## CAPITULO IV.

Fuerzas que intervienen en el depósito de los materiales orgánicos para su acumulación y transformación en petróleo

En el capítulo anterior he discutido, en lo general, la posibilidad de que sean los materiales orgánicos vegetales principalmente, las que por un fenómeno de metasomatismo se transforman en hidrocarburos petrólicos, bajo la denominación de origen de las formaciones petrolíferas, sin haber tocado realmente al origen del petróleo, acomodándome a una especie de convención tácita de todos los autores que tratan esta cuestión bajo el punto de vista de la geología, pues los únicos que se han acercado en sus teorías al verdadero origen del petróleo, son los que han concebido las teorías químicas, aunque no se han llegado a descartar de introducir en sus reacciones algunos de los cuerpos compuestos, carburos, acetilenuros, bióxido de carbón, agua, metales, etc., que en concepto de ellos deben existir entre los materiales que se encuentran en la corteza terrestre; siendo indudable que la formación de los hidrocarburos se debe a la unión del carbón y del hidrógeno puestos en presencia, bajo ciertas condiciones, interviniendo las fuerzas naturales que son capaces de provocar las reacciones para que resulten los compuestos hidrocarburados, cuya mezcla constituyen los petróleos crudos que se conocen actualmente.

Para dar una teoría fundada sobre el origen del petróleo, no sólo se debe atender a las reacciones que los químicos verifican ordinariamente en sus laboratorios, poniendo en presencia diversos cuerpos, muchos de los cuales no existen entre los cuerpos nativos o compuestos en la Naturaleza, o si existen no se encuentran puros, sometiéndolos a la acción de las fuerzas conocidas, que ellos saben emplear y medir, sino que hay que profundizar aún más las causas de las diversas transformaciones de los elementos, que en el estado actual de adelanto de la ciencia consideramos como cuerpos simples; el misterio de la vida permanece envuelto en la obscuridad más profunda, a pesar de todos los resultados sorprendentes que los químicos modernos han obtenido en sus experiencias de síntesis, por medio de las cuales han llegado a obtener muchos de los compuestos que parecían producto exclusivo de los cuerpos vivos vegetales o animales, en los cuales obran otras fuerzas distintas de las que los sabios disponen en los laboratorios y emplean en sus experiencias; esto quiere decir que no son enteramente comparables los productos naturales con los artificiales y, por consecuencia, las

deducciones que se hacen equiparándolas por completo, para desarrollar una teoría geológica, es una falta de sindéresis que peca contra los principios de la lógica; estas consideraciones explican la diversidad de opiniones sobre el origen probable del petróleo, las opiniones emitidas hasta hoy, son en varios puntos contradictorias, sólo se sostienen bajo la autoridad científica de sus autores, que es de mucho peso para los que no tienen los tamaños para investigar la materia por sí mismos y aceptan sin escrúpulo la del sabio a quien más se inclinan sus simpatías. Antes de abordar una cuestión tan dificil como es el mecanismo por medio del cual la materia orgánica muerta (?) se ha llegado a transformar en hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos de las series del petróleo, después que ha permanecido durante un período más o menos largo de tiempo depositada entre los estratos sedimentarios, bajo la forma de carbón fósil o de rocas fuertemente impregnadas de substancias carbonosas, explicando al mismo tiempo el por qué de que en un mismo yacimiento no se encuentra la totalidad del material carbonoso fósil transformado en hidrocarburos petrolícos, sino que en algunas partes haya escapado completamente a esta transformación, como pasa en Bakú, Rusia; en varios de los campos petrolíferos de Rumanía; en California y en Texas, Estados Unidos del Norte, y en los yacimientos de Chihuahua, Coahuila, Veracruz, San Luis Potosí, Puebla, Oaxaca, etc., de la República Mexicana, y en otras partes hava desaparecido por completo, al grado que ha hecho creer a algunos geólogos que el petróleo es un componente primitivo de las rocas que lo contienen, con el mismo título que el carbonato de cal, la siliza, los feldespatos, etc., etc., y no un producto de metamorfismo o metasomatismo de las materias de origen orgánico; me veo obligado a estudiar primero la acumulación en los estratos de las materias orgánicas de origen vegetal, para tratar en seguida del conjunto de las transformaciones que sufren para convertirse en productos petrólicos, en el seno de los estratos de las rocas sedimentarias, para lo cual me voy a permitir copiar lo que en 1909 publiqué en mi trabajo titulado: "Críticas y Teorías Nuevas sobre el Período Carbonífero," págs. 12 a 19, aunque ligeramente modificado en su redacción para corregir algunos errores.

"Se supone y admite generalmente que el carbón mineral (?) se ha formado a expensas de la materia orgánica vegetal únicamente, por un procedimiento análogo al que emplea la Naturaleza en la actualidad para formar la turba en las turberas, con la diferencia de que el carbón que hoy encontramos en los mantos carboníferos ha sufrido además, una gran compresión y una fermentación (?) muy lenta que ha durado muchos siglos, que producirían en la substancia carbonosa primitiva, como en los vinos, un mejoramiento en su calidad, haciendo desaparecer las materias volátiles y bituminosas en una proporción directa con su antigüedad, y lo que para mí es extraordinario, haciendo disminuir también la cantidad de cenizas tan considerable que contienen las turbas modernas,

" como consecuencia fácilmente explicable en la fase de su acumulación, a tal gra" do, que las hullas apenas acusan una proporción casi igual a las cenizas conteni" das en el carbón vegetal de buena clase, un 2 a 4 por ciento, mientras que las tur" bas contienen hasta un 48 por ciento de cenizas. Ahora yo pregunto: ¿Cómo es
" posible que hayan existido los inmensos lagos o ciénegas en donde se depositaron
" y acaso crecieron los vegetales que dizque han contribuído exclusivamente a la
" formación de los mantos de carbón, si las tierras emergidas en este período Car" bonífero fueron tan bajas y escasas, como lo afirma la Geología Histórica?

"Estos lagos hipotéticos debieron encontrarse circundados, por lo menos, de "algunas tierras más altas que sus lechos, siendo estas tierras altas las que ven- "drían a constituir la cuenca de alimentación del lago o de los lagos, tanto de "agua como de materiales orgánicos muertos carbonosos, siendo muy probable "que en esas tierras hubiera ríos que iban a desaguar en esos enormes y profun- "dos lagos, y no se comprende que haya sido de otra manera, en vista de la ex- "tensión ocupada por los yacimientos de los terrenos carboníferos que actual- mente conocemos, deducido de la extensión y grueso de las diversas capas sedi- mentarias, areniscas, arcillas, calizas, etc., etc., que vienen a constituir el nota- "ble conjunto de las llamadas formaciones del período Carbonífero, lo que hace "aún más necesaria la existencia de grandes extensiones de tierras firmes, altas, "en donde se pudiera desarrollar la vegetación, no acuática, que contribuyó con "su material a la formación de los lechos de carbón.

"Concretándome al área atribuída por Rogers, como ocupada primitivamen"te por las formaciones de Pittsburgo, resulta que el lago carbonífero hipotético,
"para sólo esa Región, debió ocupar, cuando menos, una superficie de 90,000 mi"llas cuadradas, teniendo en cuenta sólo la actual superficie ocupada por las for"maciones bien conocidas y determinadas que realmente pertenecieron a esta
"cuenca.

"Si consideramos la superficie ocupada actualmente por todos los terrenos cla"sificados, como pertenecientes al período Carbonífero de los Estados Unidos del
"Norte, los cuales representan una superficie de 210,000 millas cuadradas, comparando esta superficie con la superficie total que presenta esta inmensa República que es de 3.603,884 millas cuadradas, resulta que la relación en que se en"cuentran los terrenos del período Carbonífero de los Estados Unidos del Nor"te, comparado con los terrenos de todos los períodos pertenecientes a todas las
"eras conocidas, es aproximadamente de 1:17; esta comparación la hago para
"poner de manifiesto la falsedad del postulado de que durante el período Carbo"nífero las tierras firmes eran de pequeña extensión y sólo existían los inmen"sos lagos de esa época, apenas separados de las aguas de los Océanos; pues resulta
"que en la actualidad, siendo como son los Estados Unidos, principalmente en
"los estados del Norte, un país muy rico en lagos, la proporción de la superficie

" ocupada por los lagos, comparada con la superficie total que ofrece en la actua" lidad este país, es mucho mayor que la relación 1:17, que sacamos para los fan" tásticos lagos del período Carbonífero, que según las teorías a que me refiero
" debieron existir, y esto sin tener en cuenta las grandes porciones de estas for" maciones que la erosión, indudablemente, han hecho desaparecer, sin que que" den vestigios de ellas.

"Si tomamos como base, para continuar el estudio, las cuencas carboníferas de Bélgica, las de Inglaterra, las de Alemania y la parte Norte de Francia, u otras cualquiera de las más importantes, nos convencemos de que la existencia de esos enormes y profundos lagos hipotéticos, traen aparejada forzosamente, la necesidad de la existencia correlativa, de grandísimas extensiones de tierra firme, mayores de las que ofrecen actualmente esos países, para asegurar la existencia de los lagos, protegiéndolos contra las invasiones de las aguas marinas.

"Si comprendemos en el estudio todos los yacimientos carboníferos del Glo"bo, sacamos la conclusión, de que esas tierras firmes, si existieron, deberían ocu"par una superficie diez veces mucho más grande que todos los continentes e is"las actuales, lo que es un absurdo, puesto que las tierras firmes de nuestro pla"neta en la actualidad apenas ocupan la tercera parte de la superficie total, es"tando las dos terceras partes restantes cubiertas por las aguas marinas, relación
"que debe haber existido en todas las eras Geológicas, puesto que la masa del
"planeta no debe haber variado, ni tampoco la proporción de materias sólidas
"respecto a las líquidas.

"Esas tierras firmes, debieron estar cruzadas por grandes cadenas de monta"ñas, comparables con las que actualmente observamos sobre los continentes y
"las islas, pues estas montañas son necesarias para que la precipitación y descen"so de las aguas pluviales se hicieran en condiciones de provocar la erosión y
"transporte de los materiales sedimentarios lacustres que se han llegado a deter"minar como pertenecientes a varios de los estratos del carbonífero, y para que
"esos inmensos lagos estuvieran constantemente abastecidos de la suficiente can"tidad de agua dulce, contrarrestando la acción de la evaporación superficial, que
"hiciera posible en ellos la existencia de la rica vegetación acuática o semiacuá"tica que se dice dió orígen al material carbonoso y sin que hubiera el peligro de
"que la enorme (?) evaporación, que según las condiciones climatológicas supues"tas, reinantes en ese período, debió verificarse en dichos lagos, dejara a las plan"tas acuáticas sin agua, en alguna de las épocas del año cuando menos.

"Existe otra dificultad en la que es seguro que no han parado mientes los "autores de la hipótesis, de que la formación y depósito de los mantos de carbón "se hicieron en condiciones análogas a la formación actual de la turba en las "turberas, y es que la turba actualmente, sólo se forma en los países de clima frío, "y allí en donde el agua de los lagos y ciénegas es pura, clara y tranquila, pero

"como las plantas o vegetales fósiles principales que se conocen y ha sido posible clasificar, que se encuentran en las formaciones del Carbonífero Superior, plantas de las que se supone, sin otro fundamento que el encontrarse en relación con los mantos de carbón, que fueron iguales a las que suminstraron todo el material carbonoso; son plantas propias de las regiones tropicales y no precisamente lacustres sino terrestres; siendo la interpretación errónea de este hecho, una de las principales razones dadas por los antiguos geólogos, para afirmar que el clima de la Tierra toda en este período, fué tropical y uniforme, puesto que según ellos, las mismas especies de vegetales al estado fósil se encuentran en todas las formaciones del Carbonífero Superior en todas partes del mundo, "lo que aparentemente es un hecho comprobado.

"De las consideraciones anteriores, y sobre todo la última, se deduce o por lo menos yo saco la consecuencia, de que no se pudo haber formado la famosa turba, durante el período Carbonífero, puesto que no es posible admitir la uniformidad de clima tropical en todas las zonas terrestres, y por consecuencia, tenemos que acudir a otra teoría más racional, como es la de la diversidad de climas en las diversas partes del planeta, durante el período Carbonífero semejante a la que observamos actualmente, para poder dar una explicación más plausible de los fenómenos de formación y acumulación del carbón.

"Otra objeción de bastante peso, es que las plantas que por lo común si no exclusivamente, contribuyen actualmente a la formación de la turba, son plantas inferiores en su organización como Helechos Arborescentes, Equicetacias, "Lepidodembros, Calamites, etc., que entre las plantas fósiles encontradas en los yacimientos, que se ha logrado clasificar, constituyen principalmente la "Flora Carbonífera y las mono y dicotiledóneas en los demás períodos del Ter-"ciario en que se han depositado los lechos de carbón que se designan con el "nombre de Lignitas.

"Sentados estos antecedentes, y teniendo en cuenta las objeciones hechas a "las teorías actualmente admitidas referentes al período Carbonífero, se saca por "consecuencia inmediata, que el mecanismo de la acumulación del carbón en "los mantos, ha tenido que ser por fuerza distinto del que se le atribuye.

"No cabe la menor duda respecto a la transformación de la materia orgánica, sobre todo la vegetal muerta, sólo puede cambiarse, o mejor dicho, transfor- marse en material carbonoso y sus demás derivados: turba, lignita, carbón, gas de los pantanos, óxido y bióxido de carbón, substancias amoniacales y derivados de las series grasas y aromáticas, etc., substrayéndose a la acción directa del oxígeno del aire, sufriendo por consecuencia, una oxidación incompleta, lenta, que hace posible la separación y conservación de una buena parte del carbón contenidos en los materiales que forman los tejidos del cuerpo de los vegetales principalmente, contrariamente a lo que pasa cuando la materia orgánica

" muerta sometida directamente a la acción de los agentes químicos y biológicos " contenidos en la atmósfera, sufre las diversas transformaciones que se conocen " bajo el nombre de Putrefacción, cuyo resultado final es hacer desaparecer la " mayor parte del carbón bajo la forma de bióxido que se difunde en la atmós- " fera, el cual es aprovechado para el desarrollo de la vida vegetal, pasando una " cosa semejante con el humos que queda como residuo sólido sobre el terreno, " en donde se encuentra una parte mínima del carbón contenido en la materia " orgánica primitiva.

"Así es que toda la materia orgánica muerta que llega a substraerse de la "acción directa del aire, ya sea por haberse sepultado entre los sedimentos bajo "la forma de lodos, ya por haberse depositado en el fondo de los lagos, ciéne- gas, pantanos, charcos de agua infecta, desembocaduras de los ríos, y por "último, en el fondo de los mares; se transforma en materiales carbonosos fijos, "que son el material principal para la acumulación en los mantos de carbón, "y en compuestos derivados gaseosos que van a dar a la atmósfera; siendo más "que probable que también se formen compuestos bituminosos que en parte impregnan a los carbones que arden con larga llama, y en parte se separan y demositan o acumulan en los estratos de materiales pétreos que presentan cierta "porosidad, en condiciones que hasta hoy no han llegado a estudiarse de una "manera satisfactoria.

"Como ejemplo de este proceso de carbonización de la materia orgánica " muerta vegetal, bastante bien estudiado, tenemos en primer lugar, los depósi-" tos de las turberas, que se puede decir se forman casi a nuestra vista; en se-" gundo lugar, los depósitos de materiales turbosos y maderas acarreadas, más o " menos carbonizadas que se encuentran en el fondo de los lechos de los ríos y " de los pantanos formados por los grandes ríos, pero con especialidad en sus " deltas y desembocaduras, en donde encontramos capas alternativas de materias "carbonosas que provienen de la alteración de los troncos, ramas, hojas y fru-" tos de árboles, arbustos y verbas de los monocotileidonos y dicotileidonos en " su mayoría, que han sido acarreados por las corrientes de agua superficiales, y "capas de sedimentos; estas materias carbonosas no son en realidad, una " verdadera turba, se acercan mucho más a las lignitas, difiriendo de éstas por " la gran cantidad de cenizas que dejan después de arder al aire; esta gran can-"tidad de cenizas que dejan es debida a las muchas impurezas de origen mine-" ral, que la corriente arrastra continuamente y que se depositan junto con los " materiales orgánicos en todos los lugares en donde encuentra la corriente " del río obstáculo a su libre marcha, que se disuelven en parte e impregnan al "material poroso y absorbente, como son las materias orgánicas que se van " transformando en carbón; por consecuencia debemos admitir sin ningún géne-" ro de duda, que la transformación de las materias orgánicas muertas en subs" tancias carbonosas, se verifican en todos los lugares de la Tierra, en los que se " encuentran cumplidas las condiciones que dejamos apuntadas.

"Una vez admitido todo lo anterior; fácil es venir a dar con una teoría mu"cho más amplia, que la que hoy se acepta, la cual dé una idea mejor fun"dada para explicar las acumulaciones en los mantos de material carbonoso,
"litrantax o carbo maris de los antiguos; este último nombre es demasiado cu"rioso, pues quiere decir carbón marino: eran los antiguos más perspicaces que
"nuestros sabios modernos, o fue únicamente una idea errónea y mal fundada,
"lo que los condujo a dar al combustible, que hoy arbitrariamente llamamos
"combustible mineral, el calificativo de marino, pronto lo vamos a ver.

"Tenemos que las formaciones entre las que se encuentran los mantos o le"chos de carbón, sean éstos o no costeables, son siempre formaciones sedimen"tarias, así es que parece muy extraño, no se les haya aplicado realmente, en la
"parte que se refiere al manto del carbón propiamente dicho, las reglas generales
"y racionales que se aplican a todas las formaciones sedimentarias, sino que se
"recurra, para explicar la acumulación, a las analogías que pudiera presentar,
"que en realidad no presenta, el manto de carbón con las particularidades del
"depósito de la turba en las tuberas actuales, que ocupan extensiones superfi"ciales muy restringidas y son un fenómeno muy secundario; analogías que, en
"mi concepto, no existen, como procuraré poner de manifiesto en el curso de
"este trabajo.

" En la acumulación de la turba en las turberas actuales, no hay transporte " o acarreo, ni escogimiento de materiales, ni depósito en capas de grueso uni-" forme y horizontales; la acumulación se hace en el fondo de la turbera, según " la densidad más o menos grande de la vegetación acuática de la superficie del "agua que las cubre, acomodándose a las irregularidades que encuentra en el " terreno; las acumulaciones no se hacen en todos los años de la misma manera " en los mismos lugares, sino que también dependen de las perturbaciones at-" mosféricas que influyen en la marcha y desarrollo de la vegetación; con la " turba se depositan también los polvos minerales que son interceptados por las " partes aéreas de los vegetales, lo mismo que los restos de los animales que vi-" ven en el agua de los lagos o pantanos, no siendo raro encontrar entre la tur-" ba los cuerpos enteros de mamíferos terrestres de diversas especies y aun de " hombres que conservan gran parte de sus vestidos, que llevaban cuando pare-"cieron: esta conservación se atribuye a que se han impregnado de los produc-" tos antisépticos que se forman, en cantidad relativamente pequeña al trans-" formarse las substancias vegetales muertas en turba. Este hecho curioso, es " un nuevo argumento, para poner en duda y aun desechar la idea de que los " materiales orgánicos muertos que provienen del cuerpo de los animales, que " eventualmente escapan a la putrefacción, aunque colocados en las mismas con" diciones en que los materiales de procedencia vegetal que sufren los fenóme-" nos de carbonización, escapan a esta transformación.

"En los mantos de carbón es notable la uniformidad en el grueso de las capas y la intercalación de las pizarras o hueso, como se le llama comunmente, que vienen a constituir las impurezas en los mantos compuestos, las cuales se separan industrialmente por medio de los aparatos lavadores. En las turberas la distribución de las impurezas es muy irregular; esto unido a que en las formaciones carboníferas, los fósiles más comunes que se encuentran de origen animal, son los marinos, aunque también se encuentran los lacustres y algunos terrestres vertebrados e invertebrados, siendo los marinos los más abundantes, muchos de estos últimos invertebrados marinos, se consideran con mucha razón, característicos, viniendo en seguida los que hayan vivido en las aguas salobres, fluviales y otros que son muy abundantes que pertenecen al reino vegetal, particularmente los que corresponden a laflora fósil del Carbonífero o a las floras de los diversos períodos lignitíferos.

" Esta mezcolanza de fósiles marinos, fluviátiles, lacustres y terrestres, vienen " a complicar aparentemente la cuestión; y los geólogos, siguiendo el camino tra-" zado por Cuvier, acuden para explicarla; al concurso aparatoso de los cataclis-" mos, atribuyendo a la corteza terrestre movimientos en el sentido vertical " sumamente amplios y frecuentes, que harían que las inmensas áreas ocupadas " por los ficticios lagos carboníferos, se colocaran con mucha rapidez a niveles " muy distintos, pues durante la formación y acumulación de un manto de car-" bón, se encontrarían a un nivel superior al del mar, puesto que según sus su-" posiciones el lecho del manto sería el fondo de una turbera; si inmediatamente " sobre el manto de carbón existe una capa de caliza marina, hay que figurarnos, " o más bien admitir, conforme a la teoría que vengo rebatiendo, que la superfi-" cie de ese manto de carbón o sea el fondo de la turbera, se colocó por un hun-" dimiento brusco, a un nivel inferior, al nivel del mar, a una profundidad de " 1,000 a 4,000 metros, y más si es preciso, para poder explicar la presencia " de los fósiles marinos; si encima de la caliza marina, nos encontramos otro man-" to de caliza lacustre, debió verificarse un levantamiento para que el terreno " pudiera ser el fondo de un lago, y así sucesivamente; estas oscilaciones conti-" nuas y repetidas tantas veces cuantas sean las series distintas de las capas se-" dimentarias, que contengan fósiles, ya terrestres, ya marinos, ya lacustres o " fluviales, etc., que según lo que se ha admitido hasta ahora, se han depositado " sobre grandes áreas de terreno, tan extensas como debieron ser las áreas ocupa-" das por los famosos lagos carboníferos; resulta sumamente extraño que estos " estupendos cambios de nivel se verificaran sin que el paralelismo y la horizon-" talidad de las capas sufrieran lo más mínimo; esto es casi imposible, usando de " la palabra casi, para conceder algo a los maestros; pues sólo la buena voluntad

" de los geólogos modernos puede conformarse con vicios de raciocinio tan estu" pendos, buenos para salir del paso en una conferencia dada a personas legas,
" como son la mayoría de los estudiantes que asisten a los cursos académicos y
" que la inercia de los que se ocupan de esta clase de estudios propagan, dejando
" pasar estos errores desapercibidos, según la frase gráfica de los jurisperitos, en
" autoridad de cosa juzgada; pero que a pesar de todo, tanto en su aplicación
" a los principios de las ciencias morales, matemáticas y naturales, constituye un
" desacato y un atentado, no debiéndose admitir nada en autoridad de cosa
" juzgada, sobre todo en cuestiones científicas, pues su empleo sin restricciones,
" trasmuta la ciencia en charlatanería.

" Extraña mucho al que esto escribe, que todos los autores de Geología, y " digo todos, pues se copian unos a otros, sin estudiar las cuestiones a fondo " ocupándose únicamente en añadir en la obra de alguno de los antecesores, un " número cada día más alarmante de datos inconexos que corresponden a cada "uno de los períodos en que dividen la Historia de la Tierra; me extraña, como " dije al principio de este párrafo, que habiendo admitido los autores a que alu-" do, que todas las formaciones que corresponden a los estratos del Carbonífero " Inferior, es un conjunto de capas sedimentarias concordantes de origen marino " y delgadas capas de carbón mineral, sin poner en duda la formación marina de " todas esas capas o estratos, pues no se toman el trabajo de señalar una sola " que sea una excepción, no nos expliquen el por qué de esta particularidad, que " contrasta con los cambios frecuentes de la naturaleza del medio acuático en " que se depositaron los estratos que atribuyen al Carbonífero Superior; si no se " verificaron ningunas oscilaciones o cambios de nivel en las formaciones del "Carbonífero Inferior, durante el proceso de su depósito. ¿Cómo explicarían la " formación y el depósito de los mantos delgados de carbón, que allí se encuen-"tran intercalados y sobre los cuales se conoce tan poco, sin duda por no ser " conteables?...... Al fenómeno general de la erosión y del transporte de los " sedimentos, que se ejerce sobre toda la superficie terrestre, y en muchos luga-" res subterráneamente, es al único a que debemos acudir para explicar el depó-" sito y formación de las capas sedimentarias estratificadas conocidas como " mantos de carbón, con tanta más razón, cuanto que realmente se trata de sedi-" mentos estratificados en capas paralelas de grueso considerable, ocupando unas "superficies tan grandes, como las que se encuentran en las formaciones carbo-" níferas de los Estados Unidos del Norte, que no son exclusivas del territorio " de nuestros vecinos del norte, sino que se encuentran en muchos países del "Globo, estas grandes extensiones ocupadas por las formaciones pertenecientes "al período Carbonífero de la era Paleozoica y las formaciones que contienen " lignitas correspondientes a los períodos Mesozóico y Terciario, nos obliga a acu-" dir a la hipótesis de que el depósito de los sedimentos que las integran, se hizo " en el seno de las aguas tranquilas, no del fondo de los lagos, sino en el fondo de los Océanos; de esta manera queda salvada la dificultad de concebir la existentica de esos inmensos lagos del período Carbonífero y de los períodos ligníticos que indudablemente no existieron, salvando también la dificultad de explicar el grueso total de todos los estratos que se clasifican como pertenecientes a di"chos períodos."

" Queda por resolver la manera de cómo la materia orgánica, carbonizada o " no, pudo ser colectada, transportada y depositada para llegar a formar los " mantos tan poderosos que con tanta frecuencia se encuentran en las explota-"ciones carboníferas de los terrenos que se consideran como pertenecientes al " Carbonífero Superior, y los mantos o capas delgadas de carbón mineral que " son comunes a las dos divisiones del período Carbonífero; para resolver esta " cuestión, no hay más que considerar lo que les habrá pasado y les seguirá pa-" sando a los mantos de carbón, que la erosión y el transporte han hecho ya " desaparecer y continuarán removiendo de las formaciones carboníferas primi-"tivas, que se encuentran fuera del seno de las aguas: es indudable que este car-" bón pulverizado es arrastrado por las aguas corrientes hasta el mar, en donde " gracias a su menor peso específico, comparado con el peso específico de los se-"dimentos que provienen de las substancias pétreas, será arrastrado a muy " grandes distancias de las costas, principalmente por las corrientes marinas y " submarinas, irán ganando el fondo del océano muy poco a poco, mientras que " los sedimentos de origen mineral, se depositarán mucho más aprisa, lográndo-" se que el carbón desembarazado de las impurezas minerales, que haya podido " tener en el manto primitivo de que provenía, como consecuencia del lavado " que sufre en el agua del mar, que tiene cierto poder disolvente para las subs-"tancias minerales, se pueda depositar de nuevo en mantos poderosos, en un " estado de pureza superior.

"Como las corrientes marinas y submarinas se encuentran circunscritas, a "determinadas regiones generales en los océanos, que en realidad varían entre "ciertos límites, como puede verse por el resultado de los estudios emprendidos "por la Comisión de Costas de los Estados Unidos del Norte, principalmente "sobre la famosa corriente del Golfo, que es indudablemente una de las que más "contribuyen actualmente en la formación de los depósitos carboníferos de los "continentes futuros e islas que surjan del Atlántico, como en los tiempos pasa- "dos la corriente ecuatorial y sus derivaciones fueron, sin ningún género de du- "da, las que hicieron el trabajo mecánico y de purificación química de las for- maciones atribuídas al período Carbonífero.

"Los límites y las direcciones principales de las corrientes marinas depen-"den principalmente, de la configuración de las costas y del fondo de los mares, "que en realidad varían lenta pero constantemente, de los cambios de tempera" tura por las Estaciones, influencia de los vientos, etc., etc., en pocas palabras están sujetas a las influencias de las variaciones que producen en la Tierra y todos sus habitantes, las cantidades variables de fuerza radiante que nuestro planeta intercepta del Sol todos los días y que pueden ser transformados por los diversos cuerpos terrestres en fuerzas Telúricas, algunas de las cuales sólo conocemos por sus efectos, mientras que otras muchas nos son todavía descomocidas por completo, pero de seguro con el tiempo, se irán estudiando, completando el número de los agentes y fuerzas que realmente contribuyen al desarrollo de los fenómenos que designamos ahora con los calificalivos de geológicos y biológicos que parecen tener, en realidad el mismo origen, combinaciones de la materia y de la fuerza, tanto una como la otra en apariencia provienen del centro del sistema planetario, el Sol.

"De lo anterior se deduce, sin gran esfuerzo, que la distribución de los criaderos carboníferos estarán sujetos a leyes semejantes a las que hayan regido a
las corrientes marinas que circulaban por los mares, en la época en que los
continentes actuales todavía no surgían del fondo de los Océanos, y por consecuencia, no interceptaban la marcha de esas corrientes, que se ocupaban, como lo vemos hoy en día, principalmente en transportar los sedimentos de toda
especie que la erosión les suministra, erosión que se verificaba en las tieras firmes de aquellos tiempos, continentes e islas, cuya distribución y superficies
debieron naturalmente ser muy diversa a laque nosotros conocemos actualmente.

" Cuando acudimos a la intervención de las grandes corrientes marinas para " el acarreo y a los fondos profundos del mar, como lugares apropiados para el " depósito de las formaciones carboníferas, las objeciones principales que he he-" cho a las teorías admitidas desaparecen, pues entonces la región tributaria de " materias carbonosas o susceptibles de transformarse en carbón o de sedimentos " de cualquier origen, no es solamente la materia que pueda producir o suminis-" trar una cuenca hidrográfica terrestre o la raquítica vegetación acuática o se-" miacuática de los pantanos, ciénegas y lagos de agua dulce; no es tampoco en " lo que se refiere al material carbonoso, al aumento paulatino de la sola acu-" mulación de troncos de árboles acarreados por los ríos caudalosos, que deposi-" tan en parte muy pequeña esta clase de materiales en su desembocadura, " pero con más frecuencia en sus deltas; sino que es toda la vegetación de los " continentes y de las islas, por lo menos; puesto que no hago caso de la vegeta-" ción marina que debe ser mucho más abundante que la terrestre, a pesar de " que muchos afirman que no puede extenderse a una profundidad superior a " $200\ \mathrm{brazas},\ \mathrm{cosa}$  que pongo en duda, puesto  $\ \mathrm{que}\ \mathrm{todos}\ \mathrm{reconocemos}\ \mathrm{que}\ \mathrm{es}\ \mathrm{en}$ " los mares en donde se encuentra una variedad y actividad de vida orgánica, " mucho más intensa que sobre la tierra firme; esta grandísima actividad de vi-" da debe estar aparejada con la producción en grande escala de materiales or" gánicos muertos que contribuyen a la formación de esas capas colosales de ma" teria orgánica carbonizada que se encuentran en los terrenos carboníferos que
" es casi seguro no tardan mucho tiempo en formarse y completarse, como lo
" prueba la potencia de los mantos y el estado de pureza que presenta el carbón
" que contienen; siendo el fenómeno general de la erosión y acarreo al que de" bemos relacionar esta acumulación en escala tan grande de materiales carbo" nizados, a primera vista tan difícil de explicar sin acudir a la intervención de
" un fenómeno general que pone de manifiesto la incesante labor de las fuerzas
" naturales que nunca dejan de ejercer su influencia sobre la menor partícula de
" materia orgánica o mineral en cualquiera parte del Globo en que se encuen" tren, ya sea en su superficie, y en el seno de la tierra o de las aguas."

Dejando por ahora las formaciones carboníferas, que en mi concepto, no son más que una de las fases intermedias de transformación de los materiales orgánicos muertos para transformarse en petróleos y en hidrocarburos gaseosos de las series del potróleo; vamos a examinar el origen del petróleo, como derivado de la transformación de las algas marinas muertas, que sin ningún género de duda deben contribuir a proporcionar una grandísima parte del material orgánico que se transforma en petróleo, para esto tenemos que estudiar las formaciones que se designan con el nombre de Flysh, nombre que han aplicado los geólogos a una gruesa serie de estratos marinos que contienen grandes acumulaciones de materiales orgánicos que provienen de las algas marinas, principalmente, perteneciente al período Terciario en los Alpes suizos que se caracterizan por depósitos en capas alternadas con mucha frecuencia, de arcillas, con algo de arena, margas y lechos de piedras sueltas, de color generalmente negro, pardo y comunmente con bandas de colores abigarrados; contienen numerosas huellas de organismos preservados como fucoides o impresiones de algas marinas, huellas de impresiones de patas de animales marinos y otras trazas de fósiles, aunque fósiles completos propiamente dichos, sólo se encuentran raras veces. Los estudios más completos sobre las formaciones comprendidas en el Flysh de los Estados Unidos, comprenden estratos de formaciones desde el Cretácico Superior hasta el Oligoceno del Terciario, encontrándose igualmente aquí rocas areniscas, arcillo margosas y calizas, de color gris claro, tirando a verde y azul, las que a consecuencia de contener las impresiones conocidas con el nombre de fucoides, se les designa con los nombres de pizarras y areniscas de fucoides, encontrándose también entre estos estratos calizas y arcillas muy cargadas de siliza, siendo por esta causa estas últimas rocas muy quebradizas y astillosas, habiéndose empleado estas rocas silizosas como piedras de molino, en Europa principalmente.

Según Carpel L. Berger, esta formación está mucho mejor caracterizada en las formaciones de Portage Superior y Chemung que se encuentran en los Estados de New York y de Pensilvania; Marzec sostiene que varias de las cuencas

petrolíferas de Rumanía presentan formaciones que deben clasificarse como pertenecientes al Flysh.

Zuber considera que los depósitos de Flysh son formaciones de los deltas de los grandes ríos, ha observado depósitos muy semejantes, actualmente en proceso de formación en los deltas de la costa Noreste de la América del Sur, y en los del Africa Occidental.

Los depósitos en los deltas, no son sin embargo, esenciales para el desarrollo de los sedimentos característicos del Flysh, ni tampoco se encuentran en los deltas una abundante vegetación de algas.

Lakes ha descrito las formaciones que se conocen con el nombre de Kelps, que se encuentran a lo largo de la costa del Sur de California, refiriéndose a unas fajas de vegetación formadas por algas que se desarrollan extraordinariamente, formando un tejido inextricable de órganos vegetales subacuáticos que presentan en la superficie los órganos aereos, esta vegetación abarca una extención muy considerable, de una anchura comprendida entre media y una milla y en una longitud de varios grados, comprendida entre las ciudades de La Joya y San Diego, a cierta distancia de la costa como de una a dos millas. Esta notable faja que sigue las inflexiones de la línea de costa, sirve como una especie de dique o barrera contra la acción del oleaje que se desarrolla en alta mar.

Entre este jardín flotante de algas entretejidas de cerca de una milla de anchura, y la costa, la superficie del agua se encuentra en calma, como si se hubiera echado aceite, lo que contrastacon el aspecto general de las agitadas aguas del Pacífico; entre los jardines del Kelp y la costa, la faja de aguas marinas se asemejan a un lago presentando la superficie de las aguas una tranquilidad relativa.

Las plantas de Sargaso que vienen desarrollándose en esta faja del Kelp americano, se encuentran en condiciones semejantes, según Potonié, en las aguas poco profundas, a lo largo de las costas del Báltico en Europa; aquí las algas son un poco diferentes en su tipo, encontrándose expuestas a la acción de las altas y bajas mareas cuyas diferencias de nivel son considerables en ese mar, extiéndense en grandes superficies, y a profundidades diversas.

Después de las grandes tempestades, inmensas cantidades de algas que han sido arrancadas del fondo del mar, se encuentran en grandes montones sobre las costas, cubriendo muchos acres de terreno en California, siendo probable que grandes cantidades de estas mismas algas se depositen en el fondo del mar entre la faja de Kelp y la costa, constituyendo allí acumulaciones de materiales que se han substraído a la acción directa de la atmósfera, y a la alta mar serán arrastradas grandes cantidades de detritus vegetales de esta clase por la acción de las corrientes submarinas.

Otro ejemplo notable, conocido desde los primeros viajes por Colón en el descubrimiento de América, es el Mar de los Sargasos, que se encuentra en el

Mar de las Antillas entre los 16° y 38° de latitud norte, y entre 40° y 80° de longitud oeste, al sur de la rama principal de la corriente del Gulf-Stream, en donde la superficie del mar se encuentra ocupada por la vegetación de las algas marinas, cuvas raíces y órganos sumergidos tienen una longitud de varios centenares de brazas hasta afianzarse en el terreno que forma el fondo del mar, esta actividad notable de vegetación ocupa una superficie de más de 4,000.000 de kilómetros cuadrados, extendiéndose la vegetación subacuática a una profundidad media de 500 brazas, lo que equivaldría sobre la superficie de la tierra en vegetación de plantas terrestres sumamente densa a 80 millones de kilómetros cuadrados cuando menos, lo que representa una producción de materiales vegetales en un año, poco mayor de las seis décimas partes de la producción intensa sobre las tierras emergidas de los continentes e islas; contingente de materia órganica vegetal, que podemos atribuir únicamente al Mar de los Sargasos, sin contar las fajas de Kelp que se conocen actualmente y a la contribución de las floras marinas que se desarrollan completamente sumergidas o flotando en las aguas marinas y las plantas fijas que introducen sus raíces en los fondos marinos a profundidades bastante considerables en el resto de los mares.

Las consideraciones anteriores ponen de manifiesto el contingente tan grande de materiales orgánicos vegetales, que puede dar el mar para la formación y acumulación de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos que se encuentran entre los estratos de los terrenos sedimentarios, en el único punto en que yo difiero de la opinión de los que sostienen que las algas marinas son las únicas que se transforman en petróleo, es que dichas algas muertas sufren una carbonización parcial previa, exactamente como los materiales orgánicos terrestres que han contribuído y contribuyen para la formación de los mantos de carbón, en mi concepto, la primera transformación que sufren los materiales orgánicos para llegar a ser materiales petrólicos, es la carbonización, como ya lo indiqué en las páginas anteriores, acumulándose después en los mantos de carbón o mezclada con los materiales pétreos en las rocas fétidas, como las calizas, las pizarras, arcillosas, etc., etc., siendo la celulosa, que se encuentra siempre en abundancia entre los tejidos vegetales, la materia más apta para convertirse en carbón, cuando se encuentra en los órganos muertos de los vegetales, substraída a la acción directa de la atmósfera, sufriendo solamente una acción oxidante parcial. Tampoco estoy enteramente de acuerdo, respecto a que la acumulación de las algas muertas se haga exclusivamente a lo largo de las líneas de costa en una zona de mayor o menor anchura que dependerá de las variaciones de profundidad de los fondos, pues es bien sabido que a lo largo de las costas siempre existen corrientes marinas que se modifican constantemente por las variaciones de temperaturas y por las variaciones debidas principalmente por las cotas que en las costas alcanzan las altas y bajas mareas que ofrecen variaciones continuas, y como consecuencia de los fenómenos de erosión, transporte y sedimentación que provocan naturalmente.

En vista de las anteriores consideraciones, me declaro partidario de la teoría pelágica de acumulación que es un fenómeno general, que explica satisfactoriamente la formación y depósito de los mantos potentes de carbón mineral de más de tres metros de grueso y la serie de estratos calizos y arcillosos de fórmación marina que contienen restos orgánicos más o menos carbonizados, cuya potencia es de centenares de metros, que están caracterizados por los numerosos restos de conchas y animales marinos, que permiten clasificarlos, como formaciones que pertenecen a los diversos períodos en que se ha dividido la historia geológica de la Tierra.

La teoría del origen del petróleo como proviniendo de las diversas variedades de carbón mineral conocidas, se encuentra fundada en el hecho, perfectatamente observado, de que en todas ellas se encuentran hidrocarburos similares en su composición a la de los petróleos, del gas natural, etc., estos hidrocarburos petrólicos constituyen las materias volátiles del carbón mineral, encontrándose en cantidades notables por su abundancia en los carbones grasos, como en el Cannel Coal, aunque en menos abundancia en todas las otras variedades, desde las lignitas, carbones bituminosos y disminuyendo en cantidad, hasta llegar a la antracita que tambien los contiene aunque en pequeña proporción. La transformación completa o casi completa de los materiales orgánicos muertos, en petróleo y gas combustible, entre los estratos de naturaleza pétrea y de las partículas carbonosas que se encuentran mezcladas íntimamente en las calizas, rocas arcillosas y margosas, no es sino una modificación de las más avanzadas que sufren en el subsuelo el carbón de los hidrocarburos que provienen de los tejidos muertos de los seres orgánicos, los cuales escapan durante un período de años muy largo a su transformación en agua y bióxido de carbón, para alimentar de nueva cuenta la vida vegetal que es a su vez, la base de la vida animal.

Por consecuencia, el ciclo de las transformaciones que sufren los compuestos naturales en que se combinan el hidrógeno y el carbón, considerándolos como cuerpos simples a estos dos elementos principales, de los cuales sólo el carbón bajo la forma de mantos carboníferos, más o menos impuros y protejidos por un espesor considerable de rocas impermeables a la acción del oxígeno de la atmósfera, se encuentra en gran abundancia en ciertas regiones de las tierras emergidas actualmente, siendo probable que en condiciones semejantes se encuentren otras grandes acumulaciones de esta misma clase, en el subsuelo de los fondos marinos, y superficialmente en vía de formación los materiales carbonizados orgánicos que provienen tanto de los organismos marinos y terrestres que perecen diariamente y que vendrán con el transcurso de los siglos a formar nuevos mantos de carbón, que actualmente se encuentran en vía de formación; por conse-

cuencia es pueril la idea de que las reservas de los combustibles fósiles lleguen a hacer falta a los hombres a medida que vayan transcurriendo los siglos.

Sabemos que todo el carbón que se quema se transforma en bióxido de carbón, que los hidrocarburos dan por su combustión bióxido de carbón y agua, tanto el bióxido de carbón, como el agua, así como varios elementos simples o compuestos de las rocas de naturaleza pétrea, que lleguen a disolverse por reacciones secundarias debidas a la acción de los compuestos orgánicos que se eliminan por las raíces, y a los productos de descomposición de la misma materia orgánica de los vegetales, son indispensables para la vida y desarrollo de la vegetación, debido a lo cual la composición de la atmósfera, en el transcurso de los siglos, no llega a sufrir variaciones notables, prácticamente se puede considerar y se considera como invariable en su composición.

Los vegetales fijan el carbón y el hidrógeno en sus tejidos, fijan y absorben grandes cantidades de agua, manteniendo un estado de equilibrio, en la pureza de la atmósfera que es indispensable para su vida y la de los animales que son también durante su vida una fuente constante de producción de bióxido de carbón; esta acumulación del carbón en los vegetales se hace bajo la influencia de las fuerzas que a falta de una buena enumeración, llamaremos biológicas entre las cuales podemos señalar la luz solar, bajo cuya influencia, la clorófila de los vegetales, terrestres principalmente, o el pigmento rojo de los marinos, descomponen el bióxido de carbón en sus dos elementos, carbón que se fija bajo la forma de compuestos hidrocarburados, como la celulosa, etc., y oxígeno que devuelven a la atmósfera. Los productos hidrocarburados que forman una gran parte del cuerpo de los vegetales y también de los animales, cuando estos mueren y se encuentran sus restos substraídos a la acción directa del oxígeno del aire, y hasta cierto punto, de la voracidad de las plantas vivas y de los animales que los aprovechan para su alimentación directa o indirectamente, sufren una serie de transformaciones, que dan por resultado la fijación en los mantos de una buena parte del carbón contenido en el material orgánico y la absorción por este material carbonoso de ciertos hidrocarburos, aunque no sean necesariamente de naturaleza petrólica; la transformación directa de los materiales carbonosos en petróleo y gases hidrocarburados en el seno de las aguas que los hayan cubierto, no se debe admitir para los efectos de la acumulación, por la sencilla razón que tienen siempre una densidad menor que la del agua pura, con más razón cuando se forman enmedio del agua salada, pues en virtud de la menor densidad de los hidrocarburos tienden a flotar sobre la superficie y entonces es seguro que la acción destructora de la atmósfera y principalmente la acción del oxígeno, los transforma en agua y bióxido de carbón, para continuar el ciclo de las transformaciones del hidrógeno y del carbón en los tres reinos de la Naturaleza.

Bajo la acción del calor y de una fuerte presión ejercida por las rocas que

se encuentran sobre los mantos de carbón, la destilación de los constituyentes volátiles se está verificando actualmente en los mantos de carbón que se encuentran a grandes profundidades, existe sobre este punto un trabajo muy interesante por Pierre Gény que se refiere a los yacimientos carboníferos de la concesión de Courriere, en Francia; igualmente se ha hecho un estudio análogo por Plotts, sobre la destilación del carbón bituminoso así como para el aceite mineral y el gas natural, en la costra terrestre, bajo la acción de las isogeotermales que deben producir una destilación fraccionada, cuyos productos deben acumularse en determinados lugares, llegando a producir las diversas calidades del petróleo que se obtiene en un mismo campo petrolífero, de los diversos pozos, aunque el origen de esos hidrocarburos sea siempre el mismo; muchos de estos constituyentes volátiles que no encontraron lugares completamente cerrados e impermeables deben haberse escapado a la atmósfera en donde son por completo oxidados comenzando de nuevo el ciclo de sus transformaciones.

La primera idea, en vista del hecho observado de la asociación de las rocas volcánicas con las sedimentarias en algunos de los campos petrolíferos, así como la presencia de mantos de carbón, como en los yacimientos de la isla de La Trinidad, en donde el asfalto y el petróleo brotan entre los lechos de lignitas o de carbón bituminoso, como puede comprobarse actualmente; fue que el petróleo resultaba de la destilación del carbón contenido en los mantos carboníferos, bajo la influencia del calor aportado por las lavas; después vino la teoría del origen animal del petróleo, suponiéndose que dicha substancia resultaba únicamente de la destilación de la materia animal que se había conservado y acumulado en los estratos fosilíferos, lo que es enteramente improbable, como creo haberlo demostrado en los anteriores párrafos, pues la cantidad de materia orgánica animal, principalmente grasas, que pudieran haber escapado a la putrefacción o a la voracidad de los animales carnívoros, es realmente insignificante, pues además de las consideraciones que ya he hecho, no hay más que tomar en cuenta la cantidad de grasa que contienen en su cuerpo los animales invertebrados, que es muy pequeña; tomando por base el peso de sus tejidos blandos y el de sus exoesqueleto o endoesqueleto, que en los lechos de calizas fósiles apenas llegaría a ser una diez milésima parte del peso total de la caliza, hasta hoy el examen químico de esas calizas acusa apenas cantidades muy pequeñas de substancias carbonosas e infinitesimales de hidrocarburos, que no son de las series del petróleo, estando todo esto en contradicción con las inmensas cantidades de petróleo que encierran los yacimientos; pudiéndose invocar, por otra parte, que las testas fósiles completas que se pueden estudiar y que acaso pudieran haber ayudado a preservar, como un bote cerrado de hojalata, a la materia animal de la putrefacción, son muy raras y si están impregnadas de petróleo, este material no puede provenir, sino en mínima parte, de la transformación petrólica de los tejidos blandos del animal, que apenas serían suficientes para comunicarles a las testas el olor característico.

Existe, además, una asociación, casi constante, entre los yacimientos de petróleo y las acumulaciones en el subsuelo de cloruro de sodio o sal común, azufre, yeso y óxido de fierro, siendo mucho más raro encontrar juntos sulfuro de mercurio, sulfuros de plata, arsénico y selenio, entre los que podemos llamar minerales explotables de los terrenos petrolíferos; además de las rocas sedimentarias, entre las que predominan calizas, las dolomías, las margas y las rocas arcillosas de estructura apizarrada o esquistosa, arenas y areniscas diversas que se designan, en mi concepto con poca propiedad, con el nombre genérico de pizarras, no siendo raro encontrar lechos de arenas y rocas detríticas, como las calizas, dolomías y margas petrolíferas entre cuyos intersticios se encuentra muchas veces alojado el petróleo; no siendo muy raro encontrar capas de arenas netamente volcánicas, que se encuentran saturadas de hidrocarburos de las series del petróleo; como un ejemplo típico de la primera clase de rocas, puedo citar las calizas de Trentón, Ohio, que Le Conte cita en sus Elementos de Geología y los yacimientos de Furbero, estudiados por Degolyer, en la segunda; siendo una condición indispensable para que el petróleo se mantenga aprisionado que la roca porosa se encuentre entre dos estratos impermeables, generalmente constituídos por esquistos arcillosos; margosos o por areniscas con cemento margoso, siendo estos hechos igualmente una de tantas características de los mantos de carbón, los cuales se encuentran por lo general entre dos estratos de rocas arcillo-calizas, muy cargados de materias carbonosas, que en multitud de ejemplos, tratándose de los estratos carbonosos clasificados con el nombre de lignitíferos, contienen impresiones de hojas, frutos y aun tallos o estípites de plantas, que han permitido a los paleontologistas darse cuenta de la vegetación que cubría a la tierra en las edades geológicas en que se verificó el depósito de los mantos de lignitas y en las de la era Paleozoica que presentan diferencias notables con los restos fósiles de plantas y animales, que en las mismas condiciones se encuentran caracterizando las formaciones del combustible mineral de los períodos Mesozoico y Terciario.

Otro hecho saliente, por lo menos en Pánuco y en Tuxpan, aunque también ha sido señalado para la región de Pensilvania, es la presencia de las rocas volcánicas en los terrenos petrolíferos atribuyendo a la influencia de las fuerzas volcánicas que hicieron surgir la gran cadena de los Apalaches, la transformación de los materiales carbonosos o petrólicos de origen orgánico en petróleo y gas natural, es la asociación de las rocas volcánicas modernas de la gran familia de los basaltos o de otra cualquiera volcánica, bajo la forma de lacolites, chimeneas, diques, etc., a la que se atribuye por varios geólogos en México un papel preponderante en la transformación de las substancias petrólicas en petróleo, sien-

do las masas de rocas volcánicas de la Sierra de Otontepec y la de Tampache, las formaciones volcánicas más importantes que se encuentran en la gran zona petrolífera limitada al Norte por el cauce actual del Río Pánuco, y al Sur por el cauce del Río de Tecolutla, en las planicies que se extienden desde las faldas de las sierras mencionadas hasta la playa del Golfo, se notan una multitud de sierritas y eminencias aisladas de la misma naturaleza volcánica; estas formaciones volcánicas así como los restos de grandes corrientes de lava, que cubren parcialmente muchas de las localidades que se encuentran en las planicies sobre las rocas sedimentarias, son bastante raras en los terrenos del mismo período de formación sedimentaria de la República Mexicana en donde se explota actualmente el carbón de piedra, pues prácticamente las formaciones carboníferas que se encuentran en los Estados del Norte de la República, pertenecen a los períodos Jurástico y Cretácico de la era Mesozoica ya las varias formaciones del período Terciario; en cuanto a las rocas volcánicas; la mayoría de ellas datan del período Plioceno o del Pleistoceno en las regiones petrolíferas mexicanas.

En los terrenos carboníferos del país que se encuentran en la parte Norte, aunque pertenecientes a formaciones sedimentarias del Mesozoico y del Terciario que casi no se diferencian de las formaciones entre las cuales se encuentran los yacimientos petrolíferos mexicanos de la costa del Golfo; en la zona carbonífera de Piedras Negras, existen algunas manifestaciones superficiales de rocas volcánicas modernas, encontrándose también en las cercanías de esos lugares, indicaciones claras de la transformación de las lignitas en petróleo y betún mineral fenómenos de esta misma naturaleza se pueden estudiar en los yacimientos de El Paso del Norte, Chihuahua, Tlaxiaco, en el Estado de Oaxaca, etc., etc., esto pone de manifiesto una correlación entre los fenómenos volcánicos modernos y los depósitos de carbón mineral, que se transforman completamente o incompletamente en hidrocarburos de las series del petróleo.

Los carbones bituminosos que se encuentran en los terrenos carboníferos que ocupan una área en donde ha habido inyecciones de rocas volcánicas bajo la forma de lacolites entre los estratos sedimentarios o bajo la forma de corrientes superficialmente, son la mayor prueba que se pueda dar en apoyo de lo que acabo de exponer, sin acudir a la acción de una destilación verificada a favor del calor aportado por la lava, lo que está en contradicción con el hecho observado de que todo el grueso del manto, contiene carbón bituminoso de igual riqueza en materias volátiles.

Las consideraciones anteriores me van a servir de punto de apoyo para desarrollar mi teoría sobre la formación del petróleo partiendo de las diversas variedades de carbón que se encuentran en la Naturaleza, con excepción del diamante y de la grafita, no siendo improbable que tanto el diamante como la grafita puedan convertirse en hidrocarburos petrólicos al combinarse con el hi-

drógeno en las mismas condiciones y bajo la influencia de idénticas fuerzas naturales.

Las asociaciones frecuentes que se han observado entre las rocas sedimentarias, las volcánicas y los yacimientos petrolíferos, ha dado lugar a una teoría volcánica de la formación del petróleo a expensas de los materiales orgánicos, vegetales o animales que se encuentren más o menos integralmente conservados entre los estratos de la corteza terrestre; materia orgánica que hubiera sufrido una especie de destilación, aunque destilación no sea la palabra propia para designar a este fenómeno, pues realmente no hay una separación de los diversos productos que destilan a diversas temperaturas de las materias fijas carbonosas, ni se hace una condensación, en receptáculo separado mantenido siempre a una temperatura inferior a la temperatura de separación del destilado, como la que los químicos ejecutan en sus laboratorios, que si bien es cierto que por medio de la destilación de los materiales orgánicos vegetales o animales, logran obtener hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos isómeros con los que obtienen sometiendo el petróleo crudo a la destilación, no son en la mayoría de los casos idénticos; faltando todavía averiguar si las diversas series de hidrocarburos que admitimos que entran en la composición de los petróleos naturales, existen enteramente formados en los petróleos naturales, o son productos que se generan por la influencia del calor o de los reactivos empleados: todo esto es de suma importancia tratándose de los compuestos en que el elemento carbón representa el papel de cuerpo tetratómico, que da lugar a la inmensa variedad de los compuestos que se encuentran en la Naturaleza como productos de los organismos y de la vida en los reinos animal y vegetal, en muchos de los cuales los procedimientos de síntesis actual usados en nuestros laboratorios, han sido impotentes de imitar, probablemente, por no emplear las fuerzas transformadas que la Naturaleza pone en juego para llegar a formar esos cuerpos.

A la destilación seca, se ha substituído en la teoría más moderna de la destilación húmeda, bajo la influencia probablemente catalítica de los cloruros alcalinos y alcalino-terrosos, que hasta cierto punto se acerca a las condiciones en que se encuentran los criaderos de petróleo, siendo muy sabido que el agua salada y aun ciertos yacimientos de sal gema se hallan íntimamente asociados con los yacimientos de combustible líquido y gaseoso natural, en todos los terrenos petrolíferos del mundo.

Esta nueva hipótesis ha sido un paso en el buen camino y ha puesto a los refinadores de petróleo crudo, en aptitud de disminuir en sus alambiques la cantidad de coke y aceites pesados que les resultaban destilando los petróleos, empleando el calor seco, consiguiendo en cambio, un aumento considerable en gasolina y aceites ligeros, que tienen en el mercado mayor demanda y un alto precio; este resultado se consigue empleando en la destilación el vapor de agua

recalentado, mezclado con el petróleo crudo, aprovechándose de los fenómenos hidrotermales, que se conocen y han sido estudiados desde hace mucho tiempo como que se verifican sobre las rocas.

Existe aún, aunque menos generalizada, la preocupación de que hay profundas diferencias entre la química mineral, química orgánica y la química subterránea; las diferencias que creyeron encontrar los fundadores de la química moderna entre las reacciones de los cuerpos minerales simples o complexos, y las reacciones entre los compuestos que se consideran como cuerpos orgánicos, han venido desapareciendo poco a poco, introduciendo en la teoría la noción de la valencia de los átomos y de las moléculas, que no se llevaba en cuenta en la teoría de los equivalentes, dando lugar a confusiones sumamente perjudiciales, que quedaban consagradas en las fórmulas con la adopción de la notación o nomenclatura dualística; esta última, aunque aparece fundada en la lógica, no tiene razón de ser, pues no da cuenta completa del fenómeno químico de asociación de los cuerpos simples en el compuesto, sino para el caso único en el que los diversos componentes hagan en el compuesto resultante el papel de cuerpos monoatómicos; desgraciadamente la valencia de los cuerpos respecto unos con otros no se ha llegado a determinar con rigurosa exactitud, ni tampoco se han llegado a determinar las leyes de variación que la rigen.

Es mucho más sencilla la notación unitaria, que actualmente se ha adoptado, que no prejuzga, por carecer de pruebas evidentes, la asociación de los cuerpos simples en el compuesto resultante, pues en el estado actual de nuestros conocimientos no es posible determinarla.

En pocas palabras, las diferencias profundas que en concepto de los viejos maestros, separaban a los compuestos reputados como minerales, de los designados con el nombre de orgánicos, no existen realmente; esas diferencias se deben a que no se había tomado en cuenta al determinar la fórmula todas las propiedades de los cuerpos simples, cuya atomicidad varía respecto unos de otros según los cuerpos simples o derivados que entran en los compuestos, y según las diversas modalidades de la fuerza o fuerzas que han obrado y siguen obrando sobre ellos, pudiendo ser diversas en su manera de manifestarse al presentarse a la observación del hombre que las que contribuyeron principalmente a la formación del cuerpo compuesto en el interior de los estratos de la corteza terrestre.

Otro de los hechos que han venido a modificar las ideas antiguas, sobre los cuerpos que hasta ahora hemos considerado como cuerpos simples, debido a que los medios de que disponemos en los laboratorios, especialmente tratándose de aquellos que se encuentran en la Naturaleza al estado nativo, que no han sido capaces hasta ahora los químicos de descomponerlos, es el gran número de radicales compuestos, que funcionan en muchas de las reacciones como si fueran

cuerpos simples y cuyas propiedades físicas y químicas son diversas de los cuerpos simples que les dan origen; muchos de estos radicales son considerados como orgánicos, otros pocos como minerales, habiendo también un grupo bastante numeroso de radicales orgánicos—minerales, que en mi concepto, tienden a probar, que las diferencias absolutas bajo el punto de vista químico entre los cuerpos orgánicos y minerales no existen: estas diferencias que los separan, no está fundada más que en la pequeñez de nuestros conocimientos, sobre la índole de los fenómenos que se verifican en el Cosmos.

Cuando se trata de hacer una teoría sobre un fenómeno de naturaleza geológica en la que deben intervenir los materiales acumulados en la corteza terrestre por las fuerzas de erosión y transporte y reacciones químicas en el subsuelo, (química subterránea), hay que tomar en cuenta los fenómenos vitales generales, pues a pesar de lo admitido en casi todas las obras didácticas modernas, los cuerpos calificados como minerales, entre los cuales se encuentran las rocas, no están desprovistas de vida; en la Física de Aristóteles, se leé: Los fundamentales de la Naturaleza entera, son el cambio y el movimiento. El que no ha reconocido estos dos principios, no conoce a la Naturaleza.

Es indudable que Aristóteles alude claramente a los fenómenos vitales, y los geólogos al tratar de explicar las reacciones que se producen en el interior de la corteza terrestre, hacen caso omiso o pretenden ignorar, que tanto en la superficie de nuestro planeta como en el interior hay manifestaciones de vida, cuyos fenómenos más salientes son las transformaciones de las rocas propiamente dichas y de los minerales (metasomatismo) como igualmente los cambios que sufren en su distribución; pues en la mayoría de los casos se encuentran primitivamente sumamente diseminados en las rocas de la formación y bajo la influencia de las fuerzas a que aludo, llegan a concentrarse en determinados lugares constituyendo los yacimientos minerales explotables industrialmente como vetas, mantos, yacimientos irregulares, etc., igualmente debemos clasificar en este grupo de fenómenos las dislocaciones y movimientos que sufren en el interior de la corteza los estratos de las rocas y en particular las sedimentarias, puesto que se encuentran sometidas a las mismas influencias que los animales y vegetales sin ningún género de duda; estas influencias, tratándose de los minerales, se han designado con el nombre de catalíticas, sabiéndose hasta ahora, que algunos cuerpos pueden por su presencia determinar en otros, reacciones químicas y fenómenos físicos diversos, pero no han llegado los sabios a investigar cuales son las fuerzas que realmente intervienen y por consecuencia no las conocen, dejando incompleto el conocimiento de muchos de los fenómenos que tratan de investigar, siendo sus teorías y las hipótesis en que las fundan sumamente obscuras.

Aristóteles que había sospechado estos fenómenos vitales, que se ejercen sobre la naturaleza toda, refiriéndose a la idea de gobierno y al orden que reina en todo el Universo, representa en uno de sus escritos "Ascultationes Phiscae" los fenómenos de la naturaleza, como efectos vitales, emanando de una Potencia Universal. El Cielo y la Naturaleza, dice, designando bajo estos dos nombres las esferas celeste y terrestre de los fenómenos, depende del motor móvil del mundo. El ordenador, o en otros términos, el último principio de los fenómenos sensibles, debe ser considerado como distinto de toda clase de materia.

La unidad que domina en todos los fenómenos, por medio de los cuales se hacen para nosotros, aparentes por medio de los sentidos, las acciones de las fuerzas, está elevada en las obras de Aristóteles a la categoría de un principio esencial, y las manifestaciones todas de la Naturaleza las refiere a movimientos.

Por lo tanto, en el tratado del ANIMA, adivinó la teoría moderna de las ondulaciones.

En el año de 1909, en mi folleto ya citado "Crítica y teorías nuevas sobre el período carbonífero" decía: "Sabemos que no hay cuerpos opacos absolutos, "todos se dejan atravesar con más o menos facilidad por ciertas radiaciones, que "en último análisis, sólo difiere entre sí en la longitud de sus ondas y en la "rapidez de su propagación; esto es en realidad, las únicas diferencias notables "que han encontrado los físicos en los diversos agentes dinámicos, que han "llegado a designar con algún nombre, todos los cuales obran sobre nuestro "planeta y cuanto contiene, dando lugar a la inmensa variedad de fenómenos de "cuyo estudio se ocupan los sabios.

"No hay la menor duda de que durante el día, la superficie toda de la Tie"rra absorbe cantidades enormes de la fuerza radiante del Sol, y durante la
"noche pierde una gran parte de esta fuerza, acumulada bajo la forma de radiaciones
"caloríficas principalmente; pero es seguro que no devuelve toda la cantidad de
"radiaciones que almacenó durante el día, siempre queda un remanente a favor
"de nuestro planeta; ese remanente se va acumulando en el interior, poco a poco
"y al llegar a determinado grado de acumulación o de tensión, influye sobre las
"capas sedimentarias y las demás rocas de la corteza, produciendo fenómenos
"metamórficos, diastrofíticos, etc., etc.

"Esta acumulación o almacenamiento de una parte, tal vez muy considera"ble, de la fuerza radiante emitida por el Sol, interceptada por nuestro planeta,
"bajo formas hasta hoy no estudiadas, es la causa principal de los fenómenos
"geológicos; la acumulación se hace del mismo modo, aunque por procedimien"tos distintos, que la acumulación del trabajo solar sobre los vegetales; calor (?)
"que se admite, se ha almacenado en grandes cantidades indirectamente con la
"ayuda del transcurso de los siglos, bajo la forma de esos mantos de carbón, cu"ya explotación y aprovechamiento, constituyen en la actualidad la base del
"Progreso e Industria modernos: (ahora agrego que los yacimientos petrolíferos
"y de gas combustible natural se encuentran en el mismo caso) a posteriori, te-

" nemos la prueba evidente de que esto es así, pues las fuerzas que han levantado a las masas continentales (fuerzas epeirogenéticas) y los movimientos eustáticos sólo se pueden comparar por su magnitud al resultado de las fuerzas empleadas por la Naturaleza para efectuar la Denudación, la cual se verifica poco a poco por medio de los agentes de erosión y transporte, que provienen indudablemente de las radiaciones solares, efectuando un trabajo mecánico algo parecido y tal vez análogo, al que se verifica constantemente por el intermedio de los vegeta"les, provistos de corofila o en las plantas terrestres o del pigmento rojo que abunda en las plantas marinas, que bajo la influencia de esos mismos rayos so"lares, descomponen el ácido carbónico, devolviendo a la atmósfera el oxígeno y fijando en sus órganos el carbón bajo la forma de celulosa, almidón, grasas, azúcar, alcaloides, etc., etc.

"El estudio sistemático, racional que se emprenda, en lo futuro, de los tem"blores, de las variaciones magnéticas, la influencia de las manchas del sol, so"bre los fenómenos terrestres, tanto geológicos como biológicos, vendrán sin duda
"alguna, a dar la clave de estos fenómenos, cuyo origen u orígenes, son hasta
"hoy muy obscuros y como consecuencia, muy poco estudiados; pero cuyos re"sultados en varios casos son desastrosos para los intereses del hombre, ignora"ramos casi por completo las leyes que los rigen; de esto resultan muy incompletas e improbables las teorías y explicaciones que se dan en las obras clásicas,
"de muchos de los fenómenos geológicos que se atribuyen, en mi concepto, erró"neamente a la acción de las fuerzas interiores."

En el trabajo que vengo citando me he declarado partidario de la hipótesis de que no existen realmente las fuerzas interiores, o mejor dicho: no existe en el interior de la Tierra causa capaz de generar fuerzas de ninguna especie, suceptibles de manifestarse al exterior como la causa de los temblores, del volcanismo, del metamorfismo, de los levantamientos o hundimientos y del agrietamiento de las masas o terrenos continentales ni tampoco de los insulares; todos los fenómenos geológicos los atribuyo a fuerzas exteriores, análogas a las que producen la denudación, las mareas, etc., etc, considerando a la Tierra como a una canica de vidrio. (Pág. 8 del folleto "Crítica y teorías nuevas sobre el período Carbonífero.)

Desde el año de 1909, emprendí una serie de estudios haciendo uso de la fotografía con pantallas especiales, que había yo descubierto desde principios de 1906 (véase el Magazine "Black Gold" publicado en México el 30 de junio de 1916, págs. 12 y siguientes) estos estudios me han producido la convicción de que la mayor parte de las ideas por mí publicadas en 1909 son correctas, y modificada la idea que yo tenía sobre el origen de las fuerzas que por no romper abiertamente con las tradiciones clásicas aceptadas, por una gran mayoría de los sabios actuales y muchos de los que han sido, consideraba como emanando del sol, que se considera o admite como el centro de nuestro mundo planetario, y

aun el Dios del universo, siendo él el dispensador de todos los bienes y de todos los males, de que el hombre es testigo pasivo la mayor parte de las veces; consideraba todas las fuerzas que obran sobre el planeta terrestre, sobre el origen de las cuales no se ha dado una explicación mediata satisfactoria, como modificaciones o transformaciones de la fuerza radiante que nos manda el Sol; hoy como fruto de mis experiencias, meditaciones e interpretaciones sobre todo lo que he podido estudiar y leer sobre estos puntos, tan debatidos por los antiguos y los modernos, me he colocado entre los partidarios de la idea de que la Fuerza existe en el Universo entero, la cual obrando sobre la materia, se hace sensible para nuestros órganos de percepción, pues le comunica a los diversos cuerpos propiedades especiales, que están en relación con el estado de agregación de sus átomos y moléculas integrantes, a las cuales les comunica vida, aun tratándose de los cuerpos minerales, como elocuentemente lo sostiene el Dr. Gustavo Le Bon, en muchos de sus escritos. Afirma que el átomo es el asiento de una gran energía, fundándose en los fenómenos observados, a los que ha dado el nombre de Disociación de la Materia, estudios que han dado origen a su obra titulada "Evolución de la Materia," evolución que yo admito, con la salvedad de que la atribuyo a la acción de las fuerzas exteriores.

Concretándome al caso del petróleo, partiendo de la hipótesis de que proviene de la transformación o metasomatismo de los mantos carboníferos o simplemente carbonosos, bajo la acción de las fuerzas exteriores, voy a traducir en palabras, algunos hechos que son del dominio de la ciencia, me refiero a los fenómenos catalíticos ya aludidos, o sea que la presencia de ciertos cuerpos, es capaz de determinar y acelerar las reacciones químicas, composición y descomposición entre otros cuerpos puestos en presencia, sin que el cuerpo que obra catalíticamente sufra ningún cambio aparente que se pueda determinar con los medios conocidos hasta ahora en el mundo científico; esta clase de fenómenos son muy semejantes a los que producen el calor o la luz en determinados cuerpos, siendo igualmente capaz de verificarlos la chispa eléctrica, como sucede con la combinación entre el hidrógeuo y el cloro, el hidrógeno y el oxígeno, etc., etc., que se puede provocar por medio de la luz, de la chispa eléctrica o la esponja de platino; esta similitud de la manera con que obran los cuerpos catalíticos y los agentes físicos antes mencionados, nos hace sospechar que en apariencia existe en ellos una fuerza acumulada que nos es desconocida, por no haber podido llegar a medirla, que es a lo único que han llegado los sabios en sus investigaciones sobre las fuerzas, que disque conocen.

Hay otra serie de fenómenos, de los cuales el selenio, nos presenta un ejemplo bastante bien conocido, y es que bajo la influencia de la luz se vuelve el selenio un cuerpo conductor de la electricidad, siendo una substancia aisladora en las condiciones ordinarias, aumentando su coeficiente de conductibilidad, propor-

cionalmente a la cantidad de luz que recibe, siendo muy probable que muchos de los minerales simples o compuestos que se encuentran en la corteza terrestre, y en el interior de la tierra hasta el centro mismo de ella, presenten propiedades análogas, aunque en un grado muy inferior que en el selenio.

De acuerdo con las conclusiones que defiende Le Bon, empleando los procedimientos científicos actuales, para apoyar sus conclusiones, sólo quedan en pie la materia y la fuerza, que tanto una como otra sufren evoluciones y transformaciones, presentando a nuestros sentidos las manifestaciones por medio de las cuales hemos llegado a distinguirlas; profundizando más el problema la materia también desaparece, según Le Bon y varios sabios modernos y de la antigüedad la materia en concepto de los más avanzados, no es sino la manifestación de los torbellinos de la fuerza; respecto a esto último, yo no estoy enteramente convencido, admito la Fuerza y la Materia como dos entidades aparte, para explicar todos los fenómenos sensibles a nuestros sentidos y los suprasensibles, sin negar en lo absoluto que Platón y Descartes tengan razón, en que la Materia no existe realmente.

Dando por cierto que la materia exista con el testimonio de nuestros sentidos como prueba, voy a desarrollar la teoría de la transformación del carbón mineral (?) de origen orgánico que yo considero como perteneciente a la química subterránea, a que aludí al escribir el principio de este capítulo, que no debe ser distinta de la química general, esta última hasta ahora, no se ha ocupado sino de la investigación de las reacciones que se verifican entre las diversas variedades de materia que designamos con el nombre de cuerpos minerales y cuerpos orgánicos, generalmente a la presión atmosférica, bajo la influencia de ciertas variedades de fuerza, de la que disponemos en los laboratorios.

El calificativo de subterránea que se ha dado a esta parte de la química sólo está justificado, por la ignorancia en que nos encontramos respecto a la manera de obrar y las características de las diversas transformaciones de la fuerza que se verifican en el interior de la tierra.

De mis investigaciones fotográficas por medio de pantallas, resulta que todos los cuerpos simples o compuestos en la clasificación admitida actualmente que es, como todas nuestras clasificaciones, una clasificación artificial con rivetes de natural, resulta que son una especie de transformadores que modifican la longitud de las ondas del éter, dando lugar en las diversas variedades de la materia a las manifestaciones innumerables por las que la vida se revela en todos los cuerpos tanto orgánicos como minerales. Existe descrita en varios libros viejos, una experiencia atribuída a Saussure que yo he repetido y variado, valiéndome no de vidrios, sino de placas de rocas diversas; la experiencia original consiste en encerrar dentro de una caja de vidrio prismática, completamente cerrada, cuyas paredes tienen cierto espesor, un termómetro, y exponer el conjunto

a los rayos solares, si se compara la temperatura que adquiere el termómetro encerrado en la caja, con la temperatura que acusa a otro termómetro expuesto directamente a los rayos del sol, se nota que la temperatura del ambiente encerrado dentro de la caja de vidrio, acusa una temperatura mucho más elevada; esto no tiene nada de particular y hay muchas explicaciones plausibles del fenómeno; pero si nosotros duplicamos o aumentamos en cualquiera proporción el espesor de las paredes de la caja de vidrio encerrándola en otra un poco más grande, y la volvemos a someter a la acción de los rayos solares, se acusa en el interior una temperatura mucho más alta que la observada dentro de la caja de paredes sencillas; aumentando sucesivamente el grueso de las paredes por el mismo procedimiento, se van obteniendo temperaturas más y más altas, hasta llegar a cierto límite, en el que la temperatura se mantiene estacionaria; si persistimos y seguimos aumentando el grueso de las paredes, la temperatura baja y en el interior de la caja se manifiestan fenómenos eléctricos bajo la forma de descargas, comparables a las que se obtienen con los condensadores de electricidad estática. introduciendo en el interior, substancias entre las cuales no es posible en el medio ambiente producir reacciones, éstas se verifican dando resultados muy diversos a los que enseña, o mejor dicho, prevé la química clásica: la observa; ción de la producción de electricidad y la producción de reacciones químicas, en el interior de la caja, son de mi cosecha.

Si repetimos la experiencia de Saussure, valiéndonos de placas de rocas para formar la caja, como de basalto, de caliza, de pizarras, areniscas, etc., etc., los fenómenos que se observan, son análogos pero no idénticos, comparados con los que se obtienen con las placas de vidrio, a igualdad de espesores, la intensidad calorífica es mucho mayor, hay emisión de luz negra, como la llama Le Bon, la cual no impresiona a la retina, pero sí a la placa fotográfica, y por medio de una pantalla especial, empleando mi procedimiento, se pueden convertir algunas de las radiaciones que no perciben nuestros sentidos, en otras que se pueden hacer perceptibles en la placa fotográfica; se verifican fenómenos de metamorfismo en las placas de roca colocadas en el interior: cuando se usa una combinación de cajas de rocas diversas, las reacciones químicas se verifican con gran violencia, en fin, parece que se trata de agentes físicos y químicos especiales, mucho más enérgicos que los que estamos acostumbrados a manejar ordinariamente en los laboratorios; esto, que a primera vista parece sorprendente y nuevo, no lo es en realidad, pues los pródigios que a cada paso nos presenta la naturaleza en cualquiera de los tres reinos, son la prueba más clara y patente de que los agentes físicos, químicos y mecánicos de que ella dispone, son mucho más variados y enérgicos que los que nosotros manejamos en los laboratorios.

En mis anteriores escritos sobre Geología he considerado al Sol, para no romper bruscamente, con las tradiciones clásicas académicas, que se admiten actualmente, como moneda de buena ley en el mundo científico moderno, como el origen de todas las fuerzas exteriores e interiores que obran sobre nuestro planeta, hoy rebajo la categoría del astro rey y lo clasifico como uno de los grandes transformadores, concentradores y acumuladores naturales, no siendo el único de la energía que debe llenar al espacio, al igual que cualquier humilde fragmento de roca o de tejido organizado de cualquier planta o animal, estrella, satélite, asteroide o cometa, no obstante esto, el Sol debido a su masa y a sus dimensiones representa el papel preponderante en el sistema planetario, siendo como es el mayor transformador y acumulador de energía que nosotros podemos estudiar; el sol no es como se le ha considerado hasta ahora, el oirgen de la energía del mundo planetario.

La energía se encuentra latente en todas partes, sólo que es necesario su transformación en vibraciones de cierta amplitud, para que llegue a producir cambios en la materia que se hagan perceptibles a nosotros por medio de nuestros sentidos, que unas veces podemos apreciarlos directamente y otras por medio o ayuda de aparatos más o menos perfectos que se encuentran actualmente en uso en los laboratorios de investigación científica; la admisión de esta hipótesis, simplifica mucho la inteligencia de una multitud de fenómenos cuya explicación permanece dudosa y da la clave para resolver muchos de los problemas que se consideran insolubles, sobre todo, tratándose de los fenómenos geológicos y biológicos.

Yo soy partidario de la opinión de Franklin sobre la utilidad de las hipótesis, una hipótesis aunque sea muy aventurada, pero que dé la explicación colacionada de uno o varios fenómenos, que no se hayan resuelto satisfactoriamente, se debe hacer pública, pues su discusión y aplicación a otros fenómenos de igual índole, hace descubrir sus defectos y corregirlos a medida que se va avanzando en los estudios parciales que se emprendan partiendo de ella; como ejemplo podemos poner muchas de las hipótesis emitidas por los antiguos, que a pesar de los errores que contenían, han hecho progresar a la ciencia hasta e punto que hoy se encuentra.

Si el autor de una nueva hipótesis y teoría, o modificador de una antigua, que explica mayor número de hechos que las que se admiten generalmente, pretende no hacerla pública, hasta que se encuentre perfecta, cosa que es imposible de lograr por las elucubraciones de un solo hombre, ese hombre es un egoísta y un vanidoso, hay que darla a la publicidad aunque se exponga el autor al ridículo y a la crítica apasionada a que se exponen siempre al principio, todas las ideas nuevas o resucitadas, pero si están bien fundadas llega a triunfar siempre, con el transcurso del tiempo; se debe publicar todo aquello que uno haya podido entrever sobre la Naturaleza, hay que huir de la opinión de Newton, que

se conformó al estudiar los fenómenos de la gravedad con decir *Hipotesis non fingo*.

De todo lo anterior se desprende que el petróleo puede muy bien resultar de una transformación del carbón que convencionalmente llamamos mineral, el cual se encuentra acumulado o diseminado entre las capas sedimentarias, bajo la forma de estratos potentes, mantos de carbón o simplemente partículas incorporadas, como pasa en las pizarras carbonosas, en las calizas fétidas, etc., etc.; verificándose la transformación en petróleo e hidrocarburos gaseosos, por la acción de las fuerzas exteriores, modificadas y concentradas por los estratos de rocas que cubren a los mantos de carbón o de substancias pétreas muy cargadas de elementos que formaron parte muy esencial del cuerpo de los organismos vivientes, principalmente vegetales, pudiendo representar en ciertos casos un papel muy importante las rocas volcánicas, bajo la forma de lacolitas, aunque no sea exclusivo este papel de las rocas de origen ígneo, pues de ciertas asociaciones en estratos de rocas diversas de origen puramente sedimentario, se pueden obtener resultados idénticos.

En la República Mexicana en la faja oriental que comprende a los Estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo y Puebla se encuentran criaderos de lignita y criaderos petrolíferos en formaciones casi idénticas del Cretácico hasta el Plioceno que no presentan grandes diferencias en el orden de colocación de los diversos estratos, presentándose el petróleo en abundancia en aquellas localidades en las que hay abundantes señales de encontrarse intercalados entre los estratos sedimentarios las inyecciones de las rocas volcánicas que se designan con el nombre genérico de Lacolitas sin que se pueda atribuir al calor aportado por las rocas volcánicas la transformación de los materiales petrólicos en petróleo: pudiéndose en muchos casos determinar las probabilidades de la existencia de yacimientos de petróleo por la potencia de las rocas volcánicas, interestratificadas entre las rocas sedimentarias que contengan mantos de carbón o señales de haberlos contenido, como pasa en los cantones de Ozuluama, Túxpam y Chicontepec, en el Estado de Veracruz, en los del Partido de Valles, Tancanhuitz y Tamazunchale, en el Estado de San Luis Potosí, Distritos de Huejutla y Zacualtipán en el Estado de Hidalgo; además, hay que llevar en cuenta la distancia a que se hallan las rocas volcánicas de los mantos o depósitos de material carbonoso, tanto en el sentido vertical como en el horizontal; pues parece que su influencia tiene un radio de acción bastante considerable, para resolver este problema práctico que hasta hoy ha escapado a la sagacidad de los Geólogos, en algunas de las zonas petrolíferas del país en donde existen intercaladas entre los estratos sedimentarios, masas más o menos considerables de rocas volcánicas por lo general muy alteradas.

Otro de los factores que tienen una gran influencia en la formación del petróleo además de las fuerzas transformadas a que me vengo refiriendo, es el pe-

ríodo más o menos largo de tiempo que haya transcurrido desde que la producción de esta clase particular de fuerzas haya podido obrar, operando la transformación de los materiales petrólicos en petróleo y gases combustibles, pues el factor tiempo tiene una importancia capital en el desarrollo de todos los fenómenos geológicos.

Es indudable que la formación del petróleo tiene que ser posterior al depósito de las capas sedimentarias, no concibiéndose que se haya podido depositar entre los estratos al mismo tiempo que se depositaban en el seno de las aguas los materiales de naturaleza pétrea que constituyen en su mayor parte los terrenos petrolíferos, tratándose de una substancia como el petróleo y los hidrocarburos que lo acompañan, pues éstos son cuerpos que tienen una densidad inferior a la del agua, y más teniendo en cuenta que el agua que impregnó a los materiales de las capas sedimentarias ha sido expulsada en su mayor parte, por las acciones posteriores que han dado lugar a la consolidación de los materiales que vienen a constituir los elementos petrográficos de las rocas sedimentarias; mientras que si adoptamos la hipótesis de que el material primitivo del que se deriva el petróleo son las substancias carbonosas que resultan de la transformación de los materiales orgánicos muertos que se encontraron al abrigo de las influencias directas de la atmósfera, que da por resultado un cuerpo que tiene densidad bastante superior a la del agua pura o del agua salada, la imposibilidad de la acumulación de los materiales petrólicos que acabo de señalar queda removida; siendo perfectamente explicable que una multitud de calizas, margas, areniscas y pizarras, como las que se encuentran frecuentemente en estos yacimientos, están impregnadas de hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, sin que por otra parte se encuentren en dichas rocas huellas de metamorfismo, debido al calor sobre los materiales que constituyen las partes principales de las diversas rocas que se encuentran en las formaciones petrolíferas, las experiencias que yo he emprendido, sometiendo por un período de más de un año, ejemplares de antracita, lignita, carbones bituminosos y turba, encerrados en cajas compuestas de varias láminas de rocas iguales a las que encontramos en los criaderos petrolíferos del país y sometiéndolas a la acción de los rayos solares, me han dado indicios preciosos sobre esta clase de fenómenos, que demuestran la posibilidad de la transformación del carbón fósil en hidrocarburos en el subsuelo, bajo la acción de las fuerzas exteriores, pues el resultado del análisis de las muestras sometidas a la experiencia. comparado con el que se obtuvo antes de colocarla en las cajas, han demostrado que aumenta el tanto por ciento de las materias volátiles, a expensas del carbón fijo y de la humedad.

Las rocas sedimentarias por lo general, cuando no han sufrido la influencia del calor, conservan además del agua de hidratación que corresponde a su composición química definida, cierta cantidad de agua entre sus poros interpuesta mecánicamente, y aun esta última agua tiende a separarse de la roca cuando la presión que experimenta el terreno, por el peso de las capas que se encuentran encima o por compresión lateral en el criadero, es muy considerable; en los carbones minerales se encuentra siempre un tanto por ciento de humedad que llega generalmente a cinco por ciento y en las rocas sedimentarias de los criaderos petrolíferos a siete por ciento por término medio, así como el grueso y la extensión ocupadas en el espacio por estas formaciones son muy considerables, tenemos que sin acudir a otras fuentes de agua en el interior de la formación, contamos con toda la suficiente para que al disociarse bajo la influencia de las fuerzas exteriores transformadas pueda proporcionar todo el hidrógeno necesario para que el carbón contenido en el criadero se convierta en hidrocarburos petrólicos; esta descomposición del agua se tiene que hacer bajo la influencia de una fuerza extraña que desarrolle un calor equivalente por lo menos a 3,750 calorías gramos por cada gramo de agua; he tomado por base la caloría gramo por ser la unidad que se escoge en las medidas que se hacen en las experiencias de termoquímica, que pudiéramos convertir en gramo metro multiplicando la cifra dada, por 425 que es el equivalente mecánico de una pequeña caloría o por 41.692,500 para obtener el número de ergs; este trabajo que hay que emplear para descomponer un gramo de agua, es 1.74 veces superior al que se necesita para descomponer un gramo de bióxido de carbón que requiere 2,143 calorías gramo, trabajo que ejecutan los rayos solares en los vegetales provistos de clorófila, en los vegetales terrestres y en los marinos provistos de pigmento rojo, el mecanismo debe ser muy semejante en el caso de las rocas que en el subsuelo verifican la transformación de la fuerza radiante emitida por el sol, siendo su intensidad mucho mayor, puesto que tiene que desarrollar mayor suma de trabajo para descomponer el agua que cuando las plantas descomponen el bióxido de carbón para aprovechar el carbón en la formación de sus tejidos y desprendiendo el oxígeno que va a dar a la atmósfera, siendo este oxígeno consumido para formar el bióxido de carbón, en los fenómenos de la respiración de los seres organizados y así sucesivamente. En el caso que estamos estudiando de descomposición del agua en el seno de los estratos relativamente permeables que contengan el agua y el carbón, que podemos considerar a estos cuerpos hasta cierto punto, como encerrados entre una capa superior y otra inferior impermeables, el oxígeno naciente, producto de la descomposición del agua en el seno de los estratos relativamente permeables que la contienen en el criadero que no puede disiparse en la atmósfera, tiende naturalmente a combinarse con otros cuerpos allí presentes para los cuales tiene gran afinidad en las condiciones especiales que se encuentran en el yacimiento, formando compuestos que no puedan disociarse bajo la acción de la energía modificada que ha operado la descomposición del agua. Entre los acompañantes constantes de un gran número de rocas igneas o sedimentarias y del carbón mineral el cual siempre contiene cierta cantidad de azufre, se encuentran además, las piritas de fierro; estas piritas en las condiciones ordinarias, se peroxidan dando como producto sulfato de peróxido de fierro y bióxido de azufre que se conoce con el nombre de gas sulfuroso, este anhidrido sulfuroso, bajo la acción del oxígeno libre y de la humedad tiende a convertirse en ácido sulfúrico libre, que atacará de preferencia a los carbonatos de cal que se encuentran en gran abundancia entre los materiales que constituyen las capas sedimentarias de la formación petrolífera, dando por resultado, el que una gran parte de las calizas se transformen en yeso o sulfato de cal y se desprenda el bióxido de carbón, este bióxido de carbón en presencia de una gran cantidad de carbón y bajo la acción de las fuerzas exteriores modificadas, puede convertirse en protóxido de carbón gaseoso que se une a los hidrocarburos gaseosos para formar el gas combustible que se encuentra siempre con el petróleo, o como base para la generación de los productos de petróleo ligeramente oxidados que se recogen en las chapopoteras y que se ha considerado que son petróleos que han sufrido una oxidación bajo la influencia del oxígeno libre del aire atmosférico, pero es mucho más probable que se encuentren completamente formados en el yacimiento mismo.

En cuanto a la acumulación de la sal gema, principia por la concentración de las aguas madres saladas que impregnan a las rocas sedimentarias marinas continuándose el fenómeno de concentración por los efectos de la disociación del agua, que produce exígeno que viene a oxidar al azufre convirtiéndolo primero en anhidrido sulfuroso y después, bajo la acción. de la humedad y el oxígeno, se convierte en ácido sulfúrico que ataca a has calizas del criadero, formando sulfato de car y desuprombiéndose al estado gaseoso bióxido de carbón, como igualmente el hidrógeno, quedando aprisionado entre los estratos impermeables del criadero en donde contribuye a las reacciones que se verifican después. Otra parte del oxígeno uniéndose al carbón produce el protóxido o el bióxido de carbón, y en cuanto al hidrógeno que se desprende como resultado de la disociación del agua del criadero, se une al carbón para formar los diversos compuestos hidrocarbonados de las series del petróleo. En las páginas anteriores, ya dije como es posible que el anhidrido sulfuroso, bajo la influencia de los hidrocarburos ligeros, puede descomponerse bajo la acción del calor produciendo agua y azufre libre, que se deposita en este caso particular; el calor necesario para iniciar el fenómeno deberá estar suministrado por una de las transformaciones de la Energía, capaz de determinar esta especie de combustión que es exotérmica, a medida de que el agua va desapareciendo del criadero, los cloruros alcalinos se concentran y llegan a cristalizar, constituyendo las capas de sal que se encuentran con frecuencia entre las formaciones de los yacimientros petrolíferos.

En cuanto a los fenómenos de distribución, tanto del azufre como de la sal,

los trataré en uno de los capítulos siguientes, ligándolos con los de acumulaciones y distribución del petróleo.

Como se ve, la teoría que propongo explica el mayor número de fenómenos más salientes, que se han verificado en los yacimientos petrolíferos, así como muchas de las particularidades de los yacimientos de los combustibles líquidos y gaseosos que se encuentran en el subsuelo.

Creo haber establecido bajo sólidas bases los siguientes principios:

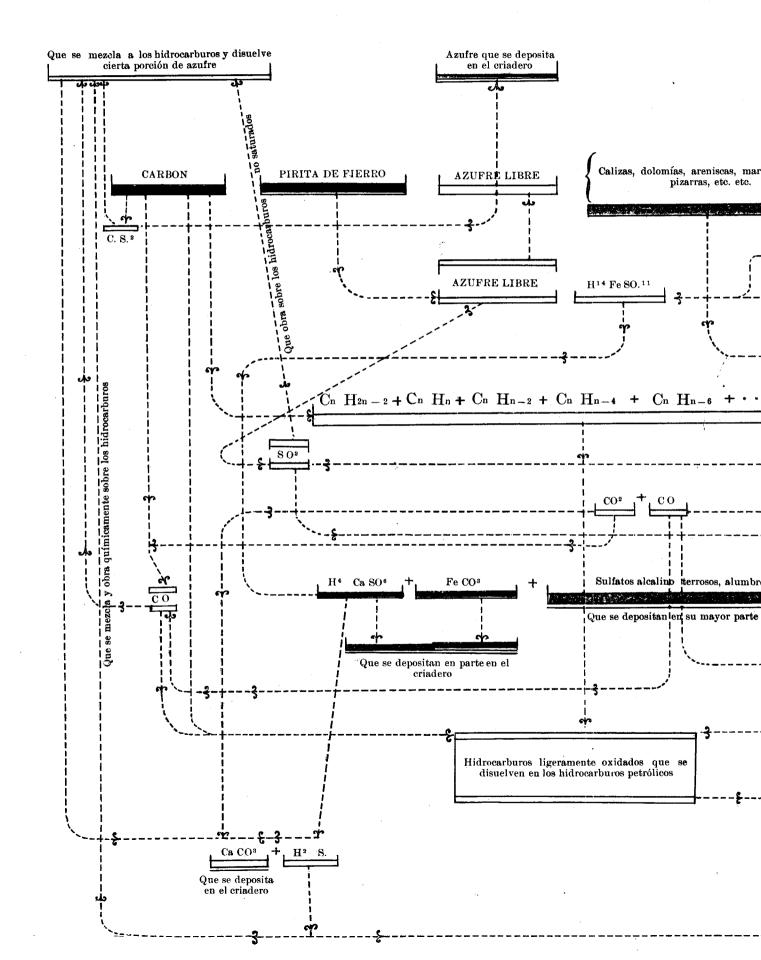
Primero.—Que el petróleo que se encuentra en el subsuelo de los terrenos petrolíferos, se debe a un metasomatismo de los mantos de carbón bajo la influencia de las fuerzas exteriores, modificadas por su paso por los materiales de los estratos, fuerzas que producen la disociación del agua que es la fuente principal del hidrógeno; el oxígeno que resulta viene a obrar igualmente sobre los diversos materiales para producir los particularidades geológicas—minerales que se observan en los criaderos petrolíferos.

Segundo.—Que la materia orgánica muerta que proviene de los vegetales tanto terrestres como marinos, son la fuente principal del carbón del que se deriva el petróleo y los gases combustibles que lo acompañan.

Tercero.—Que los fenómenos que se verifican en el interior de los estratos para producir el petróleo, son muy parecidos a los que se verifican durante la vida de los vegetales y que deben obedecer a leyes semejantes, siendo casi seguro que en la formación de los criaderos metalíferos intervienen las mismas fuerzas, que contribuyen para la formación del petróleo como me lo propongo demostrar cuando publique mi teoría sobre formación de los yacimientos minerales que tengo en preparación.

Cuarto.—Que las fuerzas que intervienen son las mismas o muy semejantes que las que intervienen en todos los fenómenos biológicos, lo que tiende a demostrar la unidad de las fuerzas y de la materia, lo que está de acuerdo con las ideas filosóficas admitidas actualmente por la inmensa mayoría de los sabios, no habiendo ninguna diferencia esencial entre las fuerzas que operan los fenómenos geológicos y las diversas fuerzas que hoy se admiten, como las físicas, químicas, biológicas, geológicas y mecánicas, cuya clasificación artificial debe aún subsistir por algún tiempo, aunque sea transitoriamente, sobre todo, para la enseñanza en las diversas ramas de la Ciencia.

CUADRO esquemático de las reacciones finales que deben verificarse en la permeables, bajo la influencia de las fuerzas exteriores, modificadas das en ellos, hasta adquirir la tensión suficiente para hacer posibles tamente, según las bases expuestas en el Capítulo IV de esta obra.



n verificarse en los criaderos petrolíferos, a una gran presión, en receptáculos imres, modificadas por su paso al través de los estratos del criadero y acumulaa hacer posibles las reacciones indicadas, que se van verificando por turnos y len-7 de esta obra.

