largo de las costas continentales del Golfo de California aparece una faja de formaciones Cuaternarias que desaparecen en una gran extensión intermedia de la costa del Pacífico situada entre Manzanillo y Maruata, continuándose allí la costa con formaciones de rocas ígneas entre las que domina el tipo holocristalino hasta más allá de Salina Cruz, en donde aparecen de nuevo las formaciones Cuaternarias prolongándose a la República de Guatemala y más lejos, en una gran extensión de la América Central.

En las diversas formaciones del Cuaternario aparecen superficialmente manchones diseminados de formaciones Jurásicas, Triásicas, que indican que en el subsuelo a una profundidad más o menos grande, según las localidades, existen dichas formaciones aunque no afloran en la superficie, habiendo algunos lugares, muy escasos por cierto, en donde afloran algunas formaciones de la era Paleozoica, de los períodos Devonio y Carbonífero.

Aquí me ha parecido oportuno extractar del Bosquejo Geológico de México, publicado en el año de 1897 en los Boletines del Instituto Geológico de México, núms. 4, 5 y 6, los datos más interesantes para dar una idea aproximada sobre las relaciones que puedan tener las formaciones de los diversos períodos geológicos en que se ha dividido la historia de la Tierra, respecto a los yacimientos



ESTADOS UNIDOS DEL NORTE



CALIFORNIA

PACÍFICO

ORTE

CARTA OROGRÁFICA

DE LA

REPUBLICA MEXICANA

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

ESCALA.-1 : 6.500,000

MEXICO, 1918

Dibujó, A. Rábago.

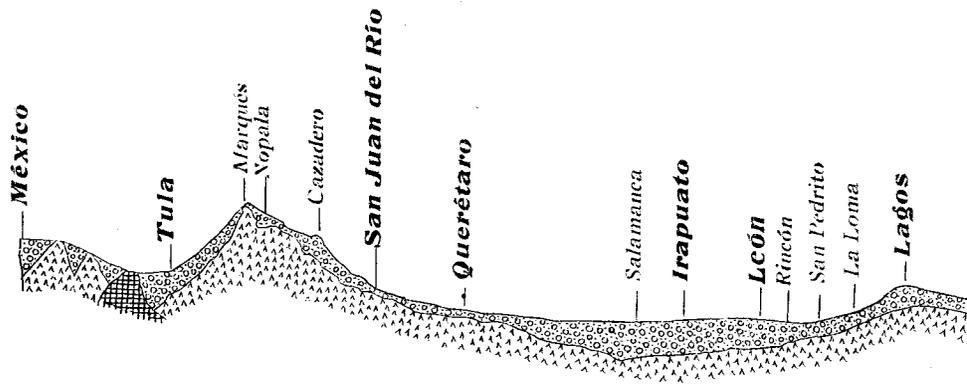
GOLFO

DE

MEXICO

GUATEMALA

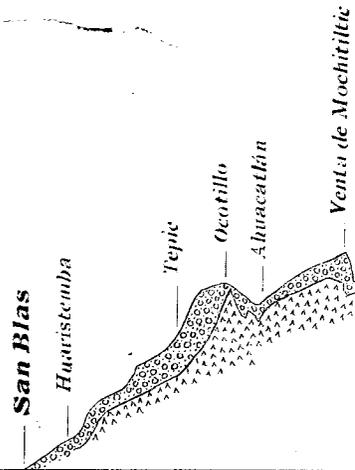




ESCALA

HOR=1: 4.000,000

VER=1: 50,000

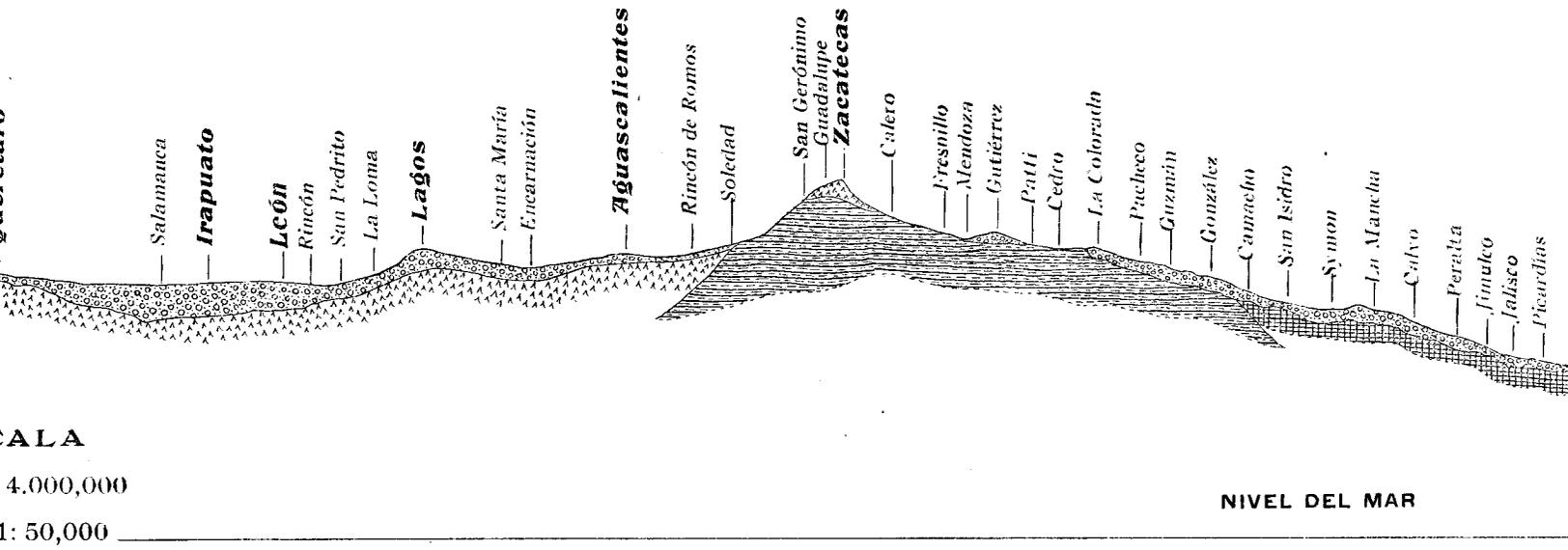


ESCALA

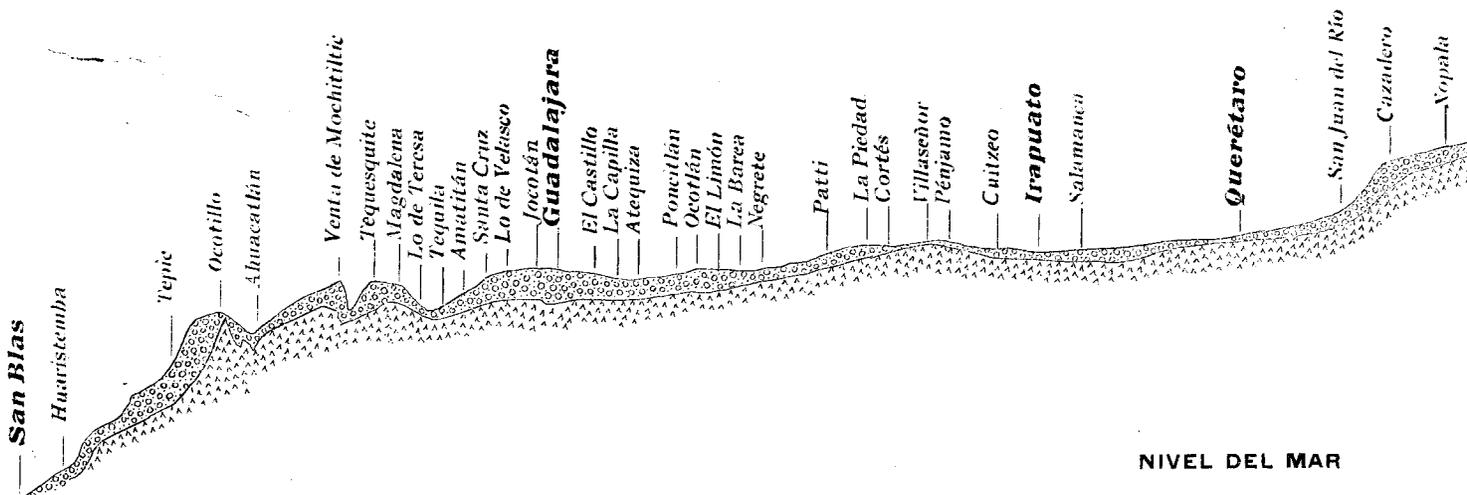
HOR=1: 1.000,000

VER=1: 50,000

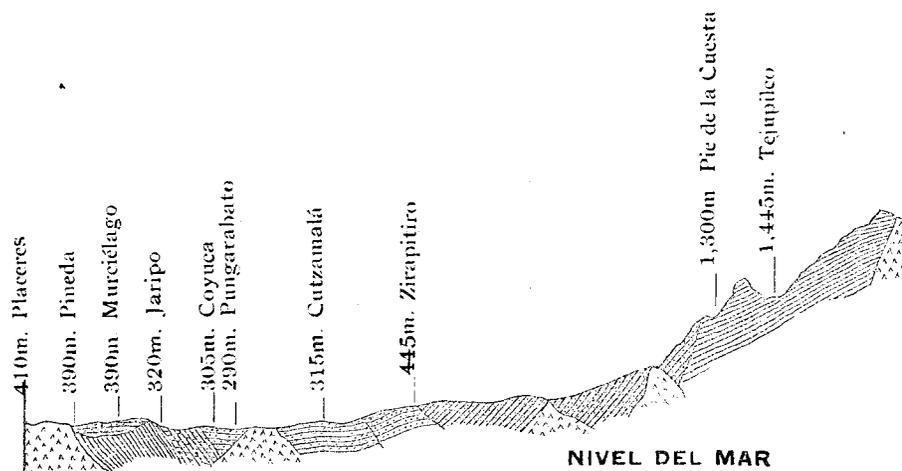
PERFIL DE MEXICO A PAS



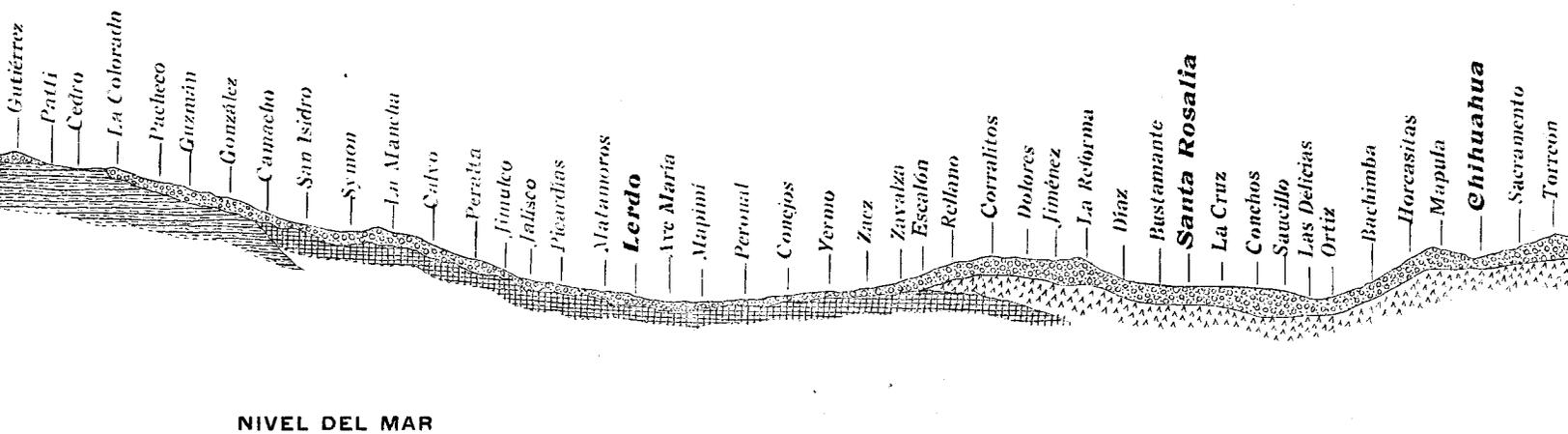
PERFIL DEL CAMINO DE SAN F



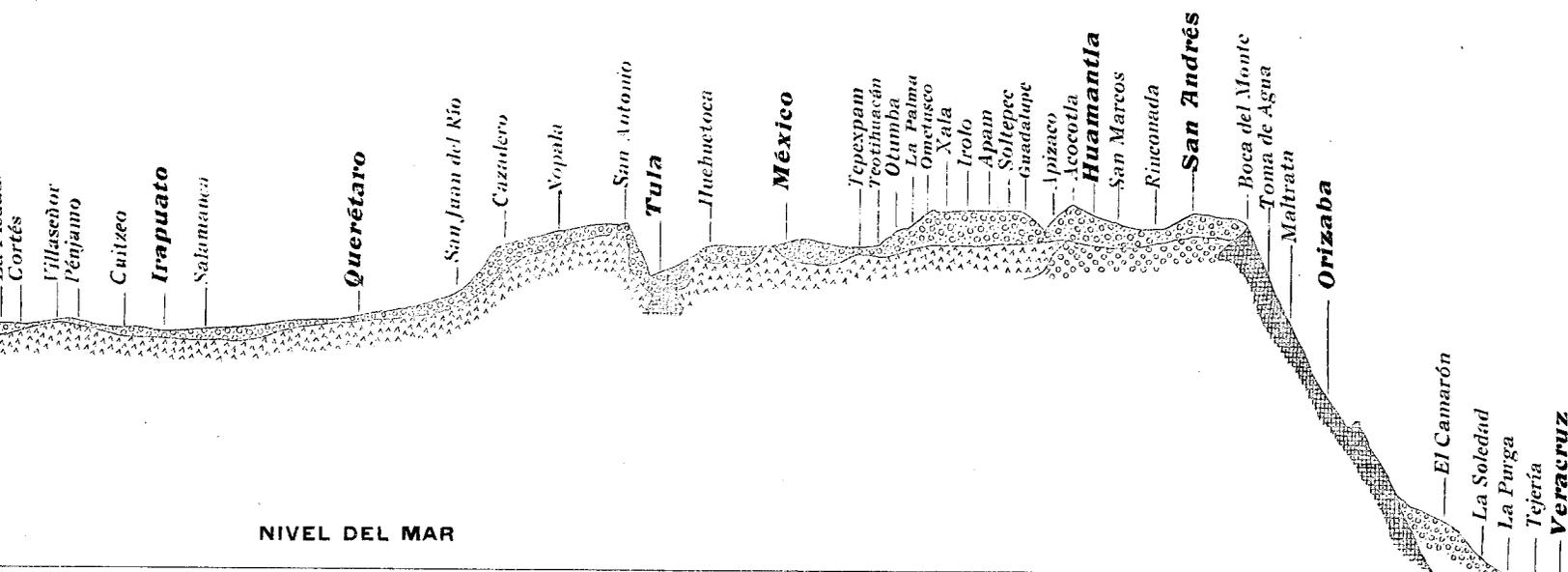
PERFIL DEL CAMINO DE TOLUCA A



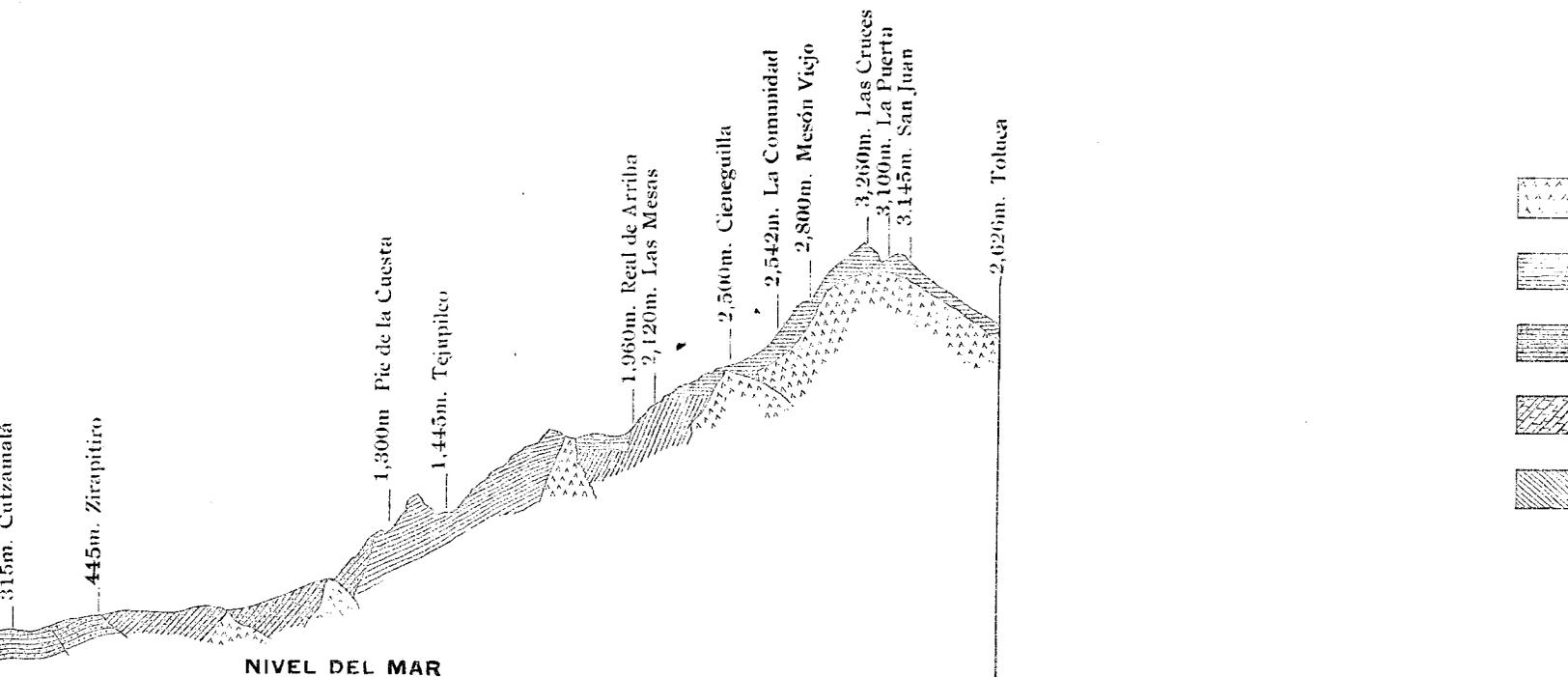
DE MEXICO A PASO DEL NORTE

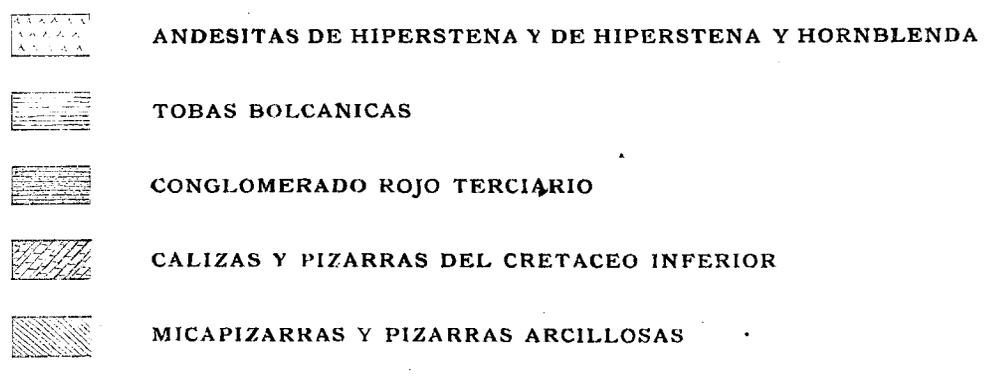
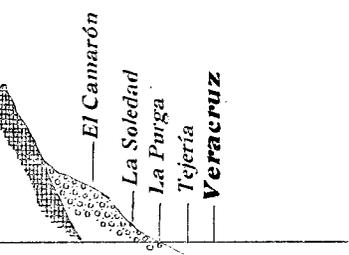
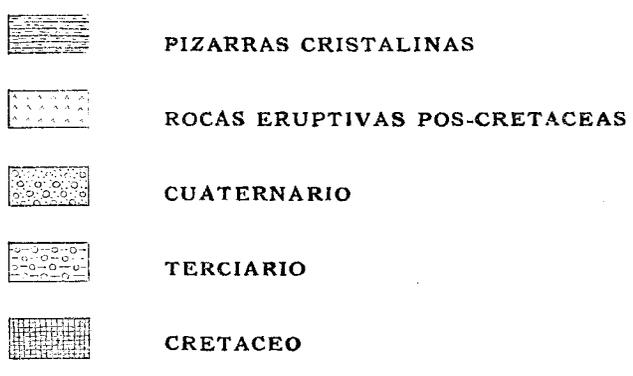
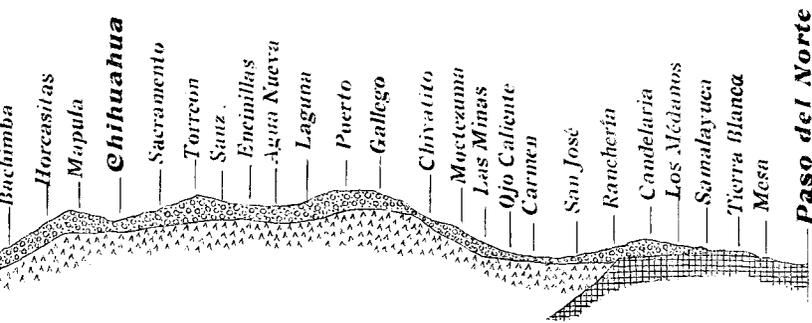


CAMINO DE SAN BLAS A VERACRUZ



DEL CAMINO DE TOLUCA A LOS PLACERES





petrolíferos mexicanos, haciendo algunas alteraciones para corregir errores que han pasado desapercibidos, a causa de que entre nosotros no se conoce la crítica, sobre todo, cuando se trata de publicaciones oficiales, lo que permite que se propaguen, por un período de tiempo muy largo, errores de apreciación general, que se toman casi siempre como verdades adquiridas para la ciencia.

Las costas mexicanas en el Golfo de México afectan la forma de un gran segmento de elipse que principia aproximadamente en un punto que tiene la latitud de 26° Norte y una longitud Este de $1^{\circ}45'$ del meridiano que pasa por la ciudad de México, terminando en un punto de la costa de Yucatán, cuya latitud es de 21° Norte y longitud al Este del meridiano de México de $8^{\circ}45'$, prolongándose hacia el Este la costa de Yucatán en una línea sinuosa hasta un punto cuya longitud Este es de $12^{\circ}14'$ y latitud Norte de $18^{\circ}14'$ en la frontera con Belice.

Haciendo caso omiso de la península de la Baja California, que bajo el punto de vista geológico, es una faja de tierra separada de la masa continental mexicana por el Golfo de California, que presenta en su estructura geológica y tectónica los mismos caracteres morfológicos que las demás costas del Pacífico del Continente Americano. La línea ondulada de la costa continental de la República de México en el Golfo de Cortés o Baja California principia un poco al Norte de Puerto Isabel cuya longitud Oeste es de $16^{\circ}32'$ y latitud Norte de $31^{\circ}50'$ siguiendo una dirección general que forma un ángulo de unos 45° con los meridianos, hasta un punto intermedio entre los puertos de Maruata y Sihuatanejo que tiene aproximadamente una latitud Norte de 18° y 3° de longitud, al Oeste del meridiano de México, de allí parte al Este Suroeste otra línea muy poco sinuosa que termina en Puerto Angel, cuya latitud aproximada es de 15° Norte y longitud al Este del meridiano de México $2^{\circ}38'$ de este último punto la costa que pertenece ya al Istmo de Tehuantepec, tiene la forma de un arco elíptico cuya convexidad está del lado de la tierra y que termina en Suchiate, en la frontera con Guatemala, cuya latitud Norte es de $14^{\circ}25'$ y su longitud al Este del meridiano de México es de $6^{\circ}54'$ aproximadamente.

La orografía y relieve general del territorio que actualmente se conoce como República Mexicana, puede describirse como una serie de mesetas centrales escalonadas, y no una sola como alguien ha considerado a este conjunto de escalones, que se encuentran comprendidos entre las dos cadenas principales de montañas que hemos designado con los nombres de Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental que se encuentran separadas de los océanos respectivos por fajas angostas, generalmente planas de las costas, fajas costefías que se van estrechando gradualmente hacia el sur del Continente. (Veanse los perfiles.)

Estas dos cadenas de montañas se reúnen en la parte meridional, o mejor dicho en la parte sur del país, precisamente en el territorio del Istmo de Te-

huantepec en donde su altura es insignificante, degenerando en colinas y hasta lomeríos; por consecuencia, en la región del Istmo en el pueblo de Santa María, casi desaparecen hacia el oriente a medida que se van levantando hacia el poniente para ramificarse en sus dos brazos principales que afectan la forma de una V. para constituir las dos Sierras Madres que se van elevando gradualmente hasta adquirir alturas superiores a 3,000 metros en la Mesa Central: estas dos ramas colosales de la Sierra Madre se continúan en el territorio de los Estados Unidos del Norte, bajo los nombres de Montañas Rocallosas y Sierra Nevada, en donde vuelven a presentar alturas considerables.

Después de la reunión de estas montañas se continúan al sur del continente sumamente atenuadas hacia la América Central

La meseta de Yucatán, que se eleva a unos 30 o 40 metros sobre el nivel del mar, es un fragmento de las formaciones Terciarias que indudablemente ocuparon toda la superficie invadida actualmente por las aguas del Atlántico que constituye el Golfo de México. Este es un punto muy interesante que se debe tener presente, al discutir la distribución y acumulación del petróleo en los yacimientos petrolíferos mexicanos de la Costa del Golfo.

La serie de mesas comprendidas entre las dos cadenas de montañas que se designan entre nosotros con el nombre de Sierras Madres, presentan una inclinación hacia el N. N. E. y se encuentran separadas unas de otras por las sierras secundarias que tienen una dirección de E. a O.

La Mesa del Anáhuac, que es la que mejor se conoce, presenta dos escalones principales, el primero a una altura de más de dos mil metros sobre el nivel del mar, en donde se encuentran edificadas las ciudades de México, Puebla y Toluca, y el escalón del Bajío que tiene aproximadamente unos 1,700 metros de elevación sobre el nivel del mar; siguiendo otros varios escalones hasta llegar a una altura de unos 600 metros cuando menos.

Esta serie de escalones constituyen una característica topográfica de esta porción del Continente Americano del Norte que se conoce bajo la denominación de República Mexicana; esta serie de escalones que algunos han denominado mesetas, se subdividen a su vez en otras de segundo, tercero y cuarto orden, separadas entre sí por las ramificaciones montañosas secundarias que parecen desprenderse de las dos Sierras Madres; estas ramificaciones de las Sierras Madres también se observan en los terrenos costeros de ambos Océanos. El descenso gradual de las mesetas y los puertos y gargantas de las partes montañosas que se encuentran en las interrupciones de las cadenas limítrofes, establecen comunicaciones fáciles, aunque de pendiente rápida, con las tierras bajas de las costas que rodean los vertientes de las mesas, las cuales sirven para dar paso a las corrientes de los ríos hasta el mar Atlántico en la costa oriental y hasta el Océano Pacífico en las costas occidentales; quedando en apariencia desprovista de drena-

 DEPOSITOS DE LAS PLAYAS

 CRETACEO

 CUATERNARIO

 ROCA VERDE DOLERITA

 TOBAS Y CENIZAS BOLCANICAS DE LAS FALDAS DEL VOLCAN DE COLIMA

 LAVA BASALTICA

Manzanillo

 CUATERNARIO

 BASALTOS

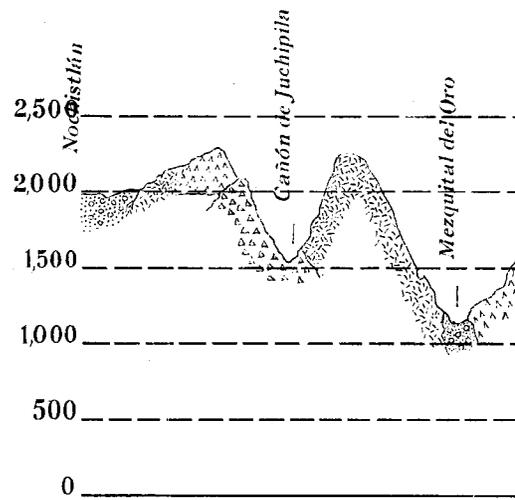
 RHYOLITAS Y TOBAS

 ANDESITAS Y TRAQUITAS

 CALIZAS CRETACEAS

 DIORITAS

 TOBAS VOLCANICAS



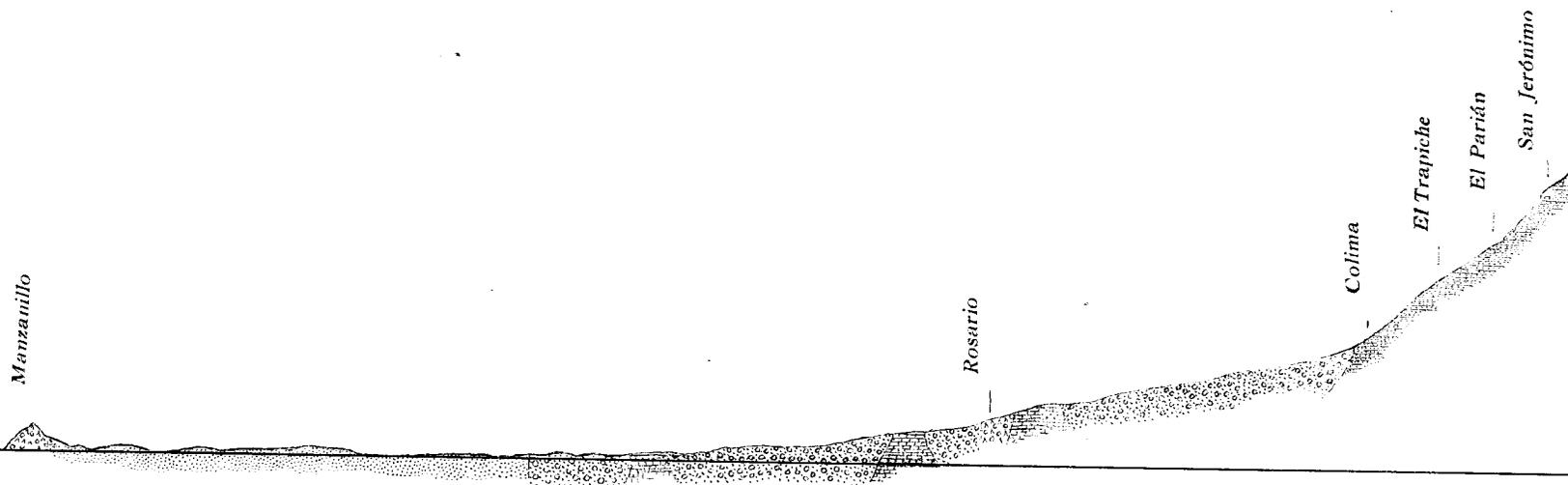
 CUATERNARIO

 RHYOLITA

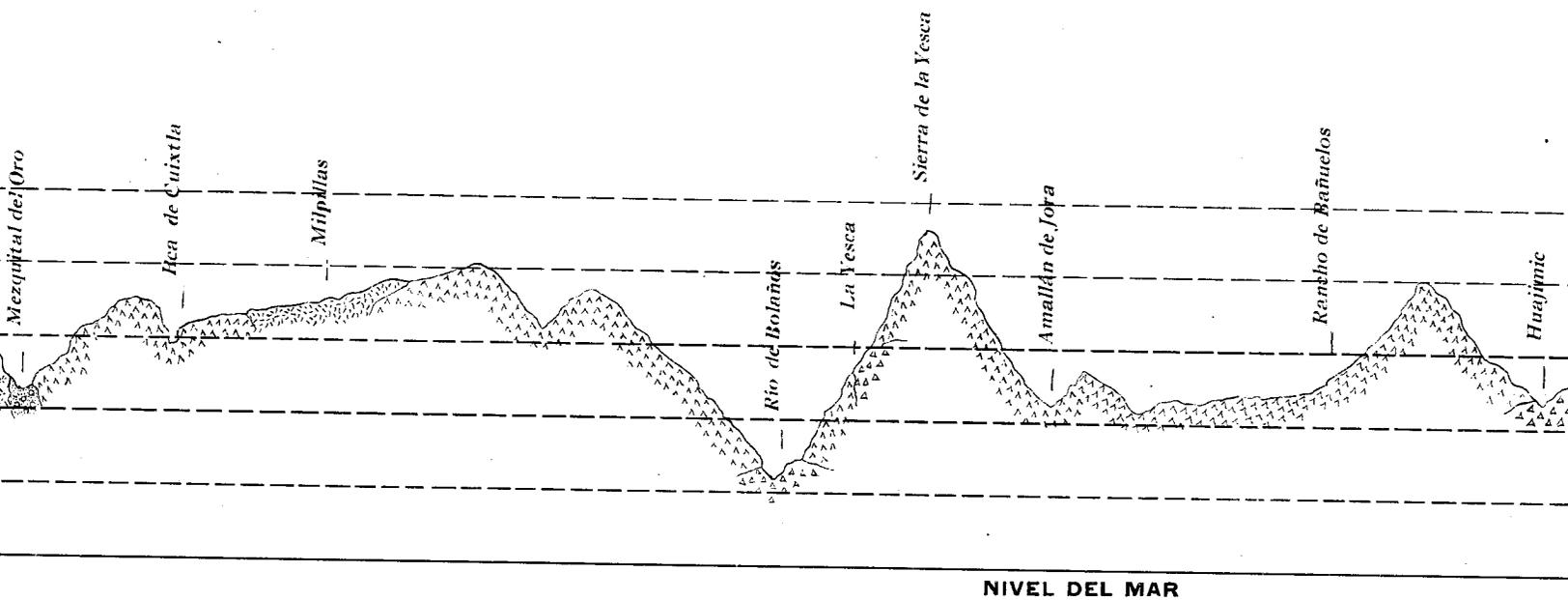
 CONGLOMERADOS TERCARIOS

 MICROGRANULITAS

PERFIL DE MANZANILLO A ZAPO

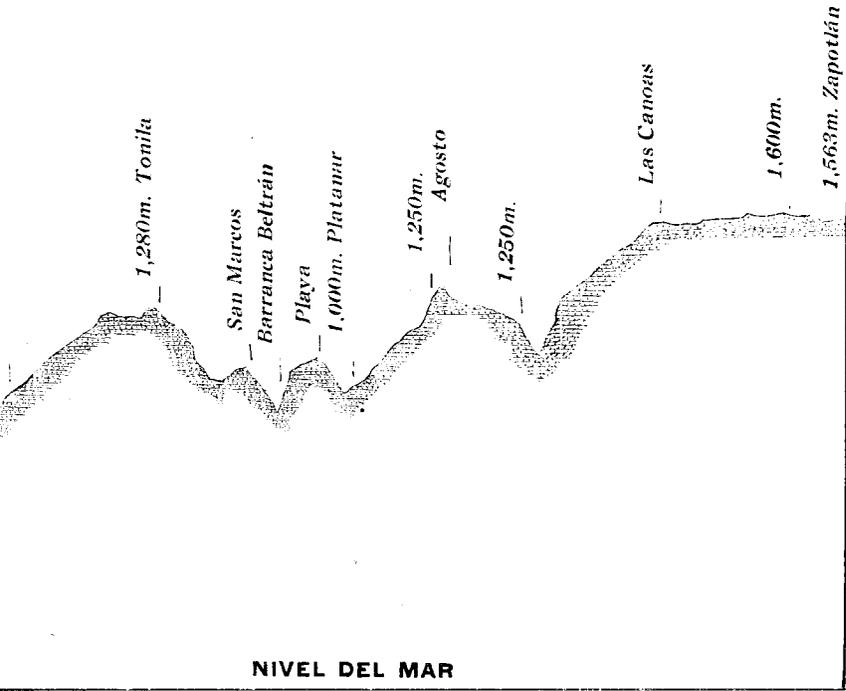


PERFIL DE NOCHISTLAN A SAN E



PERFIL DE AUTLAN A GUADALAJ

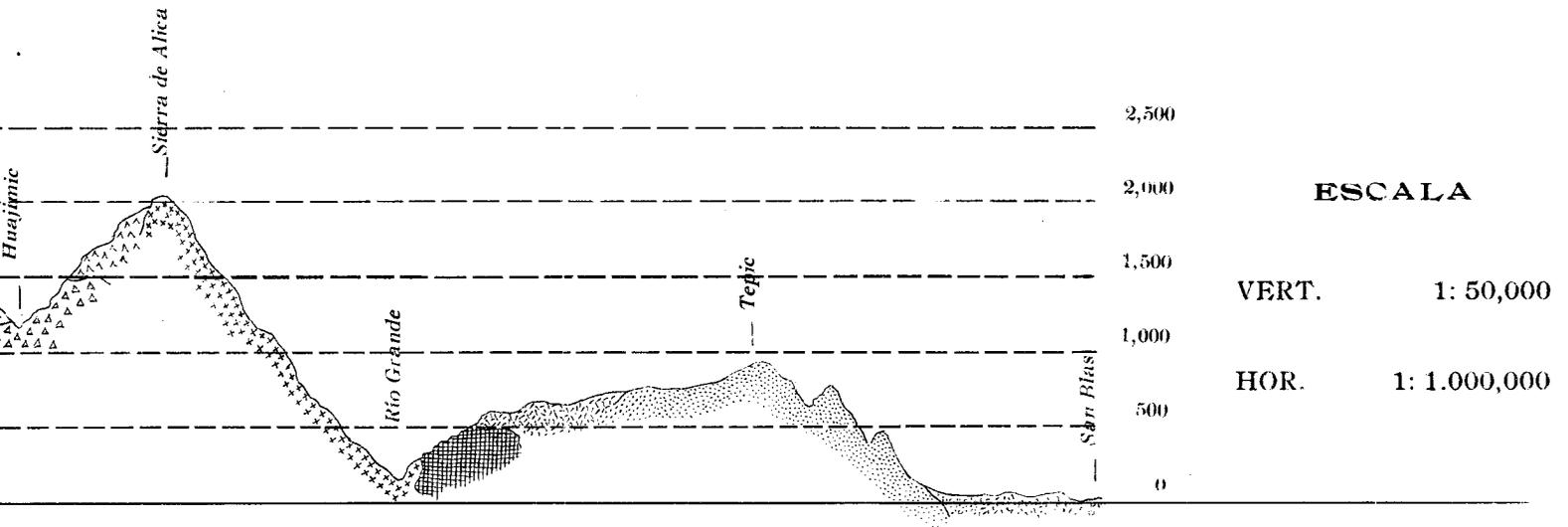
OTLAN



ESCALA

HOR. 1: 100,000,
 VERT. 1: 25,000

BLAS



ESCALA

VERT. 1: 50,000
 HOR. 1: 1,000,000

AJARA

 CUATERNARIO

 ROCA VERDE DOLERITA

 TOBAS Y CENIZAS VOLCANICAS DE LAS FALDAS DEL VOLCAN DE COLIMA

 LAVA BASALTICA

Manzanillo

 CUATERNARIO

 BASALTOS

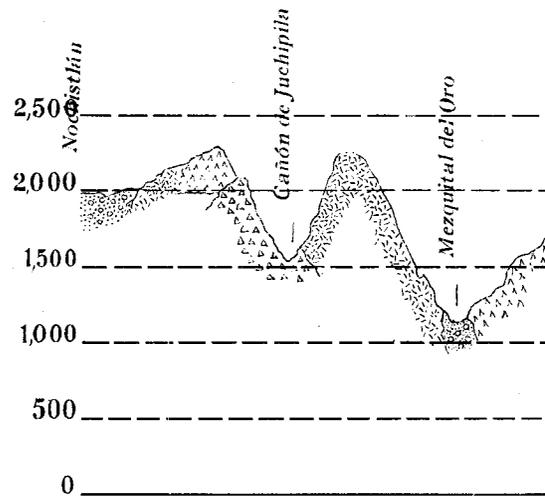
 RHYOLITAS Y TOBAS

 ANDESITAS Y TRAQUITAS

 CALIZAS CRETACEAS

 DIORITAS

 TOBAS VOLCANICAS



 CUATERNARIO

 RHYOLITA

 CONGLOMERADOS TERCARIOS

 MICROGRANULITAS

 ANDESITA DE HORNBLENDA

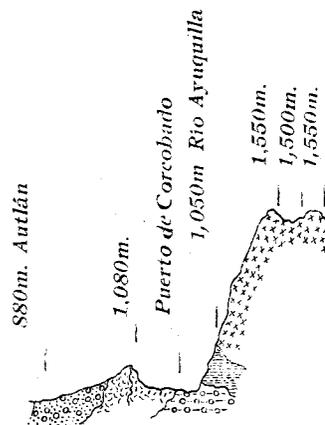
 DIORITA ANDESITICA

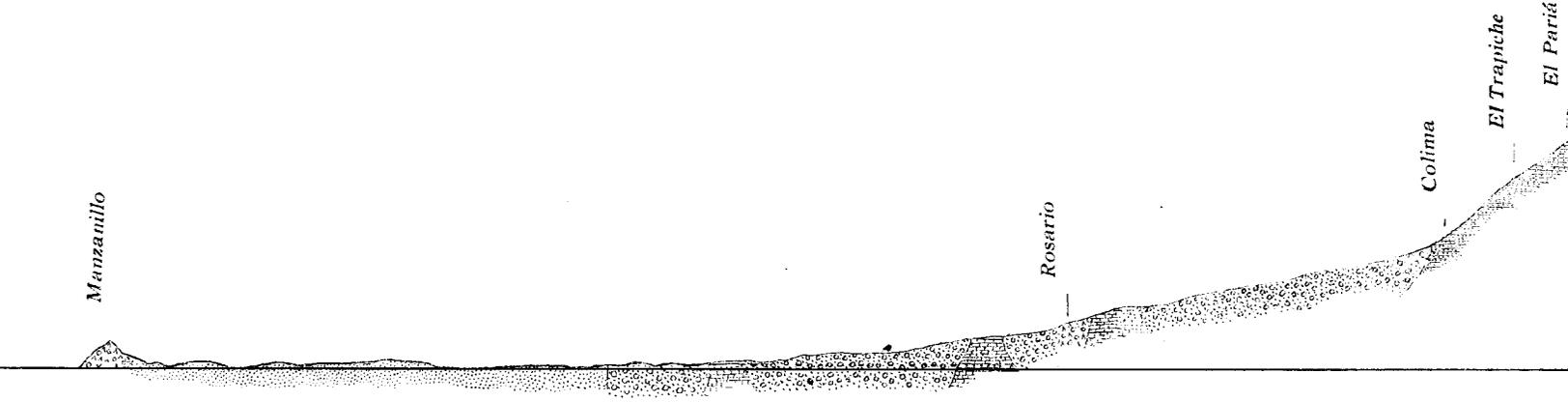
 ANDESITA DE HIRERSTENA

 BASALTO Y LABRADORITA

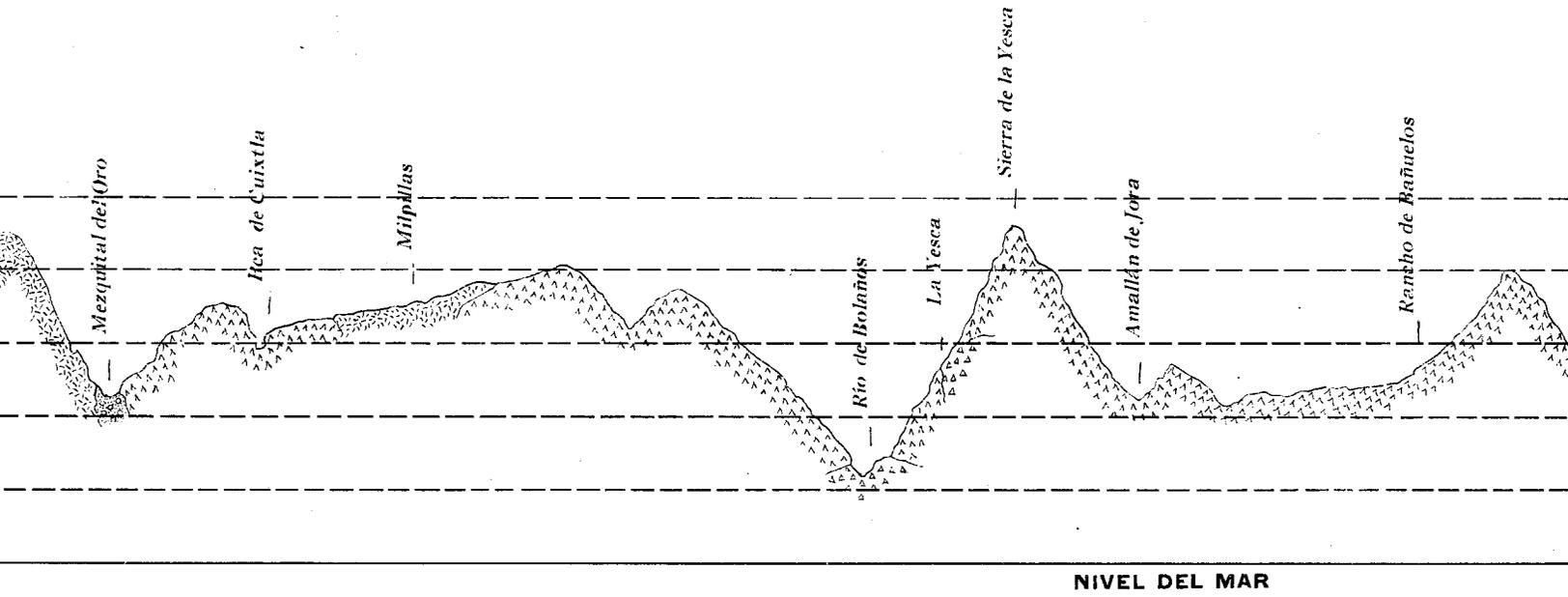
 TRAQUITA

 MARGAS ARENISCAS Y TERCARIAS



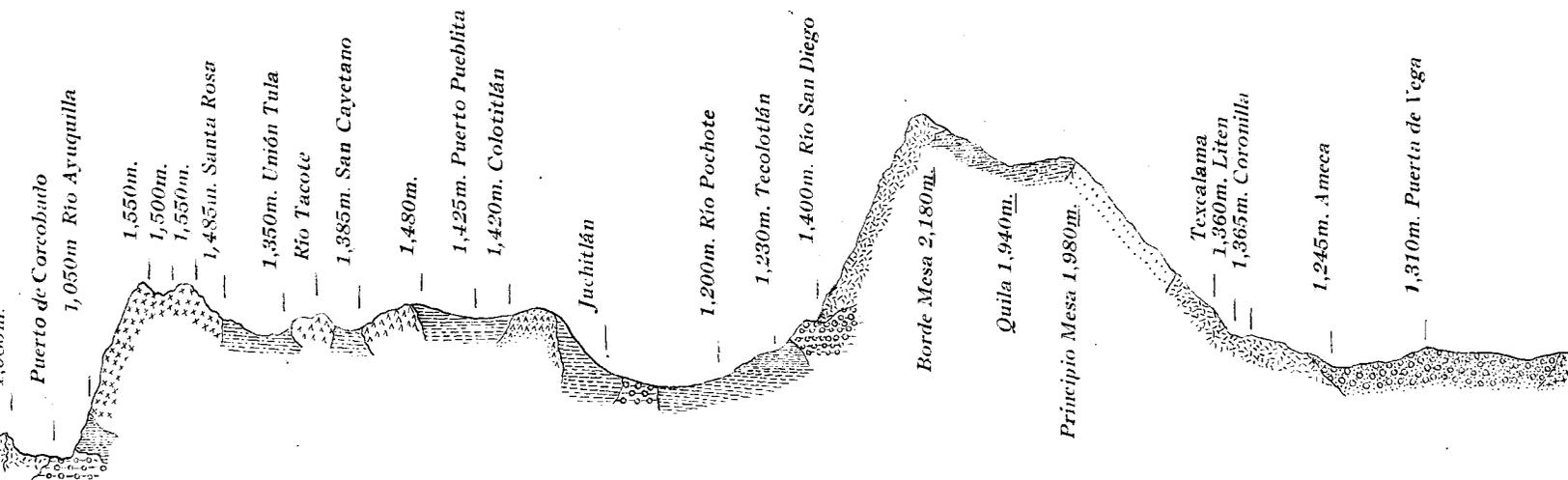


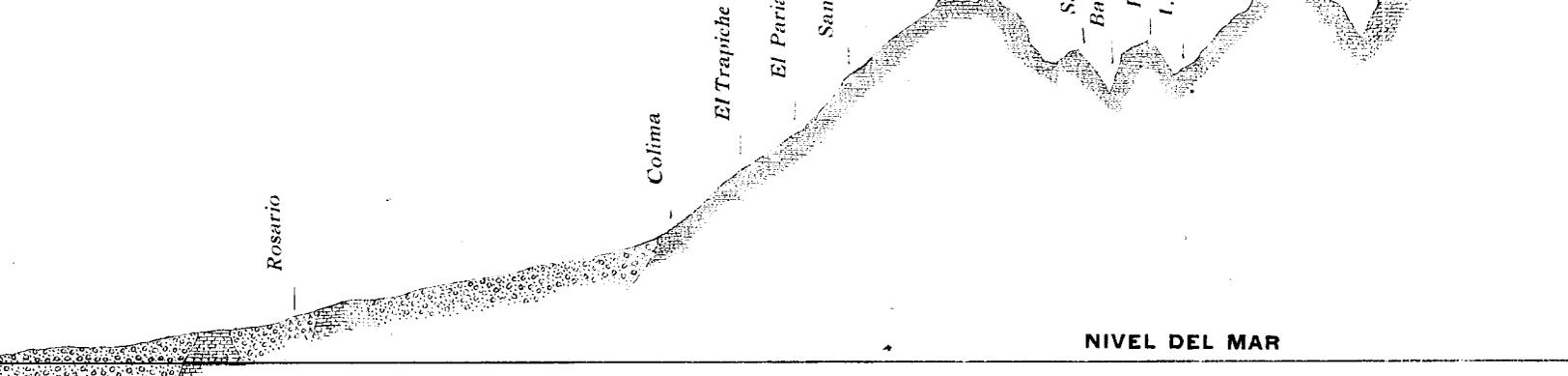
PERFIL DE NOCHISTLAN A SAN



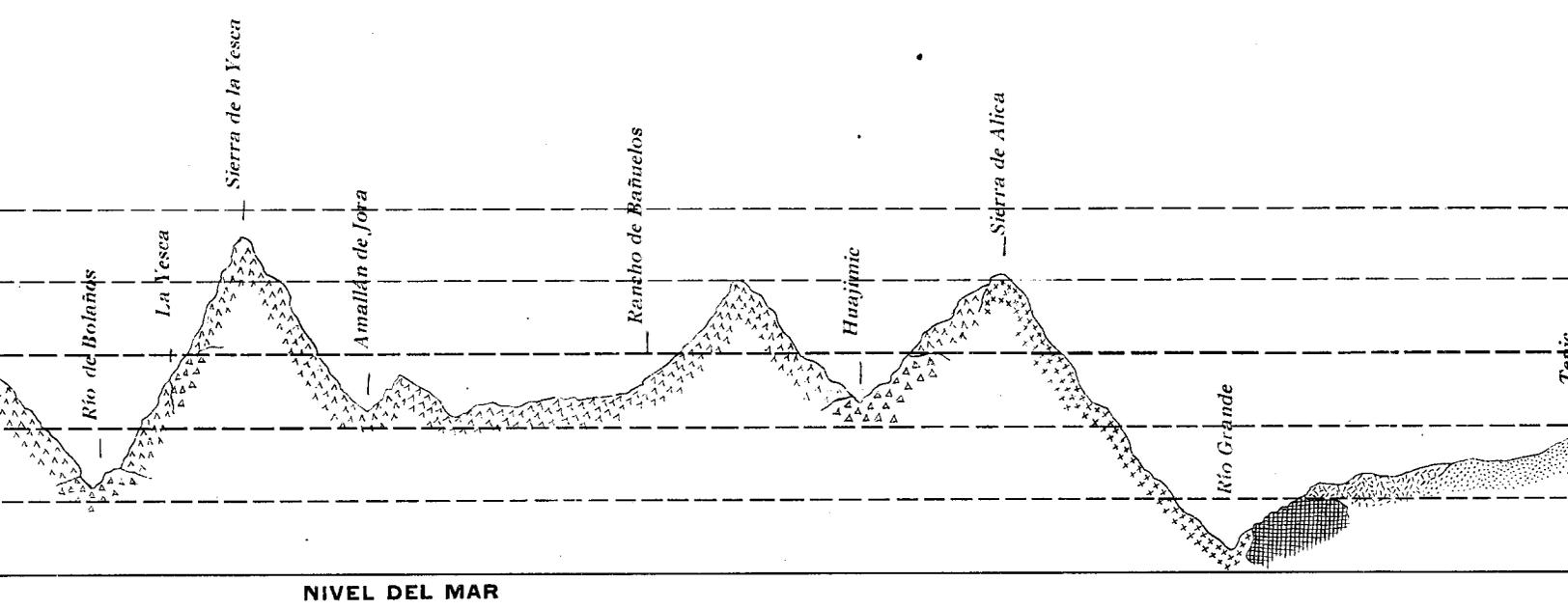
NIVEL DEL MAR

PERFIL DE AUTLAN A GUADAL

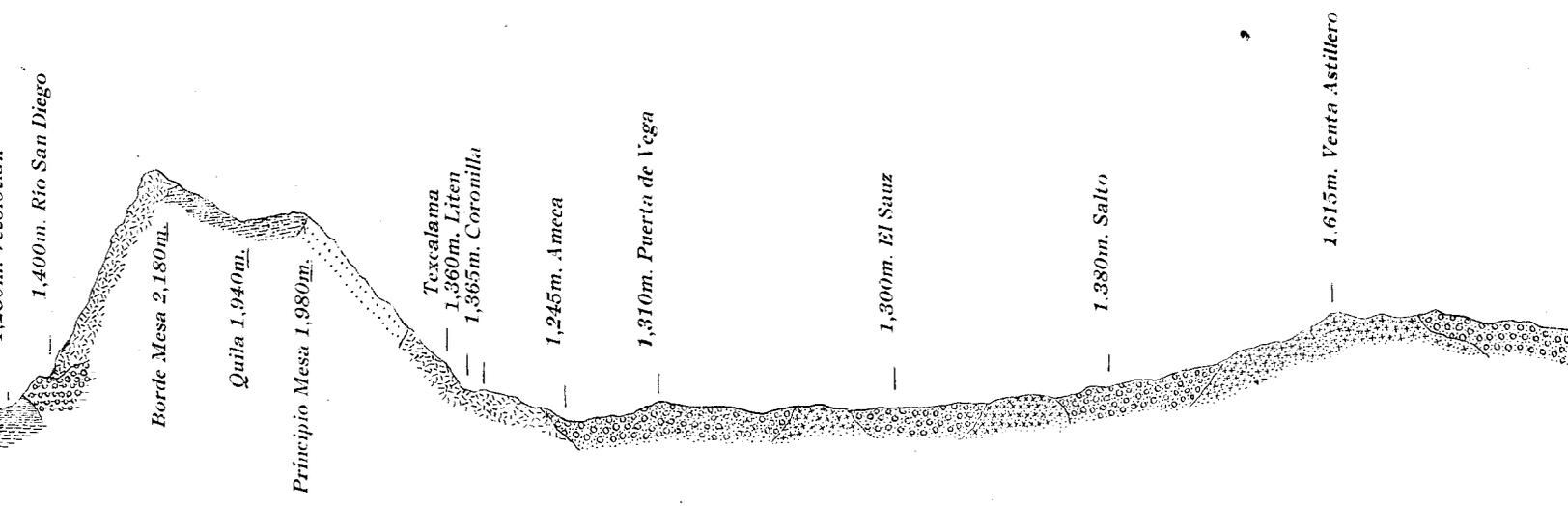


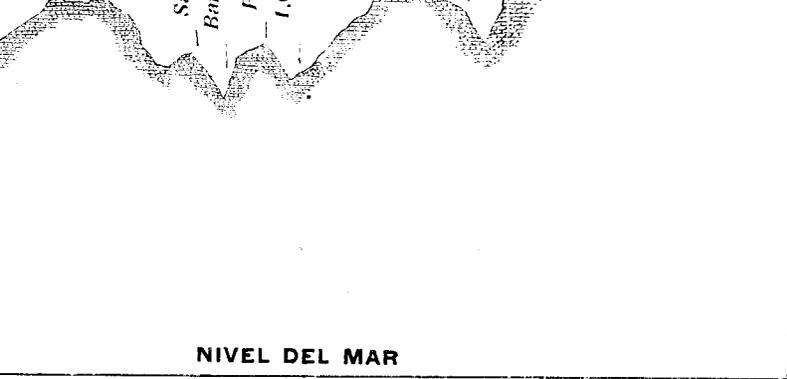


DE NOCHISTLAN A SAN BLAS



DE AUTLAN A GUADALAJARA



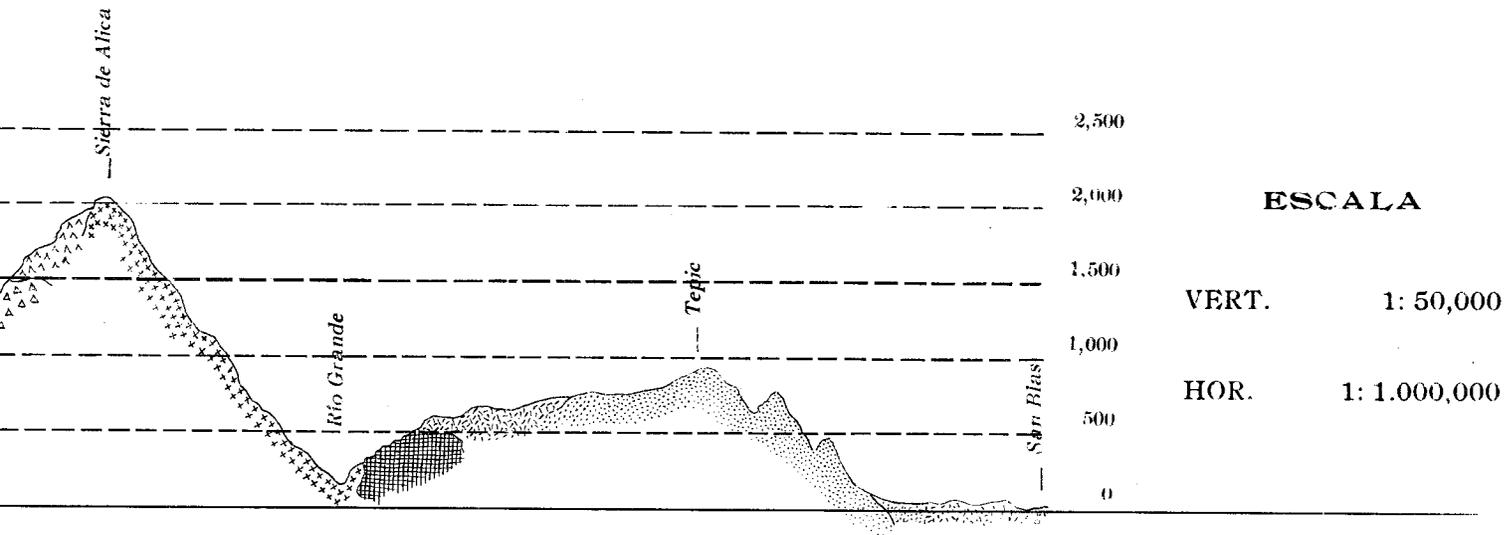


ESCALA

HOR. 1: 100,000,

VERT. 1: 25,000

BLAS

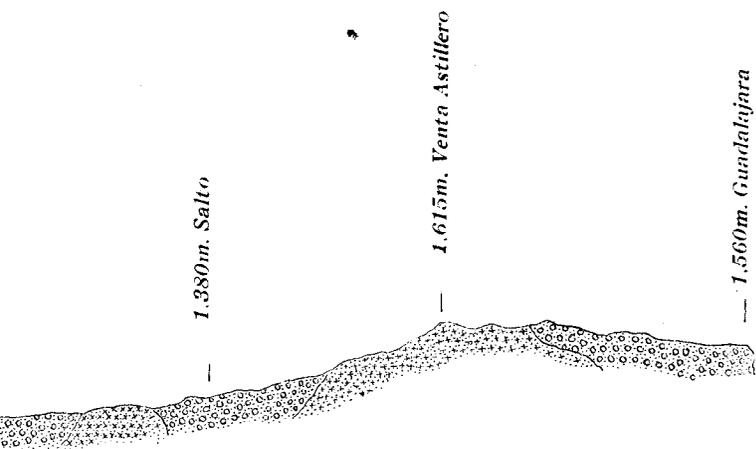


ESCALA

VERT. 1: 50,000

HOR. 1: 1,000,000

ARA



ESCALA

HOR. 1: 500,000

VERT. 1: 25,000

BOLETIN N° 35.

 DEPOSITOS DE LAS PLAYAS

 CRETACEO

 CUATERNARIO

 ROCA VERDE DOLERITA

 TOBAS Y CENIZAS VOLCANICAS DE LAS FALDAS DEL VOLCAN DE COLIMA

 LAVA BASALTICA

Manzanillo

 CUATERNARIO

 BASALTOS

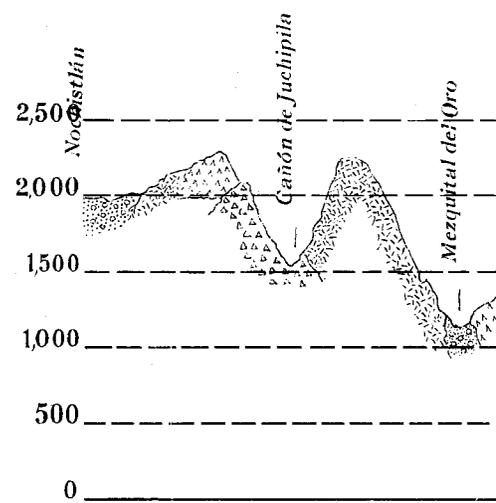
 RHYOLITAS Y TOBAS

 ANDESITAS Y TRAQUITAS

 CALIZAS CRETACEAS

 DIORITAS

 TOBAS VOLCANICAS



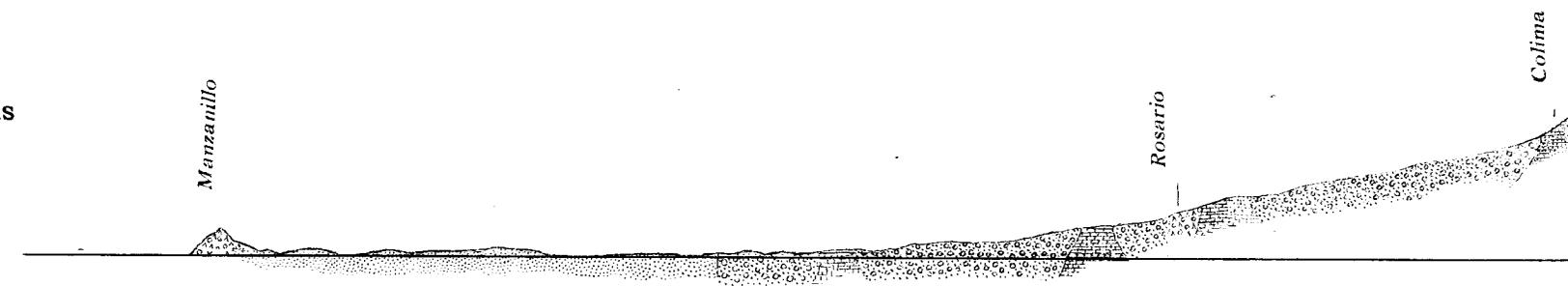
 CUATERNARIO

 RHYOLITA

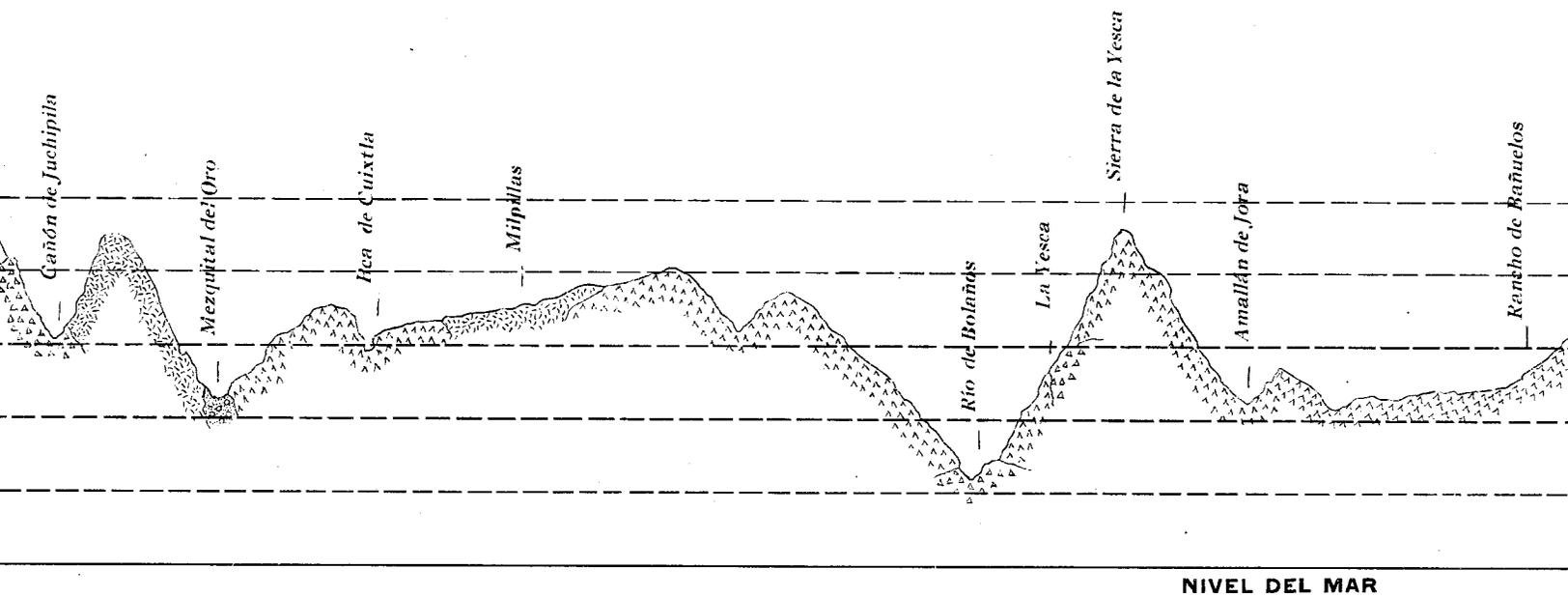
 CONGLOMERADOS TERCARIOS

 MICROGRANULITAS

PERFIL DE MANZANILLO A

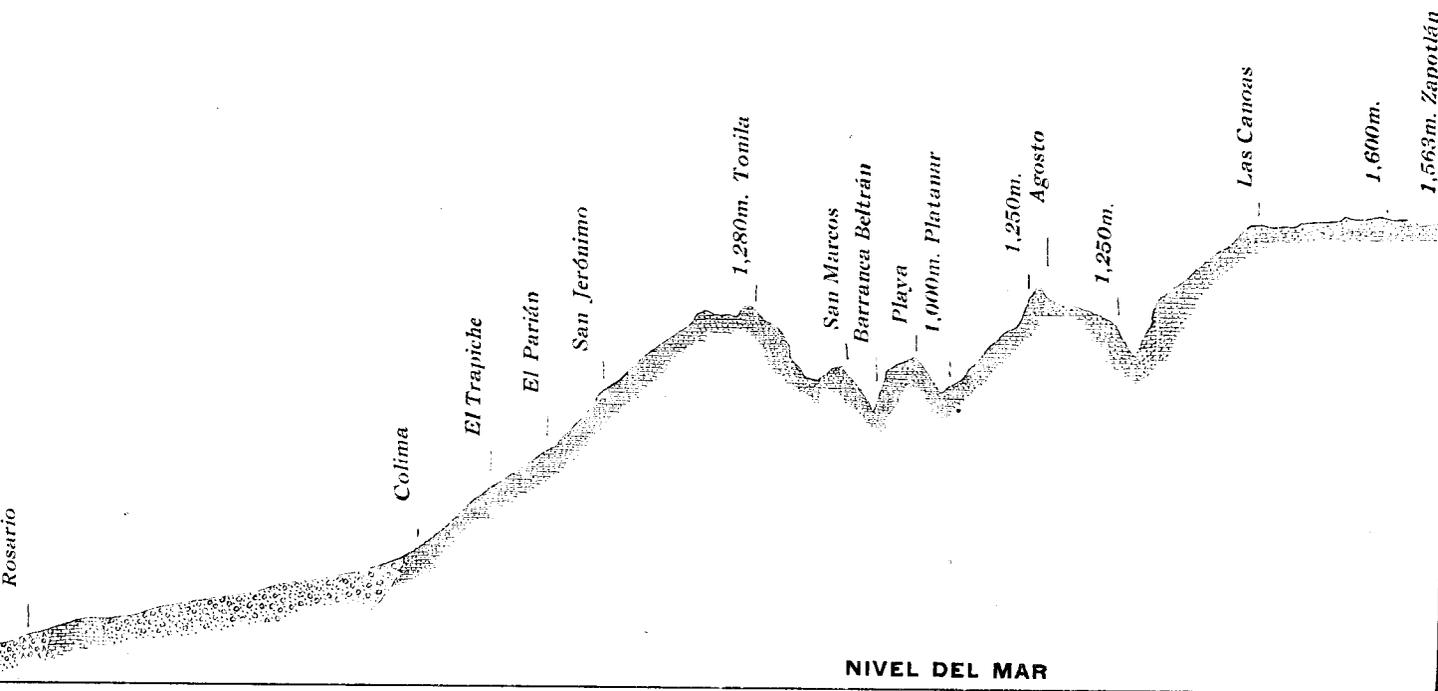


PERFIL DE NOCHISTLAN A

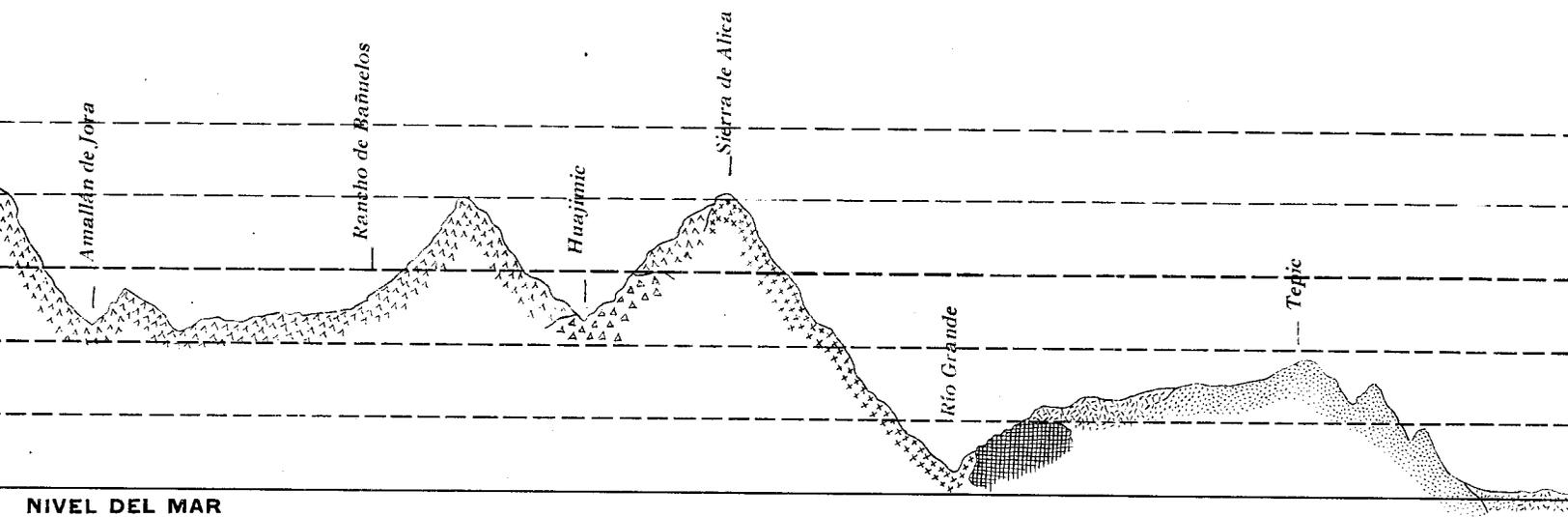


PERFIL DE AUTLAN A GUAD

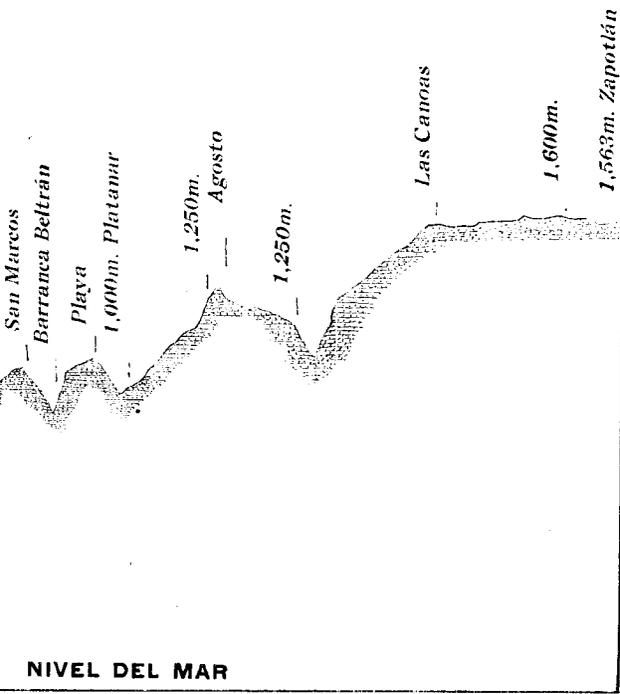
NIZANILLO A ZAPOTLAN



CHISTLAN A SAN BLAS



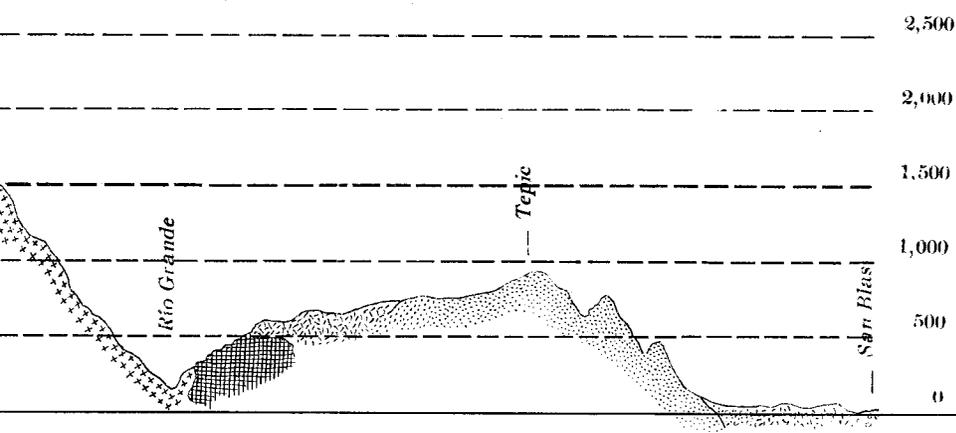
TLAN A GUADALAJARA



ESCALA

HOR. 1: 100,000,

VERT. 1: 25,000



ESCALA

VERT. 1: 50,000

HOR. 1: 1,000,000

je superficial solamente una porción de estas mesas que se designan con el nombre de Bolsón de Mapimí; existía hasta hace unos 25 años una cuenca cerrada, desprovista de desagüe superficial, dentro del Valle de México, la porción conocida con el nombre de Distrito Federal; y una fracción del Estado de México, en donde se encontraban los lagos de Xaltocán, Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Chalco, que también en gran parte están dentro de los límites del Estado de México, pero a consecuencia de las obras monumentales del Desagüe de la ciudad de México, se ha logrado hacer salir estas aguas al Atlántico.

Siendo los escalones-mesetas la depresión que separa a las dos Sierras Madres, se ha hecho sentir en su área los principales efectos de las fuerzas geológicas y la erosión y transporte de los materiales superficiales, dejando a descubierto una parte de las formaciones sedimentarias antiguas, neptunianas y plutónicas, que constituyen la formación más antigua (?) geológica, propiamente dicha, así como por el contrario, los depósitos sedimentarios o de acarreo de las formaciones Cuaternarias ocultan en varios lugares la existencia de las formaciones más antiguas del Paleozoico, Mesozoico y Terciario. Esta depresión se acentúa más y más hacia el norte, a medida que adquiere mayor anchura: al sur, a medida que las montañas que constituyen las Sierras Madres se aproximen entre sí, va siendo menor la depresión la que llega a desaparecer como en la región oriente del Istmo de Tehuantepec, en donde realmente no existen ni huellas de las mesetas centrales.

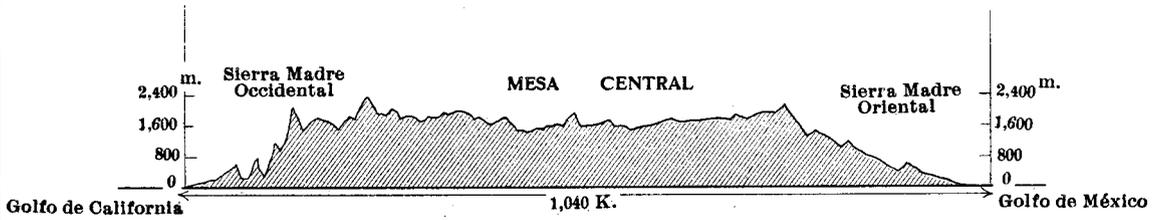
Las cadenas de montañas que el Barón de Humboldt denominó Andes Mexicanos correspondiendo a las macizas montañas de la Sierra Madre Occidental, probablemente por la gran altura que adquieren en la parte central de nuestro territorio y por encontrarse en ellas algunos de los volcanes más altos de la América del Norte, no pueden considerarse, en mi concepto, bajo el punto de vista de su formación y de su continuidad, como la prolongación de la gran cadena de montañas de la América del Sur, que se conoce con el nombre de Cadena de los Andes, la cual comienza en Patagonia y recorre todo el continente paralelamente a la costa del Océano Pacífico, después de haber experimentado varias depresiones, correspondientes naturalmente las depresiones de mayor importancia a los numerosos Istmos de la América Central, esta última región, es probablemente de formación mucho más reciente, o emergida de las aguas oceánicas mucho después que existían los dos continentes norte y sur que integran la masa continental de las Américas, por consecuencia la formación de estas cadenas montañosas de la América del Norte y de la América del Sur tienen que ser independientes, aunque su origen tectónico sea semejante, puesto que se trata de un fenómeno geológico universal.

Para dar una idea general de las dimensiones e importancia del relieve, a falta de mejores datos, tomo los cortes hechos por los geólogos Sres. Aguilera y

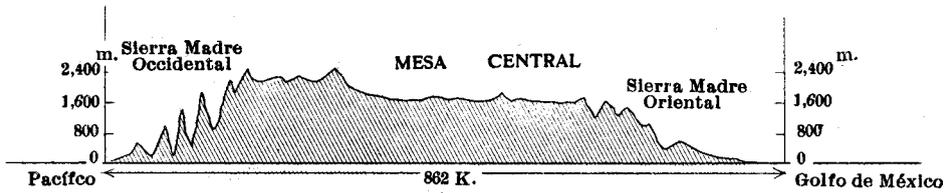
Ordóñez, siguiendo los paralelos de 25°, 23°, 21° y 19° en estos cortes se puede apreciar las diversas alturas de las mesetas o escalones que constituyen la zona central de la República Mexicana; en estos cortes, que no son muy exactos, se pueden apreciar los cambios de relieve de la mesa continental en esta parte de la América del Norte, desgraciadamente no existen otros cortes intermedios para poder sacar algunas consecuencias sobre la Tectónica pero confirman las ideas generales que se han bosquejado sobre el relieve general de la República Mexicana. (Figs. núms.)

Tomando en conjunto las formaciones geológicas que aparecen en la superficie, se pueden considerar tres partes principales: la primera, que se considera como de formación más antigua, sin que haya datos perfectamente comprobados, fuera de sus caracteres petrográficos y que es la menos extensa, aparece constituida por macizos de rocas ígneas granítico-gnéisicos y esquistos que ocupan una porción importante del territorio sureste del país; en los Estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y parte sur de Puebla; apareciendo como una faja angosta interrumpida a grandes trechos sobre las costas del Pacífico desde Unión Juárez hasta Peña de Reyes en la Bahía de Banderas; en la parte central del Estado de Sinaloa se encuentra igualmente una extensa formación de esta misma naturaleza; en el Estado de Sonora se encuentran igualmente varios manchones de rocas ígneas holocristalinas; todavía más raras son estas formaciones en la Sierra Madre Occidental que atraviesa el Estado de Chihuahua. En la faja central en donde se encuentran las mesetas o escalones de que he hablado al principio de este Bosquejo, se encuentran formaciones de rocas ígneas holocristalinas, de poca importancia tanto en Guanajuato, San Luis Potosí, Pinos, Fresnillo, Cuernavaca, como en algunos otros lugares del país, que no se han localizado con precisión, probablemente a causa de no ocupar áreas extensas.

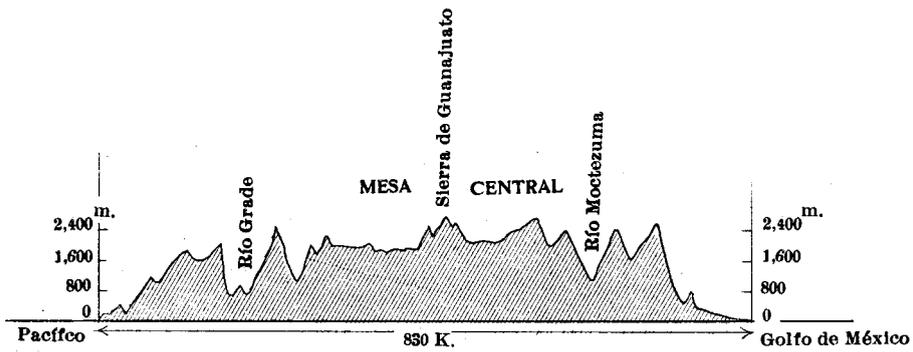
En la Sierra Madre Oriental las manifestaciones de las rocas ígneas holocristalinas son muy escasas, sobre todo en la vertiente del Golfo de México, siendo las más notables las de Casas que se extienden hacia el norte hasta Villagrán; pudiendo agregar como digna de un estudio serio la formación de Molango en el Estado de Hidalgo. La segunda parte integrante, que es la más extensa, cubriendo las tres cuartas partes de la superficie total de la República, constituida principalmente por formaciones sedimentarias en las que dominan las formaciones Cretácicas y Cuaternarias, encontrándose dentro de ella algunas áreas no muy extensas de formaciones Jurásicas y afloramientos aun más escasos de las demás formaciones correspondientes a las divisiones de las eras Mesozoica y Paleozoica, por último, la tercera parte que ocupa una área un poco menor que la tercera parte de la anterior, y cuya importancia en la Tectónica de esta parte del continente, representa un papel predominante, está compuesta de rocas ígneas volcánicas pertenecientes a la serie que se ha convenido en llamar Moderna, distribuí-



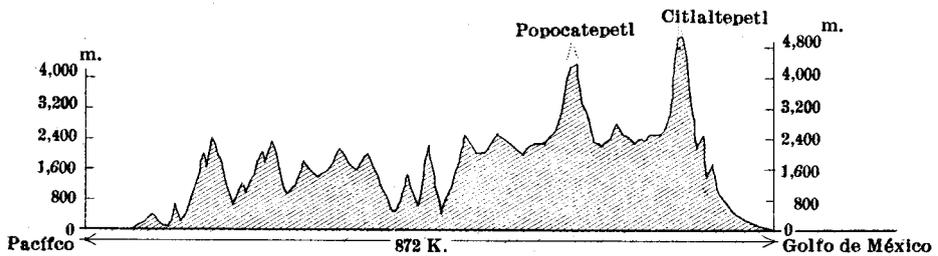
CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 25°



CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 23°



CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 21°



CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 19°

das principalmente a lo largo de la cadena más importante de montañas del país, que se conoce con el nombre de Sierra Madre Occidental o del Pacífico, ligándose principalmente a la Sierra Madre Oriental por medio de cadenas montañosas transversales que surcan las tierras de los Estados de México, Querétaro, Puebla, Veracruz, Michoacán, etc., etc., en el Estado de Tamaulipas, como en los de Nuevo León y Coahuila, así como en la parte oriente del Estado de Chihuahua, existen manifestaciones volcánicas superficiales, escasas y muy diseminadas.

Estos tres grupos de rocas forman en total el territorio de la República Mexicana de sus relaciones mutuas, se han originado transformaciones y acumulaciones de las fuerzas exteriores que han producido y producen una multitud de fenómenos que vamos a estudiar, especialmente los que se refieren a los yacimientos petrolíferos no concretándonos al solo estudio de los terrenos en que arman o se encuentran contenidos dichos criaderos, como lo han hecho los que han escrito sobre este importante asunto.

TERRENO PRIMITIVO

Las rocas Arcaicas de México, son bastante numerosas, presentan en las formaciones transiciones de unas a otras bastante fáciles de apreciar, en la mayoría de los casos; estos terrenos están representados en la Carta Geológica que se adjunta por el color rosado.

En los Estados de Guerrero y de Oaxaca, así como en el sur del de Puebla, es en donde se manifiestan con claridad estas formaciones; las rocas que las integran, las catalogaremos según el orden de su sobreposición, que probablemente es el de su antigüedad, comenzando con las más profundas, tenemos:

a.—Granito, granito porfiroide y gneises.

b.—Fíldes gneísicas, que descansan directamente sobre las anteriores.

c.—Micapizarras, abundantes, en algunos lugares muy cargadas de granate, presentando en algunas áreas perfecta concordancia con las fíldes gneísicas.

d.—Fíldes muy arcillosas en la parte superior de la formación, cuya proporción en arcilla va disminuyendo hacia la base gradualmente, la estructura de estas rocas, varía de perfectamente apizarrada a esquistosa. Este grupo descansa sobre cloritapizarras, cericitapizarras y amfibolapizarras, que a su vez se apoyan en las fíldes gneísicas del grupo *b*.

Todas estas rocas, que los antiguos geólogos consideran como de formación Neptuniana, o en términos más claros, como sedimentarias, cosa que no ha sido probada hasta ahora; se encuentran atravesadas y recubiertas en varios lugares por rocas eruptivas, que a continuación se enumeran por el orden de la antigüedad que se les supone, estas erupciones se cree que se verificaron antes de terminar la era Paleozoica.

e.—Granito gneísico que pasa a granito porfiroide, que atraviesa las micapizarras sin llegar a las filades del grupo *d*; estas rocas aparecen claramente en el noroeste de la República, especialmente en la Municipalidad de Caborca, perteneciente al distrito del Altar, en el Estado de Sonora.

f.—Granito propiamente dicho y otro de grandes elementos o sea granito gráfico, que corta a las micapizarras y filades de los grupos *a*, *b* y *c*; visible en muchos lugares en que se encuentra el terreno primitivo, tanto al noroeste como al sur y en el centro del país.

g.—Granulitas que cortan a todas las rocas de la formación del Arcaico.

h.—Granito hornbléndico, muy abundante, principalmente en forma de diques potentes y bajo la forma de protuberancias de dimensiones muy considerables, que constituyen verdaderos macizos montañosos.

i.—Pegmatita común que pasa a granito gráfico, en diques numerosos que cortan a todas las rocas enumeradas.

Parece que ha habido dos épocas distintas de erupción de rocas pagmatíticas, la más antigua que se verificó en el área arcaica, que sólo atraviesa al granito gneísico, a las micapizarras y a las amfibolitapizarras; y a la segunda que abraza una gran área, que corta a todas las rocas que se consideran como pertenecientes al Arqueano, es muy visible tanto en las regiones del noroeste, como en la parte central y sur del país.

j.—La Hialomita o Greissen, se encuentra asociada a los granitos, bajo la forma de criaderos de segregación.

l.—Dioritas en diques y ramificaciones muy numerosas que vinieron a cortar a las formaciones descritas, por consecuencia, son las rocas eruptivas más modernas del Arcaico, presentándose en abundancia en el sur de Puebla y norte de Oaxaca y Guerrero.

DISLOCACIONES

Las formaciones de la Era Arcaica se encuentran plegadas y dislocadas presentando muchos anticlinales y sinclinales de las más variadas dimensiones, los ejes de los anticlinales y de los sinclinales presentan direcciones comprendidas entre 20° y 45° N. O. S. E. con echados al N. E. o S. O., presentando inclinaciones las diversas capas entre 5° y 75°. El plagamiento de todas estas capas, es anterior probablemente, al depósito de los varios terrenos sedimentarios bien definidos, que se mencionan como existentes en la porción central del país y las fajas costañas o de los litorales.

En todos estos terrenos se encuentra un gran número de criaderos minerales de fierro, principalmente hematitas y fierro magnético, acompañados de todas las variedades de los minerales de fierro, que desgraciadamente no se han estudiado con cuidado, pues a pesar de las opiniones de varios geólogos reputados,

tienen una importancia económica sumamente grande, aunque resulte que muchos de esos criaderos son yacimientos Cretácicos, cosa que pongo en duda. Existen también armando en las rocas arqueanas numerosos yacimientos auríferos, en las que dominan las piritas de fierro y de cobre con matriz de cuarzo ca-reado; los plomos argentíferos también se presentan en estos terrenos en gran abundancia.

TERRENOS PALEOZOICOS

Los terrenos que forman el grupo Paleozoico están apenas representados en la República Mexicana, aunque es probable que existen representantes entre las formaciones sedimentarias de varias de las subdivisiones, aunque hasta ahora, sólo se hayan logrado identificar por sus fósiles algunos que pertenecen a los períodos Carboníferos y al Devoniano (?) en cuanto a las formaciones del Siluriano los datos son tan vagos que realmente no se puede afirmar nada sobre su existencia.

Las rocas que se clasifican como pertenecientes al período Carbonífero de las formaciones mexicanas, son calizas y dolomías, que según el estudio de Saper, descansan en extratificación concordante sobre los estratos de Santa Rosa, en el Estado de Chiapas, entre Chicomucelo y Motozintla, formaciones carboníferas que se prolongan hacia el Oeste a la vecina República de Guatemala. Estos estratos de Santa Rosa son unos lechos de pudingas calizas cementadas con siliza o margas; existen además, otras pudingas, areniscas y pizarras de color rojo, que dicho señor considera como Devonianas (?) o Carboníferas.

Se han referido al Carbonífero superior, las calizas que se encuentran en las sierras de Nuevo León, y Coahuila, como la del Cerro del Mercado, junto a Monclova, que forma parte de la sierra de la Gloria, la sierra de Gómez y la sierra de la Iguana, fundándose en el estudio de unos cuantos fósiles bastante incompletos y maltratados, que el Profesor Heilprin, haciendo constar que el mal estado de los fósiles no permitía una determinación específica segura, declaró que pertenecían a la familia de los Aviculides y con probabilidad a los géneros Pterinopecten, Actinoptera y Leioptera, que existieron desde el Siluriano al Permiano, pero que él aceptaba, como más probable, que fuesen formas devonianas o carboníferas.

Se han referido al carbonífero por algunos geólogos varias de las calizas cretácicas de los Estados de Durango y Coahuila y las calizas que contienen capas de hulla en los distritos de Acatlán y Matamoros Izúcar, del Estado de Puebla; siendo lo más probable que estas últimas calizas sean Triásicas, aunque hay razones para referirlas al Liásico.

Las formaciones de los terrenos que se pudieran referir a las diversas divisiones de la era Paleozoica se encuentran imperfectamente estudiadas y no es

posible afirmar nada sobre su importancia con excepción del carbonífero de Chiapas estudiado por Saper.

TERRENOS SECUNDARIOS O MESOZOICOS

Las diversas formaciones sedimentarias que reunidas constituyen la era Mesozoica, no están todas representadas por lo menos en la superficie, en el amplio territorio de la República Mexicana, no han sido estudiadas con cuidado para poder separarlas, como es mi opinión personal, las que han sido determinadas pertenecen a las últimas subdivisiones de los períodos Tríasico y Jurásico, mientras que las series del Cretácico se encuentran casi completas, habiendo algunas subdivisiones, especiales mexicanas, que merecen un lugar prominente en nuestra Geología Nacional.

Las formaciones que corresponden al sistema Tríasico en su subdivisión superior, se encuentran representadas en varios lugares de nuestro territorio sin ocupar grandes extensiones superficiales, en la carta adjunta están representados por el color violado.

Las rocas que se consideran como formando los estratos del Tríasico Superior, son una serie de areniscas cuarzosas y pizarras arcillosas, cuya textura y composición varían mucho; las primeras se presentan ofreciendo una textura granuda sumamente fina, pasando gradualmente hasta las brechas formadas de gravas, variando el cemento que puede ser silizoso, calizo, margoso y arcilloso, y según las texturas se modifica la estructura, que se hace más apizarrada a medida que el grano es más fino; en cuanto a las pizarras, la textura varía desde la pelítica, que les comunica cierta apariencia de esteatitapizarras hasta la psamítica; en la base se presentan con mucha frecuencia las areniscas cuarzosas y las margosas y arcillosas en la parte superior, en cuanto a las pizarras su composición varía desde la arcillo-pizarra pura en la base de la formación hasta las pizarras arcillo-margosas, en esta última zona degeneran las rocas en margas apizarradas o esquistos margosos; en la parte superior del yacimiento aparecen cargados los esquistos y areniscas de laminitas de mica que las hacen pasar a verdaderas psamitas, finalmente, aumentando la proporción de carbonato de cal termina la serie de pizarras, sobre las cuales se depositan en algunos lugares verdaderas pizarras calizas.

La consistencia de estas rocas varía de acuerdo con su composición y bajo la influencia de las rocas ígneas, al de areniscas cuarzosas muy resistentes que presentan el aspecto de verdaderas cuarzitas por el metamorfismo y metasomatismo, siendo por lo general bastante tiernas y desmoronadizas; las pizarras también presentan variantes como consecuencias del metamorfismo producido sobre ellas por el contacto con las rocas ígneas, pues cambian la textura pizarreña y hojosa, más o menos perfecta, convirtiéndola en rocas macizas de crucero pizarreño muy imperfecto.

El color de estas rocas varía en las areniscas del gris más o menos claro, a diversos tonos del rojo y del amarillo, y en las pizarras, del gris ceniciento al negro agrisado en la parte inferior y media del yacimiento, y en la parte superior, del negro de diversos tonos a los variados e irregulares de los colores abigarrados, que remedan perfectamente el aspecto de las margas irisadas del Keuper.

El conjunto de estas rocas pertenecientes al Trías descansa directamente sobre los granitos en el Estado de Sonora y en la parte sur del Estado de Puebla, en donde abundan los granitos paleozoicos, y sobre las pizarras cristalinas en el distrito de Acatlán del Estado de Puebla, Huajuapán y Tlaxiaco, del Estado de Oaxaca.

Los fósiles contenidos entre los estratos de estas rocas, aunque sumamente abundantes, se han estudiado muy poco por nuestro Paleontólogos, y sólo nos atrevemos aquí a dar una lista de los más conocidos y estudiados, que han sido descritos en varios de los Boletines publicados por el Instituto Geológico de México.

FLORA TRIASICA MEXICANA DE LA MIXTECA ALTA

(Boletín número 31)

Mertensides Bullatos.....	Bumbury.
Asterotheca Whitneyi.....	Newberry.
„ Irginensis.....	Fontaine.
Asplenium (Cladophibis) mexicanum.....	Newberry.
Lacopteris Emmonsii.....	Fontaine.
„ af. Munsteri.....	Schenk.
Andriana af. Baruthina.....	Bru.
Macrotaeniopteris elegans.....	Newberry.
„ magnifolia.....	Newberry.
Gangamopteris americanus.....	Newberry.
Camptopteris Remondi.....	Newberry.
Equisetum af. Munsteri.	
Podozamites (?) crasifolia.....	Newberry.
Zamites Occidentalis.....	Newberry.
Otozamites Macombi.....	Newberry.
Ctenofilium Emmonsii.....	Newberry.
Dioonites af. rigidus.....	Andr.
Pterofilium delicatulum.	
„ fragile.....	Newberry.
„ robustum.....	Newberry.
Nilsonia polymorfa.....	Schenk.

Spherozamites Rogersianus.....	Fontaine.
Baiera radiata.....	Newberry.
Palissaya af. Carolinensis.....	Fontaine.

FAUNA MARINA DEL TRIASICO SUPERIOR DE ZACATECAS.—AMMONIDEA

(Boletín número 21)

Sirentes Smithi n. sp.....	Buckhardt.
Trachycera n. sp.....	”
Chionites sp.....	”
Juvertes Mojsvari n. sp.....	”
Palaeoneilo Zacatecana n. sp.....	”
” Longa n. sp.....	”
” Brorlir n. sp.....	”
” Zacatecana n. sp.....	”
” Burckhardt n. sp.....	”
” Trechi n. sp.....	”
” Villadae n. sp.....	”
” Mexicana n. sp.....	”
” Cardobae n. sp.....	”
” Triangularis n. sp.....	”
” Triangulares n. sp.....	”
” Aguilerae n. sp.....	”
” Quadrata n. sp.....	”
” Costata n. sp.....	”

LIASICO HUAYACOCOTLA, VER., Y HUAUOHUANGO, PUEBLA

(Boletín número 34)

Podozamites distans (?).	
Zamites Teneonis.....	Brongr.
Otozamites cardiopteroides.....	Wieland. (?)
” Braun sp.	
” Regli.....	Brongr.
” Obtusus var liasicus.....	Wieland.
” Hesperdi.....	Wieland.
” Pterophilloides.....	Brongr.
Ptilophyllum acutiforme.....	Morris.
Ptilophyllum propineum.....	Gopper.
Pterophyllum.....	Brongr.
Helechos no clasificados.	

Un hecho muy notable y que tiene una gran importancia, es el que en todas las localidades en donde afloran las rocas de este piso, se descubren capas de carbón, de espesor y calidad muy variables, unas veces las capas de carbón tienen apenas unos cuantos milímetros de grueso, otras, el carbón se presenta tiñendo apenas a las areniscas y pizarras entre las que vienen intercaladas, dotando a las pizarras de cierta cantidad de productos bituminosos, especialmente en las formaciones que se encuentran en el sur del Estado de Puebla y en la parte norte del Estado de Oaxaca, en donde en mi concepto, deben encontrarse probablemente en la profundidad, capas potentes de combustibles fósiles, cosa que se ha comprobado principalmente en el Estado de Sonora, y en algunos yacimientos del sur del Estado de Puebla, en donde la potencia alcanza 1 y 2 metros.

La calidad del carbón varía desde el carbón bituminoso, hulla grasa, hulla antricitosa, antracita, hasta antracita metamórfica pasando a grafito.

Los criaderos de fierro, principalmente de hematita, abundan en estas formaciones, pasando por diversos grados a los ocre de fierro; estas capas de mineral de fierro se encuentran más comunmente asociadas a las capas de pizarras.

Las formaciones del Trías, principalmente en Sonora, se encuentran atravesadas y dislocadas por las rocas eruptivas, como son las dioritas, las diabasas y particularmente las andesitas hornbléndicas.

Existen igualmente yacimientos en forma de vetas o de criaderos irregulares de minerales argentíferos y plomosos en contacto con las andesitas dislocadas por diques e intrusiones de riolitas o dioritas, rara vez diabasas.

SISTEMA JURÁSICO

Las formaciones que corresponden a este sistema, son muy poco conocidas en el país, pasando generalmente desapercibidas, por encontrarse casi siempre en estratificación concordante con las formaciones del Cretácico que las cubre, de tal manera que si no se atiende a sus fósiles, se les confunde con los terrenos de la base del Cretácico o sea el Cretácico inferior; otro tanto sucede con su carácter litológico, pues las rocas que los constituyen son calizas, rocas apizarradas arcillo-margosas y areniscas de diversos granos, estando caracterizada la parte superior de la formación por estratos de pizarras calizomargosas, y finalmente por pizarras calizas que se continúan en los pisos inferiores del Cretácico, siendo imposible sin el auxilio de la clasificación de los fósiles que contienen, marcar el límite entre los dos sistemas Jurásico y Cretácico.

El color de estas rocas varía del gris a diversos tonos del amarillento sucio hasta el violado; cuando la proporción de carbonato de cal es considerable, la roca presenta el color gris negruzco y el azulado, que también presentan ordinariamente las calizas Cretácicas.

Estas rocas descansan por lo general sobre las rocas Triásicas, mientras que

en algunos lugares se apoyan sobre las pizarras y fíldes del terreno primitivo. El Jurásico tan unido como está con el Cretácico ha participado de todos los trastornos y modificaciones que este último ha sufrido en el transcurso de los tiempos.

Sus caracteres paleontológicos se pueden identificar por la presencia de los siguientes fósiles de las formas que se conocen actualmente, que no son sino una fracción insignificante del total que se encuentra en los diversos estratos, siendo de lamentar que el Instituto Geológico de México no haya hecho todos los estudios necesarios sobre esta rica fauna y flora del período Jurásico.

Las formas que se conocen son:

<i>Spongiae</i>	
Stellispongia bermensis.....	Etallon.
<i>Echinodermata</i>	
Millericrismus policlonos.....	Felix.
Cidaris submarginata.....	„
Acrocidaris nobilis	Agassiz.
<i>Vermes</i>	
Serpula gordials.....	Schlotein.
Serpula tricarinata.....	Goldfuss.
<i>Brachiopoda</i>	
Rynchonella lacunosa.....	Quenstedt.
„ „ Var. Arolica.....	Oppel.
„ „ af. Zieteni.....	Loriol.
„ „ af. Monsalvensis.....	Gillieron.
Terebratula Repellini.....	d'Orbigny.
„ Dorembergi.....	Felix.
Waldheimia Catorcensis.....	Castillo et Aguilera.
<i>Lamelibranquiata</i>	
Griphea Mexicana.....	Felix.
„ calceola Nebraseensis.....	Meck et Hayden.
Exogyra ptichodes.....	Felix.
„ spiralis.....	Goldfuss.
„ subplicifera.....	Felix.
Lima contolicosta.....	„
Trigonia Sologureni.....	„
Lucina Coetoi.....	Castillo et Aguilera.
Cyprimeria (?) Mexicana.....	„
Goniomya Calerdoni.....	„
Pleuromya inconstans.....	„