

Los minerales de cobre, especialmente la Chalcopirita, de la que se derivan la mayor parte de los diversos minerales conocidos de cobre, acompañados de grosularita, hematita y demás óxidos de fierro, cortan los estratos del cretácico, especialmente a lo largo de los diques de rocas eruptivas como las dioritas, andesitas presentando la forma típica de criaderos de contacto, como se ve en San José, Estado de Tamaulipas, en la Sierra de San Carlos y en la Hacienda de la Cofradía, Distrito de San Juan de los Llanos, Zomelahuacán, Estado de Veracruz, y en otra multitud de lugares.

Los minerales de antimonio se presentan en abundancia en vetas regulares, encontrándose asociado a los ocre de Antimonio.

Los minerales de fierro al estado de sexquíóxido y magnetita, así como la pirrotita, algunas veces niquelífera, son muy abundantes y merecen estudiarse bajo el punto de vista industrial, citaremos unos cuantos para dar alguna idea sobre su importancia: Cerro del Mercado en Durango, los criaderos de Xalostoc en Morelos, los de Monclova en Coahuila, los de Encarnación en Hidalgo, los de Tlaxiaco en Oaxaca, los de Yucunduchi en Acatlán, los de Golondrinas en Nuevo León y otros varios, que han pasado desapercibidos por no haberlos considerado nuestros geólogos de importancia, a causa del poco desarrollo en la República de la industria siderúrgica, que no ha contado con la cantidad necesaria de combustibles a bajo precio, que la producción de fierro reclama, pero que hoy podemos explotar con ventaja, empleando los hidrocarburos de nuestras regiones petrolíferas, bajo la forma de gas o indirectamente en la producción del calor por medio de los hornos eléctricos, lo que simplifica mucho la metalurgia del fierro y de todos los metales que se someten a los procedimientos de fundición, pues se eliminan las impurezas de los combustibles y se obtienen las temperaturas necesarias con mucha facilidad y constancia.

Las calizas cretácicas contienen grandes yacimientos de azufre casi puro, acompañado de yeso; un tipo de esta clase de criaderos se encuentra en la Sierra de Banderas, Partido de Mapimí, Estado de Durango, y en las riberas del antiguo lecho del lago de Tlahualilo en el Estado de Coahuila; en Cuyamaloya, del Estado de Hidalgo, existe un yacimiento de esta naturaleza cubierto superficialmente por rocas volcánicas modernas, de mucha importancia comercial que apenas ha sido estudiado; en Cerritos, Estado de San Luis Potosí, se conoce otro yacimiento de azufre que arma en calizas cretácicas.

Vetas y mantos bastante poderosos se encuentran en abundancia en el sur del Estado de Puebla, conteniendo pirolusita, acerdesa, psilomelán y Wad, especialmente en los Distritos de Acatlán y Tepexi, entre las calizas cretácicas del Cretácico Medio; infinidad de yacimientos de minerales de manganeso se encuentran en otras muchas localidades del país, acompañando a los minerales de

fierro, en donde se presentan las formaciones cretácicas, no habiendo hasta ahora sino estudios muy superficiales sobre ellos.

Entre las cálizas cretácicas se encuentran igualmente grandes criaderos de fosforita, apatita y estaño, que han llamado la atención de los mineros.

Otro de los puntos que debemos dejar aquí consignados, es que entre los yacimientos metalíferos sulfurados, como los de galena y piritas de cobre se encuentra asociada en gran cantidad el oro y la plata, al grado que se han considerado industrialmente, como minerales productores únicamente de los metales nobles.

Entre los estratos de los terrenos que se atribuyen a las tres principales divisiones del Cretácico en la República, se encuentran con una constancia grande, capas de carbón, siendo las mejor estudiadas las que se encuentran en la subdivisión del Cretácico Superior, en donde se han localizado las principales explotaciones de este importante combustible fósil, especialmente en Sabinas, Hondo o San Felipe, Santa Rosa de Múzquiz, Piedras Negras, Barroterán etc., etc., que parecen ser una continuación de los yacimientos carboníferos de Eagle Pass, en la vecina nación del Norte.

Estos carbones se presentan a todas las aplicaciones del carbón bituminoso y como tal, debe clasificarse industrialmente, aunque nuestros geólogos fundándose en consideraciones puramente teóricas, las consideren como Lignitas.

En las formaciones del Cretácico Medio que se encuentran en la base, se conocen algunas localidades como las de Maconí, Mineral del Doctor, Distrito de Cadereyta en el Estado de Querétaro, en las que el carbón no obstante de ser de muy buena calidad, se encuentra muy despedazado, o mejor dicho, diseminado entre el espato calizo, de formación muy posterior, indicando que los estratos fueron plegados y rotos por la acción de las fuerzas diastrofíticas y posteriormente por la acción de las aguas que disolvieron a la caliza, se formó el espato calizo que las cementa así como al carbón; pero no se deduce de este hecho que se presenta en multitud de lugares del país que todas las capas de carbón que se pueden encontrar en esta subdivisión del Cretácico Medio sean inaprovechables industrialmente, sino que en los lugares en donde estas formaciones no hayan sido fracturadas hasta el grado de desmenuzarlas, las capas de carbón pueden explotarse en las condiciones ordinarias; por consecuencia, se puede decir que en esta subdivisión existe el carbón fósil y que puede ser explotado industrialmente. Este hecho que se repite en las formaciones carboníferas del Estado de Morelos, no tiene importancia para que dichas acumulaciones de carbón puedan transformarse naturalmente cuando se reúnan todas las condiciones en petróleo o en hidrocarburos líquidos, sólidos y gaseosos, acumulándose en determinados lugares de donde se podrán obtener grandes cantidades de combustibles hidrocarbурados.

Entre los estratos correspondientes a los periodos Cretácico y Terciario prin-

principalmente es en donde se han señalado en nuestro país las acumulaciones más importantes de petróleo que se conocen, y cuya importancia sobrepasa a todo lo que hasta ahora se conoce en el mundo entero.

ERA CENOZOICA

De las subdivisiones del Terciario apenas si se han llegado a estudiar las formaciones de los grupos Medio y Superior, estas formaciones de carácter local se encuentran diseminadas en la parte central del territorio comprendido entre las dos sierras madres, generalmente de origen lacustre, en donde una gran parte de la formación desaparece bajo la delgada capa de formaciones Cuaternarias, faltando casi por completo en las áreas en que afloran las capas cretácicas. En el territorio ocupado por estas formaciones Terciarias en los Estados mexicanos que bordean al Golfo de México que son de origen marino bien caracterizados tienen una importancia muy grande tanto por la extensión superficial que ocupan, como por encontrarse entre sus estratos acumulaciones importantes petrolíferas que actualmente han entrado en el período de explotación comercial; las series de estratos del Terciario, son mucho más uniformes que las del Cretácico, como que las condiciones bajo las cuales se formaron las primeras, fueron casi semejantes en toda la vasta región en donde se manifiestan, no sucediendo lo mismo durante el período Cretácico dentro del cual se verificaron cambios bruscos en el relieve del terreno.

EOCENO Y BASE DEL MIOCENO

Las rocas sedimentarias Terciarias más antiguas que ha sido posible estudiar hasta hoy, se encuentran en la cuenca del Río Bravo a unos 12 kilómetros al oriente de Laredo, extendiéndose hasta la ciudad de Guerrero en el Estado de Tamaulipas, en relación estrecha con las formaciones de la parte superior de los terrenos Cretácicos.

Las rocas principales que se observan son areniscas, margosas y arcillosas de grano fino, que alternan con capas de margas y arcillas de textura esquistosa o imperfectamente apizarrada, perteneciendo probablemente al Eoceno Inferior; encima de esta serie de rocas vienen unas areniscas margosas que se extienden al oriente de Laredo y llegan hasta Mier, parte de las cuales deben pertenecer al Eoceno y otras al Mioceno, aunque estas afirmaciones necesitan para confirmarse, un estudio de los fósiles que se encuentran en las capas diversas de areniscas.

MIOCENO SUPERIOR A PLIOCENO

En la península de la Baja California en su faja de costa, principalmente en la del Pacífico, hay un grupo de estratos de origen marino, cuya formación debe

haber sido posterior al derrame de las lavas andesíticas y sus congéneres, puesto que en los estratos correspondientes se ve una alternancia de areniscas de diversos granos y conglomerados traquíticos o andesíticos que llevan intercaladas varias capas de minerales de cobre.

Las areniscas presentan un cemento francamente calizo, en algunos casos, es ligeramente arcilloso y su color varía entre el amarillo, el pardo y el rojo, colores que presentan igualmente los conglomerados. Este conjunto de capas descansa directamente sobre las rocas volcánicas que se han indicado; esta circunstancia no permite asignarles una antigüedad más allá del fin del Eoceno, tomando en cuenta los fósiles que contienen, no serían realmente sino del Mioceno Superior (?).

En la parte baja de la costa del Golfo de México, se presentan las rocas Terciarias formando una faja paralela al contorno de las formaciones Cuaternarias, del Golfo actual, faja que al sur del Estado de Veracruz, se ensancha al poniente hasta los Estados de Hidalgo y San Luis Potosí, y continuándose al norte hasta la frontera con los Estados Unidos en el territorio del Estado de Tamaulipas, llegando a adquirir su anchura máxima entre las poblaciones fronterizas de Reynoso y Guerrero; continuándose al sur por el Istmo de Tehuantepec, para cubrir una gran parte de los Estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, internándose por la parte oriental del Estado de Chiapas hasta la línea divisoria de Guatemala, al sur del pueblo de Tenosique. En algunos puntos de este largo trayecto desaparecen las formaciones del Terciario bajo las formaciones del Cuaternario y algunos derrames superficiales de lavas modernas, que aparecen como interrupciones aparentes en el trayecto que hemos indicado.

Los sedimentos marinos Terciarios de la Costa del Golfo están compuestos de estratos de conchas poco coherentes, que pasan a conglomerados de cemento calizo más o menos arcilloso de color blanco amarillento, que a su vez pasan a calizas compactas y a calizas semicristalinas de color amarillo, con intercalaciones de calizas blancas agrisadas y blanco rojizas, existen además areniscas margosas, margas esquistosas y pizarreñas.

En la parte superior contienen fósiles que se deben considerar como Miocenos, mezclados con formas pliocenas y actuales.

Cope ha referido estas formaciones sedimentarias a la subdivisión que en los Estados Unidos se denomina Loup Fork, que corresponde a la parte superior de las formaciones del Mioceno, especialmente la importante formación lignitifera de Zacualtipán en el Estado de Hidalgo.

Las rocas asociadas en las que se encuentran las lignitas son en su mayor parte areniscas y pizarras arcillosas refractarias, cargadas de materias carbonosas y capas de conglomerados de color rojo, que se presentan principalmente en los lugares en donde abundan las pizarras cristalinas que han sido consideradas

como representando la antigua arenisca roja del Período Carbonífero, otras las han referido a la nueva arenisca roja, y Aguilera, fundándose en los elementos petrológicos de que están compuestas y las relaciones que tienen con las andesitas horbléndicas y las riolitas, los considera como posteriores a la aparición de las andesitas, asignándoles una edad no más antigua que la del Terciario Superior o Plioceno.

Los conglomerados rojos se presentan generalmente dislocados por las rocas eruptivas de las series antiguas y modernas, lo que hace muy improbable la opinión de Aguilera de que estos conglomerados sean Pliocénicos, lo más probable es que realmente pertenezcan a la era Paleozoica.

Disminuyendo las dimensiones de los elementos de estos conglomerados, pasan gradualmente a areniscas de grano grueso y de grano fino, conteniendo cristales rotos de feldespato y algunas veces intactos, el cemento de todos estos conglomerados y areniscas es arcillo arenoso. Existen además unas capas de brechas mucho más modernas sobre los conglomerados rojos, las cuales sí datan del Pliocénico, como lo quiere Aguilera; de todos modos, este punto no está bien dilucidado y merece estudiarse con cuidado para llegar a resolverlo.

Existen varias localidades en los Estados de Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Oaxaca, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas, etc., etc., en donde se presenta el conglomerado rojo, pero no me atrevo a señalar aquí su edad geológica en vista de la incertidumbre del período geológico a que debe referirse su formación.

En casi todas las formaciones que se han considerado como del Mioceno, existentes en la República, se ha señalado como constante la existencia de lechos de lignitas, y en varios lugares pertenecientes a los Estados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí, en donde existen capas Miocénicas, indicaciones claras de la existencia de yacimientos petrolíferos de aceites pesados generalmente a base de asfalto, no siendo raro encontrar algunos yacimientos de aceites ligeros de base parafinosa, sobre todo en los campos petrolíferos situados a más de 100 kilómetros de la costa del Golfo.

PLIOCENO

Las rocas de acarreo que se consideran de este sistema, son conglomerados calizos formados de cantos y guijarros de calizas cretácicas, conglomerado rojo, compuesto de destrozos de pizarras, con pedazos de rocas volcánicas tales como diorita, andesita y granito, mezclados con fragmentos de calizas cretácicas en la parte superior de las formaciones, reunidos por un cemento arcilloso, areniscas arcillosas blandas, alternando con arcillas margosas yesíferas, sobre las cuales se apoyan conglomerados y tobas volcánicas, estando intercaladas entre todas estas capas, lechos de rocas intrusivas basálticas.

Este sistema de rocas se presenta frecuentemente en multitud de lugares de la República Mexicana.

FOSILES DE LAS FORMACIONES MEXICANAS DEL TERCIARIO

ECHINODERMATA

Echinocyamus altavillensis?.....	Agassiz.
Clypeaster Meridanensis.....	Mchelin.
„ crustulum.....	„

LAMELLIBANCHIATA

Ostrea Atwoodi.....	Gabb.
„ contracta.....	Conrad.
„ gallus.....	Valencienes.
„ Georgiana?.....	Conrad.
„ Veatchii.....	Gabb.
„ Moreleti.....	Deshayes.
„ Virginiana.....	Gmelin.
„ meridionalis.....	(?)
Anomia simplex.....	d'Orb.
Plicatula filamentosa.....	Conrad.
Spondylus Estrellanus.....	„
Pecten Moreleti.....	Deshayes.
„ Yucatanensis.....	„
„ Miridanensis.....	„
„ dislocatus.....	Say.
„ nucleus.....	Born.
„ (Amusium) Mortoni.....	Ravenel.
Arca Eshayesi.....	Hanley.
„ incongrua.....	Say.
„ scalaria.....	(?)
„ rhombea.....	Born.
„ Ruffini.....	(?)
„ Adamsi.....	Shutlew.
„ unlobata?.....	Lamarck.
Cardita densata.....	(?)
Chama arcinella.....	Linnoeus.
Lucina reticulata.....	Lamarck.
„ divaricata.....	Linnoeus.
„ edentula.....	„
„ Pennsylvania.....	„
„ tigerina.....	„

Lucina Jamaicensis.....	Lamarck.
„ disciformis.....	„
„ tumida.....	(?)
Cardium magnum.....	Born.
„ muricatum.....	Linnoeus.
„ isocardia.....	„
„ (Loevicardium) serratum.....	„
„ af. medium.....	„
„ af. bullatum.....	„
Venus cribaria?.....	Conrad.
„ cancellata.....	(?)
„ mercenaria.....	Linnoeus.
„ (Chiono) cancellata.....	„
„ Listeri.....	Gray.
„ Mortoni.....	Conrad.
„ peroni.....	Lamarck.
„ af. Peruviana.....	(?)
Tapes af. literata.....	Chemnitz.
„ af. decussata.....	(?)
Dosinia discus.....	Reeve.
Tellina (macoma) contracta.....	(?)
„ punicea?.....	Born.
„ af. spectabilis.....	Hanley.
Perisploma af. aneoquivalvis.....	Schumacher.

PLIOCENO Y CUATERNARIO

Glyptodom mexicanus.....	Cuataparo et Ramírez.
Scelidoterium sp. (?).....	
Rhinoceros? occidentalis.....	Leidy.
Equus crenidens.....	Cope.
„ Taw.....	Owen.
„ playstylus.....	Cope.
„ Carcenai.....	„
„ excelsus.....	Leidy.
Platigonos alemani.....	Duges.
„ Compresus.....	Le Conte.
Auchenia minima.....	Leidy.
„ Castilli.....	Cope.
Holomenicus hosterus.....	Leidy.

Eschatus conidens.....	Cope.
Bison latifrons.....	Harl.
Aphelope sp. (?)	
Mastodon (Triphodon) Shepardi.....	Leidy.
„ (Tetralophodon) tropicus.....	Cope.
„ „ Andium.....	Cuvier.
Elephas (Euelephas) primigenius.....	Blumenbach.
„ („) Columbi.....	Falconer.

ROCAS ERUPTIVAS

En la era Cenozoica es cuando han tenido lugar en nuestro país las erupciones más variadas y más importantes de rocas ígneas, en el transcurso de esta Era se han repetido (?) en las diversas variedades de rocas, la mayor parte de los tipos de estructura de las rocas eruptivas de la serie que se ha considerado por una multitud de geólogos eminentes como pertenecientes a la serie antigua de rocas ígneas o precretácicas, dándole a nuestro territorio, el relieve que con poca diferencia conserva en nuestros días, y por último, son estas erupciones modernas las que vienen acompañando a la mayor parte de los criaderos metalíferos mexicanos cuya fabulosa riqueza, ha pasado a ser proverbial: estando también en relación con muchos de los yacimientos petrolíferos conocidos y explotados actualmente.

Esta interesante serie de erupciones de la era Cenozoica, parece inaugurarse con las inyecciones y derrames de lavas sieníticas, dioríticas hornbléndicas, dioritas cuarcíferas, diabasas y pórfidos silizosos, rocas que corresponden al grupo de los microgranulitas recientes, cuya época de aparición no está perfectamente determinada, pudiéndoseles asignar la antigüedad máxima de fines del Terciario.

Vienen en seguida las erupciones de las profirritas andesíticas, andesitas propilíticas, que algunos, con ciertos visos de razón, han considerado a estas rocas como pórfidos petrosilizosos, y que tal vez no son sino modificaciones debidas a las diferentes condiciones de enfriamiento de alguno de los tipos que se citaron en el párrafo anterior.

Al terminar el Mioceno, después de la aparición de las rocas anteriores, vinieron a la superficie, cortando a varias de las rocas ya citadas, las Andesitas de hornblenda que se extienden sobre vastas superficies de la Republica, principalmente en las regiones occidental y central, manifestándose en estas rocas tipos de estructura que se pueden referir al propilítico y al dacítico, aunque de este último tipo se han estudiado muy pocos ejemplares, los cuales no corresponden exactamente al verdadero tipo de las dacitas europeas.

Además de las andesitas de hornblenda se encuentran otras con mica, a las cuales tal vez correspondería la denominación de Andesitas Micacíferas.

Siguieron a las erupciones anteriores, diversos tipos de andesitas de augita,

que se pueden considerar como rocas de transición a las labradoritas, que son las rocas más abundantes entre las rocas eruptivas del Plioceno, siendo como las precursoras de las numerosas erupciones basálticas, que se presentan en casi todo el territorio de la República y cuya aparición más antigua (?) parece datar de fines del Plioceno, presentando todo su apogeo en el transcurso del Cuaternario.

Parece que por lo general, que después de las erupciones de las andesitas de hornblenda, han tenido lugar las erupciones de riolitas, que cortan en varias partes del país y principalmente en las regiones minerales a las andesitas, cubriéndolas en varias localidades; puede decirse que las riolitas se encuentran siempre en la proximidad de las andesitas, siendo de notarse las abundancias de ellas en la parte central, occidental y septentrional del país y su escasez relativa en la parte sur y en la oriental.

Los tipos de rocas traquíticas se presentan en algunos lugares del territorio mexicano, siendo sus características no muy claras, más bien participan de los caracteres de las andesitas, siendo por consecuencia estas traquitas, tipos de transición entre las dos especies de rocas, por lo que se les debe aplicar el nombre de traquiandesitas.

Acompañando a estas rocas se presentan brechas de rocas ígneas y tobas volcánicas, entre las cuales vienen en mayor o menor abundancia, según las localidades, las pómez y obsidias que corresponden a los estados enteramente vítreos de las rocas de que proceden, y además rocas de pasta vítrea sobre la cual se destacan cristales de feldespato que les dan el aspecto de pórfidos, por cuya razón, se les ha aplicado el nombre de vitrófros o pórfidos de base de piedra pez.

Se encuentran numerosos criaderos minerales armando en las andesitas de hornblenda y piroxena en relación con las riolitas, en casi todo el territorio de la República, cuyo estudio reclama mucha atención y al cual debe dedicar el Instituto Geológico de México sus mayores esfuerzos para iniciarlo bajo bases sistemáticas, pues hasta ahora sólo hay estudios aislados que sólo sirven para introducir confusiones en la interpretación de los fenómenos generales de la formación de los criaderos metalíferos del país.

PERIODO CUATERNARIO

Las rocas cuaternarias diluvianas, aluviales y lacustres son muy comunes en muchas de las localidades mexicanas, y se encuentran ocupando la parte superior de los valles en la Región Central del país, cubriendo grandes extensiones de las planicies de las costas en ambos océanos, generalmente en capas delgadas, pues dada la configuración general del territorio, que se encuentra surcada por un gran número de torrentes, la erosión se hace sentir con mucha energía sobre estas formaciones, que de ordinario, no presentan gran cohesión entre los ele-

mentos que las integran. Los depósitos en graderías o terraplenes se presentan en la parte norte del país en los valles estrechos o cañadas, como en el Valle de Fronteras y entre Sásabe y Altar, en el Estado de Sonora y en el Valle de México.

La distribución de los aluviones dentro del territorio ocupado por ellos no coincide con la dirección actual de los cursos de las aguas superficiales, se encuentran a niveles más altos a la derecha o a la izquierda de la madre o álveo por el que serpentean ahora las aguas de los diversos ríos, representando los depósitos de aluviones la serie de cursos divagantes antiguos que tenían estas aguas corrientes, el curso actual de casi todos los ríos mexicanos tienden todavía a divagar, debido a la disminución de pendiente y a su régimen torrencial.

Las rocas cuaternarias más recientes son barros o arcillas margosas y lechos de arenas y matatenas sueltas, por lo general basálticas o andesíticas; existe además una gran cantidad de tobas calizas—arcillosas que se conocen con el nombre local de caliches, en ciertos casos, estas tobas son mucho más puras y entonces se tiene la roca llamada travertino o caliza incrustante.

Existe otra multitud de rocas cuaternarias en pequeña cantidad y que no me tomo el trabajo de apuntar, por la sencilla razón de que la mayor parte de estas formaciones no tienen ninguna importancia para el asunto principal que me propongo tratar.

Lo que sí tiene una importancia capital son las erupciones abundantes de rocas del tipo de los basaltos que cortan y recubren superficialmente a las rocas de acarreo en varios lugares del país, y cuya influencia se ha hecho sentir sobre los materiales del subsuelo de una manera clara y evidente.

Afortunadamente yo voy a ocuparme de la geología del petróleo de México, y sólo por incidencia tendré que ocuparme de los criaderos metalíferos.

Partiendo de la idea que he tratado de desarrollar en el capítulo III de que el origen del petróleo es la transformación metasomática de los yacimientos carboníferos, ya sea en mantos, ya diseminados entre los componentes de las rocas sedimentarias en su origen o posteriormente por la acción sobre los estratos de las fuerzas diastrofíticas y tectónicas que han trastornado la posición primitivamente horizontal de las capas sedimentarias, bajo la acción química de las fuerzas exteriores modificadas por su paso al través de los estratos, que disocian al agua del criadero en sus dos elementos oxígeno e hidrógeno, que al combinarse con los diversos elementos químicos de la formación geológica, particularmente los materiales carbonosos, dan lugar a las reacciones generales y finales que constan en el cuadro esquemático, sólo tenemos que examinar los diversos terrenos que pueden contener carbón mineral, y las circunstancias especiales que concurren en la asociación de los estratos sedimentarios de las diversas rocas y las intrusiones de las rocas ígneas que pueden contribuir a la transformación del carbón fósil en hidrocarburos.

Los hechos han venido a poner de manifiesto que la opinión tradicional sostenida por una gran mayoría de geólogos, de que la República Mexicana carecía de combustibles fósiles y que por esta circunstancia no era posible que México se pudiera convertir en una nación manufacturera, teniéndose que limitar sus habitantes a la explotación de las materias primas, tanto minerales como agrícolas, que tan abundantes y variadas pueden producirse a un costo relativamente bajo; estando esta producción limitada por la capacidad de transporte de sus vías de comunicación y a la distribución de la población en los diversos Estados de la Federación; desgraciadamente la larga serie de luchas intestinas no ha permitido desarrollar nuestras vías de comunicación ni acelerar el desarrollo de las industrias extractivas, si esto se hubiera verificado hace unos cincuenta años, el puesto que México hubiera ocupado en la actualidad, no sería inferior al que ocupan actualmente los Estados Unidos.

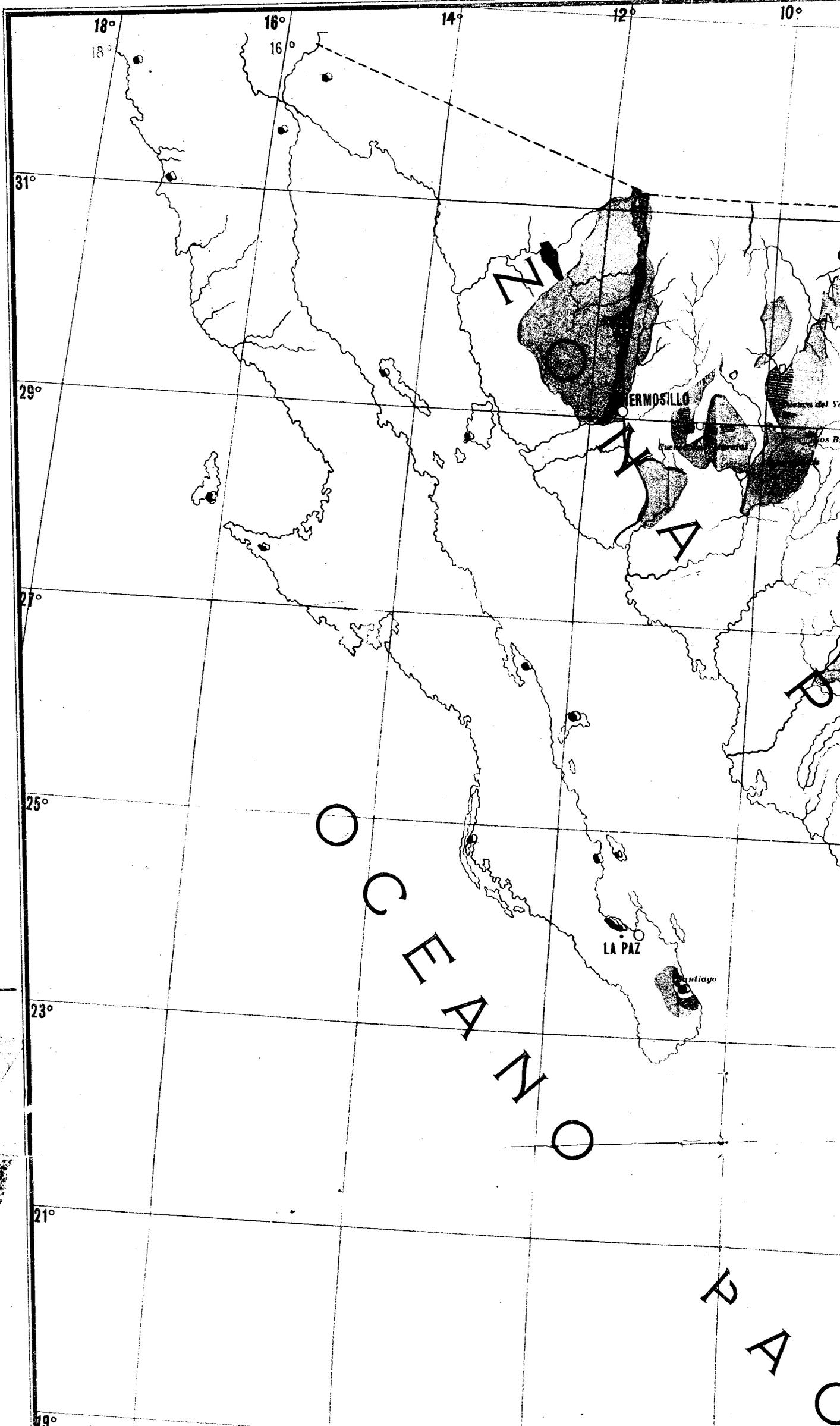
Según el Bosquejo Geológico que acabo de presentar calcado y corregido sobre el que publicó en 1897 Aguilera, calcado a su vez, sobre el que tenía escrito Antonio del Castillo, desde el año de 1880, resulta que exceptuando las formaciones de las rocas ígneas cristalofílicas que se consideran pertenecientes a las eras Arcaica y Paleozoica, en las que hasta hoy no se ha llegado a encontrar carbón, en yacimientos importantes bajo el punto de vista comercial, no siendo remoto que se lleguen a localizar posteriormente todas las formaciones sedimentarias conocidas a partir del Período Carbonífero, suelen contener con bastante frecuencia mantos de carbón, que pueden en algunos casos ser aprovechadas industrialmente, no sólo limitadas a las cuencas carboníferas que actualmente se explotan, sino a otras muchas, que apenas se han localizado someramente, a causa de la falta de vías de comunicación y a la falta de industria manufacturera, que sólo ha prosperado entre nosotros en las localidades que cuentan con medios fáciles de comunicación y caídas de agua fácilmente aprovechables. Hoy que hemos localizado algunas de las regiones petrolíferas, que se encuentran íntimamente ligadas con las formaciones carboníferas, podemos ensanchar nuestro horizonte y afirmar que contamos con inmensas cantidades de combustibles fósiles esparcidos en casi todo el territorio de la República Mexicana, que va a permitirnos en un lapso de tiempo no muy grande, transformar el modo de ser y la vida de nuestro pueblo, no contentándonos con pregonar solamente que México es un país excesivamente rico en recursos naturales, lo que está en contradicción con la falta casi absoluta de capital mexicano y los jornales bajos con que se remunera el trabajo de las clases asalariadas.

El plano que acompaño presenta la distribución probable de las áreas carboníferas y petrolíferas de la República Mexicana, estando marcados con tinta roja la parte de esos criaderos que han sido reconocidos, ya sea por obras de investigación, ya por explotaciones formales, las extensiones de estas áreas y su ubica-

ción se dan aproximadamente, pues los datos que tenemos en cartera están naturalmente incompletos y más bien son deducciones fundadas en la estructura geológica de los terrenos subyacentes. En esta determinación me he apartado completamente de la opinión del Barón de Humboldt y la de muchos de los miembros del Instituto Geológico en México, que tienen la idea de que los combustibles fósiles en las formaciones mexicanas se encuentran muy diseminados en lentes pequeñas y de escaso valor comercial, lo que respecto al petróleo ha resultado completamente falso en las regiones petrolíferas del Golfo, principalmente en el Estado de Veracruz. Tengo que hacer una advertencia, y es que no se vaya a tomar al pie de la letra la extensión de las áreas que he marcado en el plano adjunto, que sólo representa que dentro de ellas hay la posibilidad de que se encuentren yacimientos productivos de combustibles fósiles, pero de ninguna manera que toda la área sea comercialmente productiva, pues naturalmente deben encontrarse dentro de ellas una gran cantidad de terreno completamente estéril.

En los planos referentes a este asunto, que han salido en las publicaciones del Instituto, sólo se han limitado sus autores a marcar las localidades en donde no cabe la menor duda de que existen yacimientos de mayor o menor importancia comercial, comprobado por obras de exploración, cuando menos; pero como yo creo que la Geología tiene por objeto investigar y dar a conocer las probabilidades de la existencia de criaderos allí en donde no existen indicaciones superficiales, me he atrevido a señalar en una carta los lugares que en mi concepto deben investigarse para el descubrimiento de los yacimientos de combustibles fósiles, que son mucho más abundantes de lo que se ha supuesto generalmente. En esto no he hecho sino imitar el espíritu práctico del Visconde Jacques Dédrouin, que en el año de 1716, fundándose en la similitud de las formaciones geológicas de Bélgica con las que se encuentran al norte de Francia, no vaciló en emprender, luchando contra dificultades técnicas hasta entonces desconocidas, tiros profundos y muy costosos para llegar a alcanzar los mantos de carbón, que constituyen actualmente una de las grandes riquezas de Francia.

Villarello fue el primero que dividió el área comprendida entre la costa del Golfo y la Sierra Madre Oriental, limitada al norte por el Río Soto la Marina y al sur por el límite oriental de la cuenca del Río Coatzacoalcos, en las regiones de San José de las Rusias, del Sabino, de Tancasnequi del Ebano, de Tantoyuca, de Túxpam, de Papantla y la del Istmo de Tehuantepec; esta división no tiene nada de científica y sólo la ha adoptado para facilitar la exposición de su estudio, no habiendo incluido otras regiones petrolíferas como la de Jalcingo, Minatitlán, etc., que propiamente debemos considerar como divisiones geográficas convencionales. Redwood divide la zona petrolífera de los Estados del Golfo en tres grupos, abarcando una zona mucho más extensa, que llama yacimientos del norte, del Istmo de Tehuantepec y los del sur; este último comprende a los



GEOLÓGICO DE MÉXICO



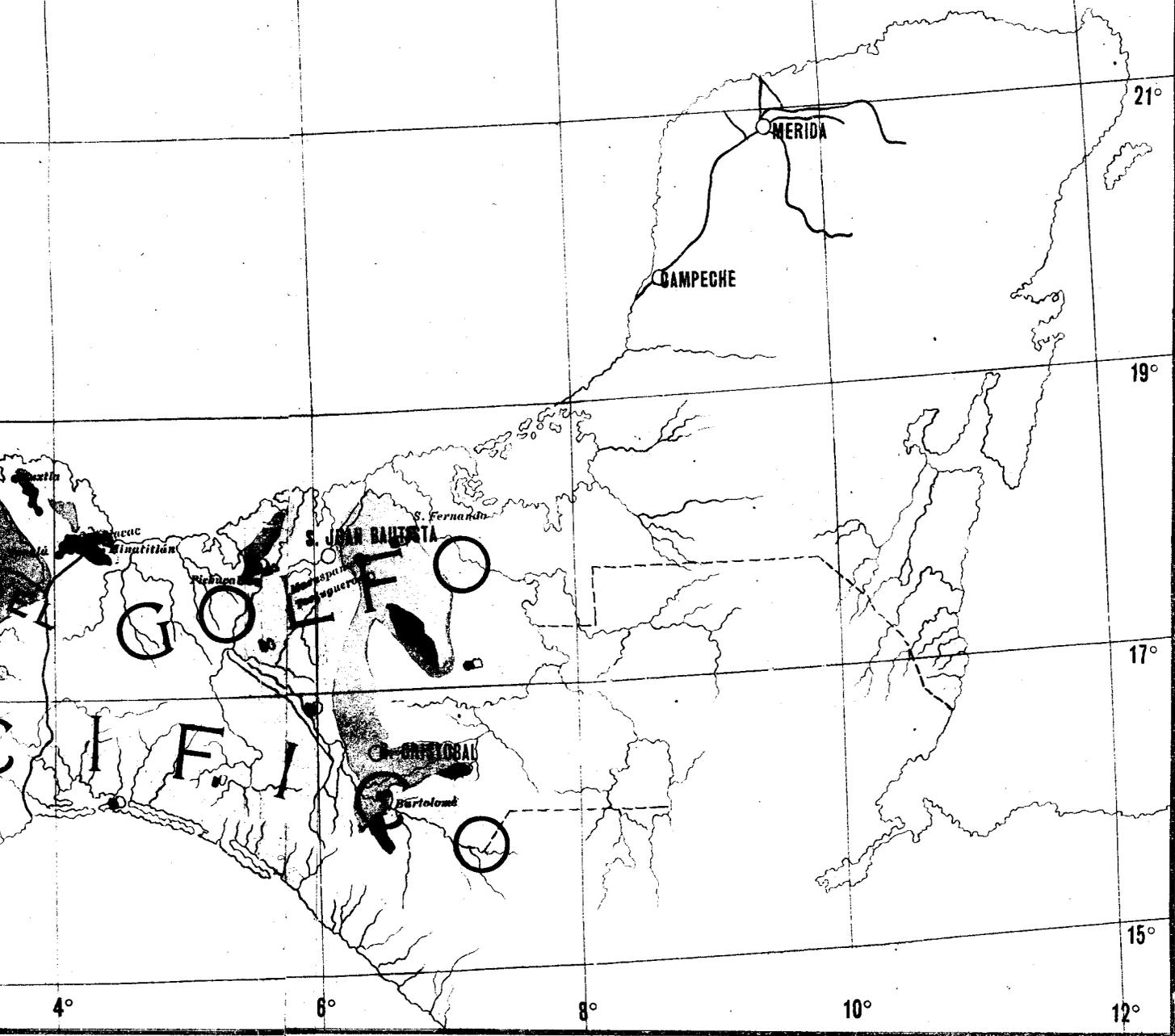


GOLFO
DE MÉXICO

MERIDA

CAMPECHE

GOLFO DE MÉXICO





10°

8°

6°

4°

2°

RECURSOS MINERALES

27°
25°
23°
21°
19°
17°
15°

O
C
E
A
N
O

P
A
C

LA PAZ

Santiago

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS CRIADEROS

MINAS DE CARBON DE PIEDRA 
POZOS DE PETROLEO Y CHAPOPOTE 

ESCALA A 5.000,000

-  TERRENOS PETROLIFEROS PROBABLES
-  TERRENOS PETROLIFEROS EXPLORADOS
-  TERRENOS CARBONÍFEROS PROBABLES
-  TERRENOS CARBONÍFEROS EXPLORADOS

16° 14° 12° 10°

que se encuentran en los Estados de Chiapas y Tabasco; los primeros conteniendo la faja de terrenos costeros limitada al norte, por el Río Bravo; al sur, hasta el Río de Tecolutla; al oriente, por la costa del Golfo; y al poniente, por la Sierra Madre Oriental; el segundo comprende todo el Istmo de Tehuantepec, y el tercero los Estados de Chiapas y Tabasco, esta última subdivisión es mucho más sencilla que la de Villarello, pero adolece del mismo defecto, es decir, sólo es una división geográfica, aunque se acomoda mucho mejor para la descripción general que la ideada por Villarello.

La división de los criaderos en grupos se debe hacer, pero puesto que se trata de un estudio geológico, debe hacerse según mi entender, apoyándose en caracteres geológicos o cuando menos morfológicos, cosa que no se puede hacer todavía definitivamente, por la falta de datos y de estudios detallados, aunque de una manera general se puede decir, que los criaderos petrolíferos se encuentran dentro del territorio de la República Mexicana esparcidos dentro de las áreas de los terrenos sedimentarios marinos, que se clasifican como pertenecientes a las eras Paleozoica, Mesozoica y Cenozoica, en donde haya por lo menos indicios de haber existido o que existan huellas de substancias carbonosas diseminadas o en mantos más o menos poderosos, siempre que las capas sedimentarias se encuentren actualmente o hayan estado en épocas anteriores en relación con rocas volcánicas intrusivas, y sea interestratificadas bajo la forma de lacolites, chimeneas, tubos de erupción o de mantos extensos superficiales de lavas. Estas lavas pueden haber sido, principalmente cuando se han encontrado expuestas en la superficie del terreno, atacadas por los agentes atmosféricos y por los de erosión y haber desaparecido total o parcialmente, pero siempre se encuentran huellas de que han existido, mientras que las rocas intrusivas que permanecen enterradas entre los estratos sedimentarios no sólo son atacadas por las aguas freáticas y presentan alteraciones fáciles de determinar; sino también en la acción de las fuerzas exteriores modificadas por su paso y acumulación en la masa de las rocas del subsuelo, tanto sedimentarias, como de origen ígneo, exactamente como las fuerzas que, según mi opinión, han contribuido a la formación del petróleo, en algunos casos sufren un metamorfismo tan completo que las hace aparecer como distintas de la lava a que deben su origen.

Las rocas básicas parecen tener una gran influencia por su presencia en los criaderos carboníferos para efectuar la transformación del carbón o de las substancias petrolícas en hidrocarburos, como se observa principalmente en los yacimientos petrolíferos de *El Ebano*, *Cerro Azul*, *Juan Casiano*, *Furbero*, *Pánuco* y otros varios que es inútil citar; en cambio, hay otros yacimientos como el de *Potrero del Llano*, *San Pedro*, *Valles*, etc., etc., en donde esta influencia falta aparentemente, pero en realidad ha existido aunque de los registros de las perforaciones que se conocen actualmente, que desgraciadamente permanecen en su

mayoría archivados secretamente por las compañías interesadas, que sólo proporcionan los datos de los encargados de hacer el trabajo de las perforaciones, pero nunca la clasificación científica de las rocas atravesadas, lo que es de una importancia capital para el estudio de las regiones petrolíferas de que nos estamos ocupando no se hayan encontrado en la profundidad sino en casos muy raros.

Esta falta aparente de rocas intrusivas en los registros de las perforaciones publicados, se debe principalmente al hecho ya observado de la evolución de la materia, bajo la influencia de las fuerzas exteriores, que por su paso al través de los estratos, se convierten en fuerzas químicas que producen el metasomatismo de las rocas y minerales que se encuentran en el subsuelo, las rocas volcánicas básicas se transforman en el interior de la corteza, con mucha rapidez, en rocas arcillosas, separando a la siliza y al fierro que se van disolviendo en las aguas freáticas cargadas de álcalis y tierras alcalinas que han disuelto, además, del óxido y bióxido de carbón contenido en la atmósfera, y los que también resultan de la descomposición de las materias orgánicas en putrefacción que se encuentran sobre toda la superficie de la tierra y en el seno de las aguas dulces y marinas, apareciendo las rocas intrusivas en los terrenos atravesados por las perforaciones, como capas o lentes de arcillas más o menos impuras, o bajo el aspecto de margas al cargarse de carbonato de cal, carbonato que debe su origen a las capas calizas de la formación, el cual también se disuelve en las aguas que contienen el bióxido de carbón disuelto, y que al impregnar a las arcillas, se une a éstas constituyendo unos compuestos hasta ahora no bien definidos, que designamos con el nombre de margas, etc., etc., rocas que no son atacables fácilmente por el bióxido de carbón como los carbonatos de cal de las calizas puras.

Esta es una de las fases de la evolución de las rocas, que entra en la serie de fenómenos que Le Bon ha estudiado, en lo que él llama evolución de la Materia, la cual se debe llevar en cuenta al interpretar los fenómenos geológicos, pues de otra manera, no se estudia el mecanismo de la Naturaleza, sino los resultados hasta el momento de la investigación. Esta es la explicación más plausible que se puede dar respecto a la curiosa formación en lentes de arcillas y margas imbricadas que se observan en los cortes del ferrocarril de San Luis a Tampico entre las estaciones de Micos y Abra de Caballero, esto respecto a las rocas volcánicas interestratificadas, en cuanto a los diques y chimeneas o tubos de erupción, se verifica algo semejante, por lo que es sumamente difícil, sin acudir a ciertos artificios, como el que yo he empleado de la *fotografía por medio de pantallas*, determinar la posición de estos diques que son muy numerosos en la región petrolífera de Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí e Hidalgo, que he tenido oportunidad de estudiar personalmente; sólo algunos de estos diques, muy pocos por cierto, han escapado al metasomatismo ya apuntado, como los que aparecen en la figura 2 del trabajo de Huntley, que se encuentra al principio de esta obra; pero

hay que advertir que los sondeos que se han hecho cerca de estos diques volcánicos, no presentan en el registro señales de su continuidad a la profundidad, por cuya razón muchos de los geólogos que se han ocupado sobre el estudio de estos diques, niegan que sean verdaderos diques, sino más bien corrientes de lavas que han llenado cauces profundos de ríos, barrancos excavados por las corrientes superficiales en terrenos poco coherentes, como son la mayor parte de las formaciones del Terciario y del Cretácico Superior. En cuanto a las grandes fallas que se señalan en el mismo plano, no están perfectamente comprobadas, aunque provisionalmente se puede admitir su existencia.

Como se ve, en el croquis sobre la distribución de los criaderos carboníferos y petrolíferos que he formado, fundándome en los datos acumulados y en las semejanzas de constitución geológica de los terrenos, parecen existir, de acuerdo con los rasgos orográficos generales del territorio nacional, tres zonas principales en donde los yacimientos de esta naturaleza y los de minerales de hierro que deben encontrarse asociados, que por razones especiales no me he permitido hacer figurar en el plano de referencia, presentan entre sí diferencias poco marcadas hasta ahora, pero que se irán en contrando a medida que se hagan estudios más precisos; estos yacimientos se encuentran casi siempre dentro de las áreas ocupadas superficialmente por las formaciones Cretácicas, Terciarias y Cuaternarias, aunque en estas últimas formaciones realmente no se encuentren los criaderos petrolíferos propiamente dichos, pues más bien solo los cubren, con capas de poca potencia; sino acumulaciones de petróleo esporádicas o secundarias como las llama Villarelló a las acumulaciones petrolíferas por emigración de los hidrocarburos que no son acumulaciones primarias entre las cuales se han encontrado y se encuentran en relación más o menos lejana mantos de carbón, no sólo en México sino en casi todos los países del Globo. Entre las capas pertenecientes al Cuaternario, sólo se encuentran en muy raras ocasiones, las acumulaciones esporádicas petrolíferas de que he hecho mención en el párrafo anterior, de muy escasa importancia, que provienen de las formaciones más profundas del Jurásico, Cretácico y Terciario, que contengan o hayan contenido entre sus estratos lechos de carbón o rocas sedimentarias mezcladas con sustancias carbonosas, como pizarras y calizas, carbón que en las circunstancias especiales del criadero se transforma en hidrocarburos petrólicos.

Siendo muy raras y de poca extensión, al menos superficialmente, las áreas Jurásicas y las Carboníferas dentro del territorio nacional, no me ha parecido oportuno el ocuparme de ellas, aunque es más que probable, que dentro de ellas puedan encontrarse yacimientos carboníferos y petrolíferos de importancia comercial.

Las tres zonas principales a que he hecho referencia, están separadas por las dos cadenas de montañas principales de las sierras madres Oriental y Occiden-

tal, y subdivididas por las cadenas de motañas secundarias, cuya dirección aproximada es de oriente a poniente, menos en la región ístmica en donde las direcciones de los macizos principales corren de oriente a poniente y los secundarios de norte a sur.

La zona petrolífera que podemos llamar del Golfo, está limitada al oriente en la tierra firme, pues es indudable que se extiende debajo del mar lo mismo que la del Pacífico por la línea de costa del Golfo, hasta el puerto de Coatzacoalcos o Puerto México, siguiendo con diversas direcciones las costas de Tabasco, Campeche y Yucatán, para entrar al mar de las Antillas hasta la colonia inglesa de Belice, aparecen principalmente las diversas formaciones del Terciario recubiertas cerca de las costas por una faja estrecha de formaciones cuaternarias, interrumpida en las costas orientales y occidentales de la península yucateca, en donde aparecen las formaciones claras del Terciario, como puede verse consultando la Carta Geológica de la República Mexicana anexa.

En la zona petrolífera central, que ocupa la región de las mesas comprendidas entre las dos Sierras Madres, las formaciones predominantes son las Cretácicas, recubiertas en una buena parte por formaciones Cuaternarias de muy escasa potencia, presentando varias áreas muy diseminadas de formaciones que se han llegado a clasificar como pertenecientes al período Jurásico y manchones diseminados de rocas volcánicas modernas, que presentan un gran parecido con las formaciones volcánicas de los terrenos costeros del Golfo, en donde se han encontrado los grandes yacimientos petrolíferos del Golfo, en el cantón de Tuxpam con especialidad.

En esta región central no se han hecho sino muy pocos descubrimientos de criaderos carboníferos, y apenas se sospecha la existencia del petróleo, aunque los datos sobre la geología de sus formaciones, tienden a crear la convicción de que deben existir en gran número, aunque su importancia como productores de hidrocarburos fósiles, no sea tan extraordinaria como la de los criaderos situados en los terrenos costeros del Golfo; en cambio, los yacimientos metalíferos de toda especie, son muy abundantes y ricos en la gran área ocupada por las rocas volcánicas, presentando cierta relación que me propongo demostrar en otro trabajo, con la desaparición de las grandes acumulaciones de combustibles fósiles que debieron existir entre los estratos sedimentarios de las formaciones de los períodos Terciario, Cretácico, Jurásicos y Triásicos, en las que arman las acumulaciones metalíferas en determinados lugares, concentrando las partículas metálicas que se encontraban diseminadas en las rocas sedimentarias y en las ígneas. Esta diseminación de los minerales metálicos en las rocas, ha sido ya demostrada por el resultado de los análisis delicados, que se han hecho sobre todas las rocas del mundo entero; verificándose la acumulación o mejor dicho concentración, por lo menos en nuestro país en criaderos metalíferos de importancia, en las zonas

en donde se encuentran los macizos montañosos integrados por las andesitas, riolitas, dioritas y diabasas, etc., etc., presentándose igualmente los criaderos metalíferos armando en calizas y pizarras, habiéndose confundido muchos de estos fenómenos con los sulfatarianos e hidrotermales, que si se verifican realmente, son secundarios y no han llegado a producir sus efectos sino en escala muy pequeña, insuficiente para explicar la formación de los grandes yacimientos minerales que conocemos y explotamos bajo el nombre de vetas, mantos y criaderos irregulares, etc., etc., metalíferos.

La zona petrolífera del Pacífico, comprendiendo en ella la Península de la Baja California, se encuentra comprendida entre las faldas occidentales de la Sierra Madre Occidental y las costas del Océano Pacífico, presenta en su estructura geológica caracteres muy semejantes a la de las dos zonas, la del Golfo y la Central, como puede verse, consultando la Carta Geológica; predominando desde el Puerto de Manzanillo, con dirección al norte, y en todo el Golfo de Cortés o de la Baja California, las formaciones Cuaternarias, que como ya he dicho antes, al referirme a la zona del Golfo, no tienen una gran potencia, encontrándose a corta profundidad las formaciones del Terciario; estas últimas formaciones se presentan a la superficie con sus caracteres claros en varias partes de la Península de la Baja California, especialmente al norte de la Paz y en las islas y faja de costas continentales comprendida entre las Islas de La Magdalena y las Islas de San Benito, Cedros y Natividad; al sureste de Manzanillo aparece una gran área de terrenos Cretácicos, limitados por una grande extensión de terrenos graníticos, en donde abundan las Monzonitas, las Dioritas, etc., que se extiende hasta la costa del Pacífico, continuándose esta formación de rocas ígneas y cristalofilianas, siguiendo la línea de costa se introduce tierra dentro ocupando una gran parte del territorio de los Estados de Oaxaca, Guerrero, hasta llegar al oriente del Puerto de Salina Cruz en donde aparecen de nuevo las formaciones Cuaternarias. En el Estado de Chiapas las formaciones Cretácicas predominan sobre las cuaternarias y cristalofilianas, habiendo una gran faja de formaciones Triásicas y una área de formaciones que se ha clasificado de Devónicas?.

En esta zona apenas si se han hecho hasta ahora algunos descubrimientos de yacimientos petrolíferos que indudablemente deben existir en Sonora, Sinaloa, Tepic, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Chiapas; en todos estos Estados se han encontrado algunos yacimientos de carbón en relación más o menos lejana con las erupciones de rocas volcánicas de las series modernas y antiguas, que según la teoría que yo he desarrollado en este trabajo, hacen sospechar la existencia de yacimientos petrolíferos; estos yacimientos actualmente ignorados, llegarán a ser conocidos y explotados cuando el desarrollo de las vías fáciles de comunicación se verifique, y el aumento creciente en el consumo de combustibles en nuestras futuras industrias, haga necesario la investigación de nuevos yacimien-

tos de combustibles fósiles, tanto bajo la forma de carbón de piedra como de hidrocarburos.

En el párrafo anterior he dicho que se han encontrado algunos yacimientos de carbón en relación más o menos lejana con las erupciones de rocas volcánicas, y esta frase necesita una explicación para impedir una mala interpretación de los numerosos geólogos que no estén al tanto de las modificaciones que han sufrido las nuevas teorías geológicas del siglo XX; pues encierra una cuestión sobre el origen de las rocas volcánicas y sobre el mecanismo de los fenómenos volcánicos en general, que en el estado actual de nuestros conocimientos es bastante obscuro.

Para esto hay que remontarse al origen de la Tierra, pero como esto nos llevaría demasiado lejos, me limitaré a hacer constar que la corteza terrestre, hasta donde han llegado las investigaciones del hombre, parece formada por terrenos sedimentarios y formaciones ígneas y cristalofílicas, esos dos últimos grupos, por lo menos, aparecen en la superficie ocupando una área que se puede estimar en la cincuentava parte de la superficie total de las tierras firmes y en menos de la centésima parte de la inmensa superficie ocupada por las aguas marinas.

Los antiguos geólogos como Werner y Cordier, sostenían que el subsuelo sobre el que se apoyan y extienden los terrenos sedimentarios propiamente dichos; estaba constituido por gneises, pizarras cristalofílicas y granitos, sobre cuyo origen estaban en desacuerdo; pues mientras que los primeros que siguen a Werner o sea la escuela alemana, sostenían la teoría Plutónica, los segundos que pertenecen a la escuela francesa, se declaraban partidarios de la teoría Neptuniana. Los estudios modernos sobre las rocas ígneas han venido a poner de manifiesto que ambas teorías sólo contienen una parte de la verdad y por consecuencia son deficientes, resultando inútiles si admitimos el origen planetesimal de la Tierra, que en mi concepto es la teoría más completa que conozco y reasume la mayor parte de los datos científicos que poseemos actualmente sobre la formación y origen de nuestro planeta, desechando por completo el principio del Calor Central, que es el que ha dado el punto de apoyo a todas las divergencias en la interpretación de los fenómenos geológicos, cuyos efectos o resultados se presentan en las diversas formaciones que constituyen el conjunto que denominamos corteza terrestre, hasta donde nuestros medios de observación o investigación nos ha permitido estudiarla materialmente.

Se admite generalmente, que las rocas volcánicas modernas, cuando menos, provienen de una profundidad no muy grande, resultando de la acción del calor sobre las rocas preexistentes, que en su mayoría son sedimentarias desde la era Paleozoica hasta la actual, efectuándose en la masa fundida una especie de licuación imperfecta de las diversas especies mineralógicas, cuyo conjunto constitu-

yen los diversos tipos de rocas ígneas, que se subdividen a su vez por la textura que adquieren, según las condiciones bajo las cuales se hizo su solidificación, influyendo en esto la presión a que se encontraron sometidas y la lentitud de enfriamiento.

De lo anterior resulta que el verdadero origen de las rocas ígneas no difiere esencialmente de las sedimentarias, puesto que depende única y exclusivamente de la existencia de la Materia, o si se quiere del conjunto de los cuerpos simples que se encuentran formando la Masa de nuestro planeta al estado de combinaciones estables, pues los cuerpos simples o nativos que se encuentran en la naturaleza son muy raros y escasos; en su gran mayoría, resultan de fenómenos de disociación, como pasa con el oro, la plata, el plomo, el fierro, etc., etc.

El mecanismo del paso de las rocas sedimentarias a rocas ígneas, se ha atribuído hasta ahora a la fusión hidrotermal, efectuada por la intervención del calor central, fundándose en una serie de experiencias de laboratorio que han sido reunidas principalmente por Daubrée y apoyándose en la ley de variación del grado geotermal; hoy parece acentuarse la opinión de que el calor interno de la Tierra se debe a la acción de los materiales radioactivos de una multitud de cuerpos que se encuentran diseminados entre los materiales sólidos, líquidos y gaseosos que constituyen la corteza terrestre y la atmósfera.

Ninguno de los metales radioactivos (?) se ha llegado a encontrar al estado nativo, ni tampoco se ha logrado obtener en el Laboratorio al estado metálico, sino bajo la forma de compuestos; estos compuestos se encuentran ampliamente distribuídos en las rocas que integran la costa terrestre, encontrándose prácticamente en todas ellas, en las aguas y en la atmósfera; pero esta amplia distribución, no es uniforme, sino que se presentan casos en donde se nota una gran tendencia a su concentración. Strutt ha emitido la opinión de que deben considerarse a las rocas ígneas como las más aptas para verificar esta concentración, suscitándose un problema sobre la manera de como las rocas ígneas hayan llegado a cargarse de materiales radioactivos, en mi concepto, ya emitido en el capítulo IV; las rocas volcánicas son los transformadores y acumuladores naturales y más poderosos de la energía radiante que se encuentra en todo el Universo; pues yo niego que la materia por sí sola sea capaz de producir energía, y sólo le concedo la propiedad de transformarla en fuerza activa y poder acumularla hasta cierto límite de tensión.

Se sabe de una manera cierta que las intrusiones y extrusiones de rocas volcánicas, se han verificado desde las edades geológicas más remotas y se siguen verificando en la actualidad. Uno de los hechos que se consideran extraordinarios, según la corriente de ideas antiguas, es la presencia de grandes masas de rocas intrusivas volcánicas en las formaciones de los terrenos de la era Arcaica, y en las eras subsecuentes, los fenómenos bathiolíticos han llegado a adquirir

proporciones sumamente grandes. La extrusión de las rocas fundidas en la superficie de las formaciones sedimentarias, es un fenómeno sumamente común a fines del Período Terciario y actualmente se verifica en muchos lugares del globo; probablemente la erosión y el mesomatismo han hecho desaparecer hasta las huellas de la existencia de las rocas volcánicas superficiales de las formaciones más antiguas, contribuyendo también a efectuar esta desaparición de las rocas volcánicas intrusivas los fenómenos ya apuntados, y por eso se han considerado como relativamente escasas en las eras Mesozoica y Paleozoica. Estas rocas volcánicas así como las sedimentarias sobre las que la erosión que ha obrado sobre ellas por un largo período de tiempo, han suministrado una gran parte del material de los terrenos sedimentarios más modernos, así es que el origen tanto de las rocas sedimentarias, como el de las volcánicas y cristaloífilas debe ser el mismo, y sus propiedades radioactivas (?) semejantes.

En la zona central del territorio mexicano y levantándose sobre la gran área de las formaciones Cuaternarias, nos encontramos con una gran formación de rocas volcánicas que se han clasificado como habiendo aparecido a la superficie durante el Período Terciario, constituyendo la mayor parte de los macizos montañosos que surcan en varias direcciones el territorio, pero especialmente las cadenas montañosas que se conocen entre nosotros como integrando a la gran cadena de montañas de la Sierra Madre Occidental; estas erupciones han hecho desaparecer hasta cierta profundidad a las formaciones del Mesozoico que es probable ocupaban esos lugares; ahora bien, como entre los estratos de las rocas sedimentarias del Mesozoico se han de haber encontrado mantos de carbón, y éstos han desaparecido, siguiendo el orden de ideas que he tratado de exponer en el capítulo anterior, no me parece aventurado afirmar que esos estratos o mantos de substancias combustibles, hayan contribuído a la transformación de los materiales estratificados sedimentarios en lavas, puesto que para que esto se verifique, sólo es necesario que en el subsuelo y en contacto con los combustibles fósiles, carbón e hidrocarburo, haya la suficiente cantidad de oxígeno para transformar el carbón y el hidrógeno en bióxido y protóxido de carbón y agua, es decir, volverlos al estado primitivo a que se encontraban en la atmósfera, aprovechando la energía calorífica desarrollada, en la fusión de los materiales pétreos convirtiéndolos en lavas, vapor de agua, bióxido de carbón, etc., etc. El carbón y el agua que se encontraban inmovilizados por largos períodos geológicos entre los estratos de las rocas sedimentarias, vuelven a entrar de nuevo por este mecanismo, en el ciclo de la vida orgánica, demostrándose así de una manera palpable las armonías de la Naturaleza, y el ciclo constante de las transformaciones de la materia que para el estudio de la geología no está dividida en los reinos Mineral, Vegetal y Animal sino que forman uno solo.

En el capítulo VI me voy a ocupar en el estudio de los yacimientos petrolí-

feros de la Zona del Golfo de México, lamentando que no se hayan podido reunir los datos suficientes para hacer un estudio detallado, que ponga en claro una multitud de los problemas geológicos, que se presentan a cada paso en la explotación de los yacimientos, pero a pesar de esto, creo que será de alguna utilidad y podrá completarse en un futuro próximo.

FIN DE LA PRIMERA PARTE

FE DE ERRATAS MAS NOTABLES

Páginas	Dice	Debe decir
5.....	Túxpan.....	Túxpam
10.....	tambian.....	también
13.....	equinodermus.....	equinodermos
15.....	del Coatzacoaleos.....	de Coatzacoaleos
16.....	medias aguas.....	Medias Aguas
20.....	pero no son porosas.....	que no son porosas
23.....	de gran valor.....	de poco valor
29.....	14 barriles.....	14.000 barriles
30.....	Las explotacios.....	Las explotaciones
31.....	disminución.....	diminución
33.....	como decimos.....	tres décimos
34.....	de suponer.....	hace suponer
35.....	tiene 21° Bé.....	tiene una densidad de 21° Bé
40.....	aumento de comparidad.....	aumento de compacidad
43.....	prodnctor de aceites.....	productor de aceites
44.....	actualmente.....	actualmente
45.....	tiene un desarrollo.....	tienen un desarrollo
47.....	formarión.....	formación
48.....	en la acumulación.....	a la acumulación
49.....	esta área.....	esta área petrolífera
51.....	Cárdenas.....	Calizas de Cárdenas
52.....	se presentan.....	se prestan
56.....	emigración del aceite.....	emigración parcial del aceite
60.....	potróleo.....	petróleo
65.....	La insignificancia.....	siendo la insignificauca
65.....	por falta de industria.....	por falta de Industria una rémora para su desarrollo
73.....	1.5 de nafta.....	1.5 por ciento de nafta
76.....	seterminaron.....	se terminaron
83.....	que se llegaron.....	que llegaron
86.....	privilegio.....	privilegio
88.....	dificites.....	dificits
92.....	individuo a corporación.....	individuo o corporación
99.....	oloductos.....	oleoductos
101.....	como las.....	como en las
109.....	hidrocarburos.....	carburos
110.....	diatormneas.....	diatomeas
112.....	Jurástico.....	Jurásico
117.....	verticales.....	horizontales
117.....	los cuales.....	las cuales
126.....	Lepidodembros.....	Lepidodendros
140.....	ya.....	y a
142.....	como que.....	cuando
144.....	Phiscae''.....	Phiscae''
146.....	e.....	el
155.....	eneptivas.....	eruptivas
159.....	alta de mejores.....	falta de mejores
201.....	las abundancias.....	la abundancia
205.....	también en.....	también por

COLOCACION DE LAS ILUSTRACIONES

	Página
Lámina I.....	6
Lámina II.....	9
Lámina III.....	15
Figura 1.—Croquis de los terrenos petrolíferos.....	29
Figura 2.—Esquema Geológica General, etc.....	30
Figura 3.—Plano del yacimiento de Pánuco.....	35
Figuras 4 y 5.—Cortes.....	38
Figura 6.—Plano de una porción de los terrenos petrolíferos de México.....	39
Figura 7.—Sección Geológica Diagramática.....	40
Figura 9.....	41
Figuras 8, 13 y 14.....	42
Figuras 10, 11 y 12.—Secciones de Rocas.....	44
Figuras de 1 a 6.—Degolyer. Campo de Furbero.....	49
Vista del Muelle de la Compañía de “El Aguila”.....	50
Vista del Muelle de la Compañía de “El Aguila” en Pánuco.....	56
Vista de los Pozos de “La Corona” en Pánuco.....	60
Cuadro gráfico de la producción de petróleo.....	63
Muelle de “El Aguila” en Pánuco.....	74
Tanque de almacenamiento de la “Santa Fe Co.”.....	76
Embarcadero de la “Penn Mex Fuel Co.”.....	78
Campo Petrolífero de Topila.....	81
Una calle de la Ciudad de Tampico.....	82
Muelle sobre el Río Pánuco.....	84
Barco-tanque, carros-tanques, vista panorámica de Juan Casiano.....	86
Pozos en el campo de Topila.....	88
Trampa para separar el aceite.....	90
Trampa para separar el aceite.....	92
Torre empleada para la perforación de pozos.....	94
Campo petrolífero de Topila.....	96
Gran pozo brotante de Cerro Azul No. 4.....	98
Incendio de petróleo.....	100
Gran pozo brotante de Cerro Azul No. 4.....	102
Gran pozo brotante de Potrero del Llano.....	104
Cuadro esquemático.....	154
Plano Geológico de la República Mexicana (Saldrá en la segunda parte de esta obra).....	157
Plano Orográfico de la República Mexicana.....	157
Perfil de México al Paso del Norte, perfil del camino de San Blas a Veracruz, perfil del camino de Toluca a Los Placeres, perfil de Manzanillo a Zapotlán, Perfil de Nochistlán a San Blas, perfil de Axtlán a Guadalajara.....	159
Corte transversal de México según el paralelo de 25°, corte transversal de México según el paralelo de 23°, corte transversal de México según el paralelo de 21°, corte transversal de México según el paralelo de 19°.....	169
Distribución geográfica de los criaderos de carbón y petróleo.....	204

INDICE DE LA PRIMERA PARTE

	Página
Advertencia.....	3
Sinópsis del Boletín Núm. 23 del Instituto Geológico de México "Regiones Petrolíferas de México" (J. D. Villarelo).....	5
Extracto sobre los Yacimientos de Petróleo en México (Boverton Redwood).....	22
Observaciones sobre este artículo.....	24
Extracto sobre el artículo "Ejemplos Probables de Tubos de Erupción" (Ezequiel Ordóñez).....	25
Extracto sobre el artículo "Campos Petrolíferos Mexicanos" (L. G. Huntley).....	28
Extracto sobre el artículo "El Campo Petrolífero de Furbero" (E. Degolyer).....	45
Extracto sobre el artículo "La Región Petrolífera del Noreste de México" (V. R. Garfias).....	50
Extracto sobre el artículo "Yacimientos de Petróleo en el Oriente de México" (E. T. Dumble).....	57
El Petróleo en la República Mexicana	
Introducción.....	60
Capítulo I. Parte Histórica.....	62
Capítulo II. Porvenir de la Industria Petrolera Mexicana y su Influencia en el Desarrollo Industrial de la República.....	83
Capítulo III. Origen del Petróleo.....	104
Capítulo IV. Fuerzas que Intervienen en el Depósito de los Materiales Orgánicos, para su acumulación y transformación en Petróleo.....	122
Capítulo V. Geología de los terrenos Petrolíferos Mexicanos.....	155
Fe de erratas más notables.....	214
Colocación de las Ilustraciones.....	215