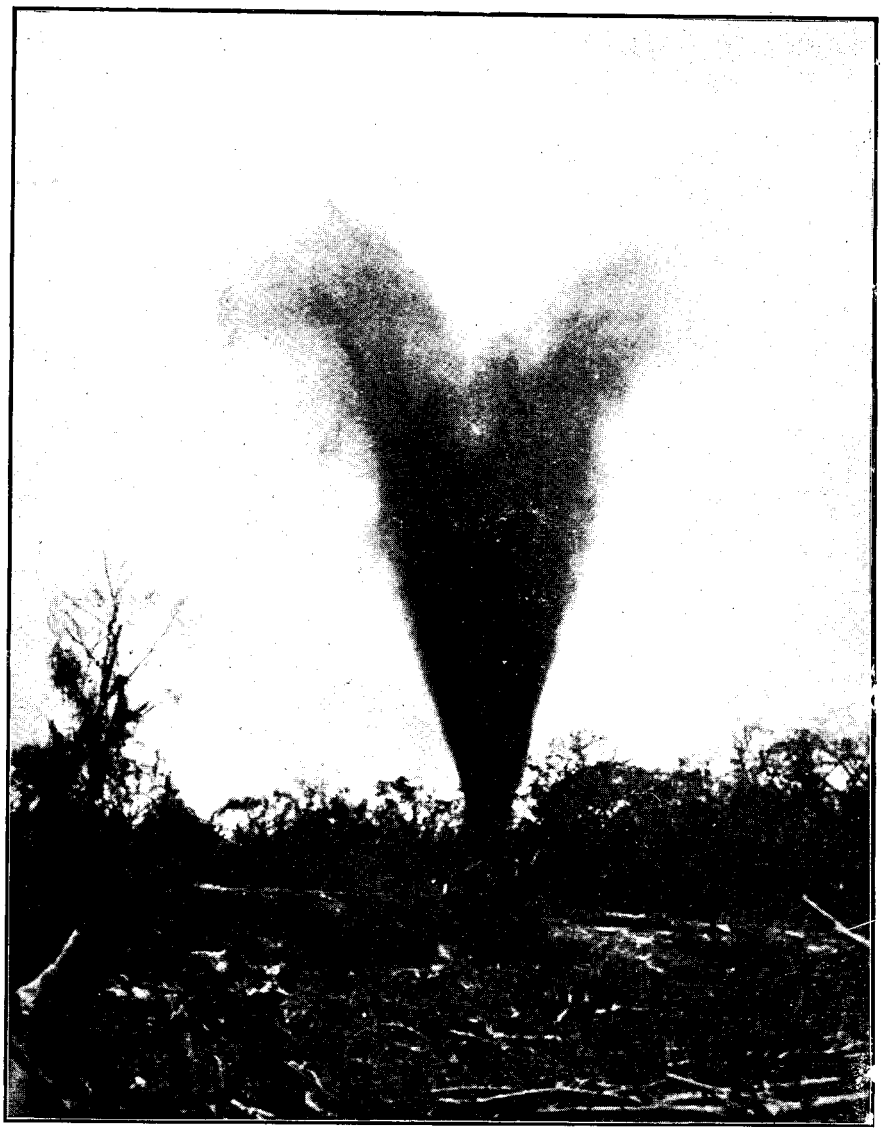
CAPITULO III.

Origen de la formación del Petróleo

Hasta ahora, a pesar del desarrollo de la explotación petrolera en el Estado de Veracruz principalmente, cuya producción lo coloca en primera línea como productor de petróleo no sólo de los Estados que forman la Federación de la República Mexicana, sino tal vez del mundo entero; no ha sido estudiada bajo el punto de vista geológico suficientemente, para tener una idea clara de las formaciones en que se encuentra el aceite mineral, existen varios estudios aislados, que sólo se hayan de acuerdo en clasificar las formaciones en donde se han localizado los grandes yacimientos actualmente explotados, como pertenecientes a las formaciones del período Cretácico, y de la Era Terciaria sin que se puedan hacer las subdivisiones, por no haberse encontrado o estudiado suficientemente los pocos fósiles que se han obtenido de los estratos de las diversas regiones petrolíferas en explotación, en donde desgraciadamente, son muy escasos y mal conservados para que la clasificación se hubiera podido hacer con facilidad.

Otras de las dificultades con que se tropieza para hacer el estudio estatigráfico de los terrenos atravesados por las numerosas perforaciones que se han hecho hasta hoy en estos terrenos, es la ocultación de los diversos datos obtenidos por las compañías petroleras que cuentan con verdaderos geólogos, que mantienen secreto el resultado de los estudios que les han servido de base para hacer las inversiones de los grandes capitales que tienen dedicados en esta empresa dando como razón para justificar su conducta, que la obtención de esos datos les ha costado una gran suma de dinero.

Los registros que publican son los que comunmente llevan los perforadores empleados en la apertura de los pozos, los cuales como es natural, carecen de conocimientos científicos en materia de Geología, Mineralogía, Paleontología, etc., etc., los únicos datos dignos de fe, y esto hasta cierto punto, son las profundidades a que se encuentran los cambios de dureza y aspecto de las rocas que ellos llaman pizarras, calizas, gumbo o lodos, indicios de petróleo, salida de gases,



Gran Pozo Brotante de Petróleo del Llano Núm. 4.
Profundidad de la perforación, 587 metros. Presión de los gases, 40 kilogramos por centímetro cuadrado.
Potencialidad de la producción en petróleo, 16,666 toneladas diarias.

agua salada, y por último, petróleo, las mayores o menores difilcutades que han experimentado al atravesar las diversas capas, que no siempre son reales, sino que dependen del estado de uso en que se encuentran sus herramientas y de la actividad con que han trabajado.

Para llegar a algunas conclusiones fundadas en esta materia, no basta en mi concepto, hacer el estudio únicamente en los campos de explotación petrolera, sino que hay que tener en cuenta los estudios ya hechos sobre una extensión de terreno que abarque no sólo lo que se reputa actualmente como formación petrolífera, sino de todas las formaciones del Cretácico que se encuentran en la República y sus relaciones con los terrenos pertenecientes al período Jurásico y tal vez del Triásico, es decir, de toda la Era Mesozoica a la que corresponden los tres períodos citados, completando el estudio con las relaciones que las formaciones del Cretácico tienen con las formaciones de la Era Terciaria y con los fenómenos volcánicos que se han verificado desde principios del período Cretácico hasta el Cuaternario, sin perder de vista la teoría que se acepte al emprender este estudio del origen del petróleo, causas que pueden determinar la transformación de las materias petrólicas, es decir, de aquellas substancias, que bajo ciertas condiciones y bajo la acción de las fuerzas naturales, son susceptibles de transformarse en petróleos y gases hidrocarburados ya sea de base de parafina, ya de asfalto, para poder llegar a conclusiones de alguna utilidad práctica, y poder fundar la teoría de la acumulación del petróleo o de los hidrocarburos en general, en el subsuelo de los terrenos petrolíferos productivos.

Es indudable *a priori*, que los fenómenos generales de la transformación de los materiales o substancias petrólicas en hidrocarburos sólidos y gaseosos deben ser siempre los mismos en todas las regiones del mundo, únicamente los detalles secundarios, tienen que variar no sólo de un lugar a otro, sino también en las diversas fracciones en que se pueda dividir un mismo yacimiento, exactamente como pasa en los yacimientos de substancias metalíferas y carboníferas, la Geología del Petróleo, no puede ser distinta de la Geología General, que se refiere a los yacimientos metalíferos; únicamente en los detalles de la acumulación habrá ciertas diferencias puesto que se trata de líquidos y de gases que obedecen a las leyes de la areohidráulica en mayor grado que los cuerpos sólidos que nos encontramos en los yacimientos que contienen los cuerpos sólidos. En esto pasa exactamente, lo que ha pasado con las diferencias notables que encontraron los químicos, hasta mediados del siglo pasado, entre lo que ellos llamaron Química Mineral y Química Orgánica, que hoy han desaparecido, gracias a que se conocen mejor las propiedades químicas de los cuerpos que hasta hoy reputamos como simples y al mejor empleo y conocimiento de las fuerzas que se hacen intervenir en la producción de los cuerpos compuestos, cuando ponemos en presencia los cuerpos simples de que pueden derivarse en ciertas condiciones determinadas

de antemano, condiciones que en la mayoría de los casos se han descubierto por casualidad en los laboratorios, durante el curso de las experiencias, haciendo intervenir principalmente las variedades de energía que conocemos con los nombres de Calor, Electricidad, Magnetismo, Luz, Fuerzas Catalíticas, Absorción, Capilaridad, etc., etc., que sabemos manejar y hasta cierto punto medir.

En el gran Laboratorio de la Naturaleza las diversas transformaciones de la materia, o mejor dicho, combinaciones de los cuerpos que nosotros reputamos como cuerpos simples, que en casos muy especiales se encuentran al estado nativo, en la superficie o en el subsuelo, se verifican de acuerdo con las leyes generales de la síntesis y del análisis que hemos llegado a conocer de una manera bastante aproximada, por lo general cuando se verifican a la presión atmosférica; pero es indudable que muchas de las variedades de energía que intervienen principalmente en las combinaciones y descomposiciones de los cuerpos que se encuentran en el subsuelo, no entran aún en el cuadro de las fuerzas que nosotros manejamos en nuestros laboratorios, con verdadero conocimiento y que sabemos medir; querer hacer entrar en el cuadro de las reacciones químicas ya estudiadas y admitidas de composición y descomposición que nosotros podemos provocar entre los diversos cuerpos que ponemes en presencia, bajo la influencia de alguna o algunas de las fuerzas cuyo manejo conocemos, a los que se verifican en el interior de la corteza terrestre bajo condiciones muy diversas de presión y medio que las rodea tan diferente, da por resultado el establecimiento de teorías como la del origen anorgánico del petróleo que ha sido iniciado por Mendeleeff y completada y sostenida por un sabio de la talla de Bertholet, que no llegan a satisfacer a los geólogos y en la práctica son superabundantes; aunque experiencias relativamente recientes de laboratorio hayan permitido a Sabatier y Sanderens, en el año de 1902, obtener una mezcla de hidrocarburos líquidos, parecidos a los petróleos de Pensylvania, por la acción catalítica del níquel sobre una mezcla de hidrógeno y acetileno, son un hecho curioso que es posible que se verifique en el subsuelo, cuando se encuentran reunidas todas las circunstancias de la experiencia; pero ante todo podemos decir que la presencia del níquel y sobre todo el níquel metálico, en conexión con los yacimientos de petróleo, es tan rara que hasta hoy no se puede citar un sólo ejemplo; esta experiencia de Sabatier y Sanderens adolece de los mismos defectos de las teorías invocadas por Mendeleeff y Bertholet.

Mucho más racional, aunque también poco probable, es la teoría que fundándose en la asociación, en ciertos criaderos petrolíferos, del azufre, del yeso y de la caliza con el aceite mineral, explica la derivación del petróleo snponiendo que el yeso en presencia de una materia orgánica en descomposición, supongo yo, que bajo la acción directa de la atmósfera, pues de otra manera no es posible, produzca anhídrido carbónico, el sulfato de cal puede descomponerse, dando co-

mo productos finales, carbonato de cal, azufre libre y un hidrocarburo probablemente gaseoso, como pasa en las experiencias del laboratorio, pero sólo admitiendo que estos fenómenos se verificarán a una gran presión, podemos admitir que se obtuvieran hidrocarburos líquidos, pero entonces nos encontramos con la inmensa dificultad de explicar la transformación de una gran parte de la materia orgánica en anhídrido carbónico, para lo cual es necesaria la intervención del oxígeno que sólo se encuentra libre en la atmósfera, para que el conjunto de estas reacciones se verifique, se necesita un grado de mezcla de las diversrs substancias que las pongan en contacto íntimo, que en la Naturaleza no se encuentra, además cierta elevación de temperatura que no es la que pudieran alcanzar esos cuerpos en las condiciones ordinarias de su yacimiento: por otra parte, existen una multitud de experiencias del Laboratorio e industriales para aprovechar el azufre que se pierde en la reverberación de los minerales oxidados, bajo la forma de bióxido de azufre o ácido sulfuroso, carburando este gas por medio de vapores de los productos ligeros de la destilación del petróleo y quemando después esta mezcla en un espacio casi cerrado en donde el acceso del aire atmosférico sea difícil, de este modo se puede obtener la ventaja de aprovechar el azufre obteniéndose al mismo tiempo un desideratum, el que los gases que se escapan de los hornos metalúrgicos se transformen principalmente en agua, bióxido y protóxido de carbón que no producen ningunos perjuicios a la vegetación ni a las construcciones de fierro, de las que se hace gran uso en la mayor parte de los establecimientos metalúrgicos; pero para esto es necesario elevar la temperatura a más de trescientos grados. Por otra parte, es claro que si existe la materia orgánica susceptible de transformarse en hidrocarburos líquidos y gaseosos, por la simple acción del calor, estos cuerpos al estado de gas o de vapores a cierta temperatura y presión, podrán llegar a reunirse encima o debajo de la capa de yeso primitivo, puesto que pueden atravesar la masa del yeso para convertirlo en carbonato de cal y azufre libre, sin que estas reacciones se puedan invocar como las directamente responsables de la transformación en petróleo de los materiales orgánicos que se encuentran a grandes profundidades en el subsuelo, substraídos a la acción del oxígeno del aire y de los microrganismos que son los que provocan la descomposición de las materias orgánicas en la superficie de los terrenos o en el interior a profundidades en la que se hace sentir la acción química del oxígeno del aire, que por lo general no exceden de unos cuantos metros, siempre que haya una circulación subterránea de aguas que acarreen disuelto el oxígeno del aire indispensable para la vida de los microrganismos y al mismo tiempo purificar el medio del exceso de ácido carbónico como producto de la descomposición de las materias orgánicas y la respiración de los organismos vivos.

En el fondo de los mares y de los lagos, se verifican fenómenos físicos, quí-

mico-biológico-mecánicos, semejantes a los que acabo de apuntar, siendo el agua el vehículo de transporte del oxígeno indispensable para la vida de los organismos en plena vida, y al mismo tiempo se apodera del bióxido de carbón de los gases de transformación o putrefacción que se desprenden de las materias muertas de origen orgánico que se van acumulando en el fondo de los receptáculos de agua tanto superficiales como profundos, los gases que en parte se disuelven en el agua, la abandonan en la superficie para continuar el ciclo de las transformaciones y fijaciones de ciertos elementos químicos necesarios para la vida y desarrollo de los seres orgánicos vivos, animales o vejetales, que se encuentran tanto sobre la superficie de la tierra, como en el seno de las aguas y en el aire atmosférico.

Pero tanto el petróleo como la serie de hidrocarburos gaseosos que lo acompañan tienen una densidad inferior a la del agua, y por consiguiente no pueden llegar a reunirse para formar en el fondo de los receptáculos de agua los grandes depósitos que se explotan en los terrenos petrolíferos, sino que son arrastrados a la superficie por el agua en circulación que es indispensable para que se verifiquen los fenómenos de putrefacción o transformación y disipados en la atmósfera si son gaseosos o flotan en la superficie del agua si son líquidos, a medida que se produzca esta clase de fenómenos que no hay duda que se verifican en cierta escala en los pantanos y en los lagos en donde no es raro encontrar natas de substancias grasosas, que se pueden confundir a primera vista con indicaciones de aceite mineral o petróleo, pero un análisis cuidadoso demuestra que realmente son grasas ligeramente modificadas, de las que existen en los tejidos de los vegetales o del cuerpo de los animales que han perecido; en todos estos lugares se observa el desprendimiento continuo del gas de los pantanos CH_4 que es uno de los miembros de la serie $H_n C_{2n+2}$ que se pueden extraer de los petróleos y de los gases que los acompañan, siendo los términas más bajos, de la serie gaseosos a la temperatura y presión ordinaria, los que le siguen líquidos principiando con la Pentana y terminando con la Hexadecana y sólidos la Octodecana hasta llegar a la Pentatriacontana, que corresponden a la serie de parafinas de los petróleos de Pensilvanya, igualmente en la serie de las llamadas olefinas se encuentran hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos cuya fórmula general es $C_n H_{2n}$ que también se conocen con el nombre de naftenas; la serie del acetileno cuya fórmula química general se puede escribir $C_n H_{2n+2}$ la serie del benzeno o serie aromática $C_n H_{2n+6}$ y otras series cuyas fórmulas son muy complicadas que pueden obtenerse de las grasas, tanto de origen animal como vegetal, y de los petróleos, empleando el calor y algunos reactivos, pero cuya existencia independiente en esas substancias de las que se obtienen en los laboratorios no se ha llegado a aclarar suficientemente.

De todos modos, nos encontramos que las llamadas teorías anorgánicas de

formación del petróleo se pueden clasificar en cuatro grupos: primero el que supone la existencia en las profundidades de la corteza terrestre de hidrocarburos metálicos, que al contacto del agua producirían hidrocarburos de la serie del acetileno, bajo una gran presión y en contacto de rocas o materiales que pudieran condensarlos y transformarlos en petróleos. Esta teoría no es admisible por las siguientes razones: la primera, que es necesario demostrar que existen en el seno de la tierra esos carburos metálicos, cosa que hasta ahora con los conocimientos que tenemos, parece imposible; la segunda razón que hay para desechar esta teoría, es que supone la intervención del agua, después de que se hubieran formado los carburos metálicos, esta agua si proviene de la superficie o de las aguas freáticas, deberá haber llegado hasta ponerse en contacto con el carburo, por medio de grietas que deberían igualmente dar paso hacia la superficie de los gases generados por la descomposición de los reactivos agua y carburos metálicos; si suponemos que son aguas magmáticas, entonces es aún más difícil explicar la formación de los carburos metálicos, pues esas aguas magmáticas lo impedirían; pero aun suponiendo que el agua fuera de origen magmático y se hubiera separado después de que se hubieran formado los carburos metálicos, nos encontramos con dos grandes dificultades: la primera, es que el petróleo no está formado únicamente por compuestos de la serie del acetileno, sino que viene siempre acompañado por miembros de las otras series, por consecuencia lo que se obtendría no sería petróleo: la otra dificultad es que el petróleo se encuentra en grandes cantidades, principalmente en los terrenos de origen sedimentario, en donde el agua ha obrado libremente y en cantidades muy grandes, que hacen imposible la formación, y sobre todo, acumulación de los famosos carburos metálicos que se descomponen inmediatamente al contacto del agua o del vapor de agua, que sería al estado a que se desprendería en el interior de la tierra el agua magmática; y la tercera razón, es que el petróleo viene siempre acompañado de agua salada y ciertas cantidades de azufre, ázoe, fosfuros de hidrógeno y algunos otros cuerpos de menor importancia que ponen en manifiesto que se trata de un cuerpo derivado de substancias de orígen orgánico vegetal o mixto, como lo demuestran igualmente los fósiles que se han encontrado en los terrenos petrolíferos y que acompañan a muchos de los terrenos sedimentarios.

El segundo grupo de teorías, pone en juego las acciones y reacciones de las fuerzas catalíticas o electrolíticas sobre las rocas del terreno que pondrían en libertad en el interior de la tierra hidrógeno y carbón derivados del yeso y de la caliza y del agua de composición o mecánicamente interpuesta entre las partículas de las rocas sedimentarias que se encuentran en los yacimientos petrolíferos: el tercer grupo supone reacciones semejantes provocadas por las fuerzas catalíticas entre los diversos carbonatos hidratados que se encuentran entre los compuestos de las rocas sedimentarias especialmente, los carbonatos de calcio, y por último,

el cuarto grupo indica reacciones entre el hidrógeno y el carbón, cuyo origen no se dá a conocer sino vagamente.

Todas estas teorías están en la actualidad lo suficientemente desacreditadas para que nos metamos a refutarlas, aunque en algunas hay cierta posibilidad de que una parte de las reaciones supuestas, puedan contribuir a la formación del petróleo, pero en cantidades mínimas, lo que hace que no se puedan admitir sino para experiencias sumamente difíciles de verificar en los Laboratorios, que en último resultado, no producen petróleo crudo.

En las teorías que hacen derivar el petróleo de los materiales procedentes de los organismos cuyas partes fosilizadas que se encuentran entre las rocas sedimentarias, se pueden hacer también cuatro grupos: en el primer grupo nos encontramos todas aquellas teorías que hacen derivar el petróleo de las partes volátiles de los mantos delignita principalmente o de los de carbón fósil, que tienen un origen semejante, bajo la influencia del calor y de una gran presión; en el segundo grupo, el origen del petróleo se atribuye a la destilación de las plantas acuáticas, tanto marinas como de los lagos y pantanos que se encuentran enterradas bajo los sedimentos; el tercer grupo comprende las teorías que hacen derivar el petróleo de la destilación en el seno de los estratos de los restos de los animales, comprendiendo a los restos de peces, moluscos, corales, espongiarios, diatormeas etc., etc., y en el cuarto grupo, se encuentran teorías en las que se consideran como el material originario del petróleo las acumulaciones de lodos que contienen en abundancia restos de bacterias y microorganismos.

Del examen de las teorías orgánicas del origen del petróleo, se pueden hacer dos grupos principales, la teoría del origen vegetal que comprende a los dos primeros grupos, y las teorías del origen animal que comprende a los grupos tercero y cuarto; de esto se desprende indudablemente, que tenemos que examinar primero las probabilidades que existen para que el petróleo se pueda derivar de los materiales de origen vegetal que se encuentran en los terrenos sedimentarios y de aquellos de origen animal, cuyas acumulaciones son hipotéticas puesto que sólo se conocen acumulaciones de las partes duras, como las testas, los huesos etc., etc; estos materiales tienen todas las probabilidades de que de ellos se hubiera originado el petróleo que se encuentra entre los estratos de los terrenos sedimentarios de los cuales se obtiene actualmente el petróleo en cantidades comerciales, en los diversos países del mundo que explotan los combustibles hidrocarburos, sólidos, líquidos y gaseosos.

Lo primero que dan a conocer los estudios geológicos de los criaderos petrolíferos, es que el petróleo se encuentra contenido entre los estratos de las rocas sedimentarias que corresponden a épocas muy diversas, correspondientes a todas las Eras, a partir de la Paleozoica hasta la Terciaria; en Pennsylvania y en Kentucky se encuentra en el Devoniano Superior; en el Canadá, en el Devoniano In-

ferior, en Virginia occidental, en el Subcarbonífero; en Ohio, en las Coal-measures, Devoniano Superior (Esquistos Huronianos), y especialmente en el Siluniano Inferior, (Calizas de Trenton); en Colorado se encuentra en el Cretácico, en California, en el Mioceno, del Terciario de la Sierra de la Costa, en todo el trayecto entre los Angeles hasta el Cabo Mendocino; en Europa y en Asia, en varias de las formaciones del Terciario, lo mismo que en México y en la América del Sur; no siendo remoto que se lleguen a descubrir criaderos de petróleo en las formaciones sedimentarias del Arcaico y del Cuaternario.

En la Geología clásica, que hoy podemos clasificar como anticuada, se consideró que en las formaciones sedimentarias de los terrenos que se clasifican como pertenecientes a las diversas subdiviciones del Arcaico, no podían encontrarse huellas de organismos, pues las condiciones atmosféricas y el exceso de calor de la parte sólida de la Tierra eran tales, que no podían permitir la vida a ningún ser organizado; en otros términos, la vida de los seres organizados era imposible, y los primeros geólogos fundadores de la ciencia Geológica llamaron a esta Era, Azoica: los estudios modernos han conducido a los geólogos actuales a admitir que la vida debió haber aparecido sobre nuestro planeta, mucho antes de que se empezaran a depositarse los primeros terrenos sedimentarios de la Era Paleozoica, y esto ha hecho abandonar el nombre de Azoica que se le dió a la primera Era con la que principia la Geología Histórica, substituyéndolo con el de Arcaica, que no prejuzga nada sobre la existencia durante ese enorme período de tiempo, o aparición de los primeros organismos sobre nuestro planeta, lo único que queda en pie es que en los terrenos correspondientes a las subdivisiones del Arcaico, no se han llegado a descubrir restos de organismos, por otra parte muy escasos, que se pueden clasificar, aunque se pueda afirmar que si existía la vida orgánica y en una escala muy amplia, como lo hace sospechar la existencia en los terrenos del Arcaico de Canadá de los grandes yacimientos de óxido de fierro y de grafita, y de otras substancias minerales que se encuentran en cantidades pequeñas en casi todas las rocas de origen plutónico y volcánico, substancias que sólo se llegan a disolver y a concentrar por medio de la acción de las aguas cargadas de materias orgánicas en putrefracción, que operan la reducción de las sales de peróxido a protóxido y como hay un exceso de bióxido de carbón, las convierten en carbonatos; bajo la acción del agua cargada de gas bióxido de cárbon, estas aguas cargadas de substancias minerales que han disuelto, vienen a llenar los vasos de los lagos, pantanos y las grietas de los terrenos en donde se hace por concentración de las sales metálicas los rellenos aprovechables industrialmente que constituyen los criaderos de referencia.

En cuanto a la diversa constitución de la composición de la atmósfera en las Eras Arcaica y Paleozoica comparada con la que actualmente presenta, la gran intensidad del llamado calor central, son un mito, que cae bajo su propio peso

al considerar que desde los tiempos más remotos de la Historia de nuestro planeta, que hemos podido interpretar, existen huellas de la vida de los seres organizados; las condiciones de habitabilidad de la Tierra, deben haber sido muy poco diferentes de las actuales; si se admite esto, que está enteramente de acuerdo con la inmutabilidad de las leyes de la Naturaleza, inmutabilidad que es la base de la Ciencia, nada de extraño sería que en los terrenos que reputamos como pertenecientes a la Era Arcaica, se pudiera encontrar petróleo e hidrocarburos sólidos y gaseosos. En cuanto a que entre las formaciones del Cuaternario tambien es posible que pase algo semejante, nada tiene de extraño, puesto que la vida órganica de los vegetales y animales está funcionando admirablemente, como de seguro ha funcionado desde la Era más remota sobre nuestro planeta.

En 1801, Leopoldo von Buch fué el primero que publicó una Teoría sobre las formaciones de los betunes minerales, al hablar de los terrenos sedimentarios del Jurástico, en la que sostenía el origen animal de dichas substancias en las que estaba comprendido el petróleo, fundándose en el hecho observado y descrito por él, de que en la vecindad de los lugares en donde se encuentra el betún que dió punto de partida a sus elucubraciones, no encontró impresiones o petrifica, ciones de vegetales, ni siquiera de hojas, sino por el contrario, hace notar que sí se encuentran grandes cantidades de conchas fósiles, fundándose en esto, afirma que lo más probable es que el betún deba su origen a una transformación especial de las materias órganicas de origen animal; Serry-Hunt admite la opinión de que el petróleo es indígena en los diversos terrenos en donde se encuentra; según él esta materia, que por lo demás, no tiene uua composición definida, sino que es una mezcla complexa de hidracarburos, como se ha dicho en las páginas anteriores, resultaría de una transformación *sui géneris* de las materias orgánicas vegetales muertas, transformación que se verificará en el seno de las aguas en donde se depositaron, protegidas en la parte superior y en la inferior por estratos de sedimentos de materiales pétreos; esta transformación sería análoga a la que se observa en las hullas grasas, en las que los análisis químicos, muestran la existencia de productos de transformación variando por grados insensibles, de la antracita al petróleo.

Abraham Gesmer en su "Pratical Treatis on Coal and Petroleum," dice que los manantiales petrolíferos se encuentran, por lo general, en la vecindad de las capas de hulla, estas últimas se encuentran diseminadas en los terrenos petrolíferos.

No sigo citando opiniones más o menos antiguas sobre el origen probable del petróleo, pues con variantes, y con excepción de muchos de los geólogos ultra científicos de la Escuela Francesa, que razonan según las reglas de los Escolásticos, sin haber hecho probablemente, estudios sobre el terreno mismo de las explotaciones petroleras; la mayoría de los geólogos prácticos cuya técnica procura

alejarse de los errores que pasan por moneda corriente, de buen cuño, estampados en casi todas las obras clásicas, están acordes en que el petróleo es un conjunto variable de hidrocarburos derivados de las materias orgánicas que se depositan en los estratos de los terrenos sedimentarios; las divergencias se encuentran en que unos, como Engler y Hoffer, entre los modernos, atribuyen a las materias orgánicas animales un papel predominante en la derivación del petróleo; otros atribuyen a las materias de origen vegetal el papel principal; yo por mi parte me coloco entre los partidarios de la transformación de las substancias de origen vegetal que sufren un *metasomatismo petrólico*, metasomatismo análogo al que se verifica y ha sido estudiado para los yacimientos metalíferos, detalladamente en las rocas y en los minerales, pasando a discutir, aunque sea someramente, las razones en que apoyo mi convicción.

En primer lugar, la opinión de Leopoldo von Buch, que es el punto de partida para los sostenedores del origen animal del petróleo, no tiene fundamento sólido, puesto que la ausencia de las impresiones de las huellas de los órganos de los vegetales o de las materias vegetales propiamente dichas, no prueban que no hayan podido existir allí entre los materiales de los estratos antes de que se hubiera formado el petróleo, puesto que según las experiencias de laboratorio más recientes, el petróleo crudo, pudo muy bien derivarse de las transformaciones de las materias vegetales en su totalidad, haciendo desaparecer hasta las huellas primitivas de su presencia como consecuencia de ciertas acciones químicas y mecánicas a que da lugar el aumento de presión y de volumen, al convertirse la materia orgánica en hidrocarburos, líquidos y gaseosos y ciertas reacciones entre las substancias petreas y los hidrocarburos que dan lugar a fenómenos de disolución y transformación química que después detallaré. En cuanto a la presencia en los yacimientos petrolíferos de las conchas fósiles de moluscos a que se refiere en su estudio, no prueba tampoco que el petróleo se haya derivado de la transformación de la parte blanda de los animales a que pertenecieron, a pesar de que las experiencias de Laboratorio, prueben que se puede, partiendo de estas substancias, obtener algo que se parece mucho al petróleo; pero que no es petróleo; pues hasta hoy no sabemos que las partes blandas de los animales se conserven en la parte profunda de la corteza terrestre o en algunos depósitos superficiales, salvo muy raras excepciones que señalaré más lejos; por el contrario, las substancias de origen vegetal si se conservan enterradas entre los estratos más o menos profundos de las formaciones sedimentarias, sufriendo alteraciones o substituciones muy fáciles de determinar, no dejando dudas de ninguna especie sobre el origen vegetal del producto.

Otra de las razones de peso para declararse partidario de las materias vegetales como origen probable del petróleo, es su predominancia en las diversas formaciones geológicas, como las del período Carbonífero en la Era Palozoica y

de los Ligníticos en las Eras Mesozoica y Terciaria y en las formaciones de Turba en el Período Cuaternario y en la actualidad.

Ahora bien, en muchas de las formaciones se ha observado una estrecha conexión entre los yacimientos carboníferos y los petrolíferos, especialmente en aquellas regiones en donde se explota actualmente el petróleo y el carbón al mismo tiempo, como pasa en los Estados Unidos, Rumanía, China, India, Canadá, etc., etc.

Existe además otra razón para declararse partidario del origen vegetal del potróleo, y es la gran abundancia de este combustible en el subsuelo, que hace como veinticinco años se consideraba como excepcional; pero que hoy podemos asegurar que no es muy rara; puesto que sus yacimientos conocidos son mucho más numerosos y abundantes que los de carbón fósil en todas sus variedades, y solo la ignorancia de su existencia, de la manera de emplearlo industrialmente en grandes cantidades y de los medios de explotarlo, nos hacía creer, en su rareza, atribuyendo el origen a la transformación de las substancias blandas de origen animal, cuya existencia es excepcional entre los yacimientos fósiles.

Hoy como consecuencia de las investigaciones para el descubrimiento de los combustibles hidrocarburados que se encuentran en el subsuelo, se señala la existencia del petróleo en casi todos los países del mundo habitado, siendo muy probable, que apenas haya alguna región del globo que carezca de este precioso elemento, ya indispensable, para el progreso y bienestar de la humanidad y para el desarrollo de la industria en general.

Como he dicho antes, las partes blandas de los animales, que son las únicas que se pudieran transformar en hidrocarburos líquidos, etc., como lo indican las experiencias de laboratorio, aunque no de una manera perfecta; se descomponen con una gran rapidez, tanto en la superficie de la tierra como en medio de las aguas, y enterrados a pequeñas profundidades, en compuestos gaseosos que se difunden inmediatamente en la atmósfera; esta transformación se verifica igualmente en el seno de las aguas marinas, salobres y dulces.

Las partes blandas de los animales que perecen en las aguas y las que son arrastradas por ellas a los lagos y a los mares, tienden a separarse de las partes sólidas o esqueléticas, completando su transformación en la superficie en donde los agentes atmosféricos y las bacterias aceleran la descomposición; únicamente las partes grasas que resisten a esa descomposición rápida, y que son las más apropiadas para transformarse en petróleo (?), por razón de su densidad menor que la del agua, flotan en la superficie, sirviendo de alimento a varias especies de animales que las devoran prontamente, no siendo posible que vengan a constituir grandes depósitos o acumulaciones de materias grasas en el subsuelo, para dar origen a las inmensas cantidades del petróleo que se explotan y que se sabe

que existen sin explotar aún, entre los componentes de las formaciones conocidas como terrenos petrolíferos.

Es cierto que, excepcionalmente, se han encontrado los cuerpos congelados de los Mammudes, o de elefas primigenius, en las estepas heladas de Siberia, y en algunos lagos de Escocia, los cuerpos de vacas y de pastores que se encuentran gracias a condiciones muy especiales, conservados entre los mantos de turba; por la circunstancia meramente accidental de haberse enredado cerca del fondo, entre las raíces de las plantas productoras de la turba y a la existencia en esa zona de transformación de la materia orgánica vegetal en descomposición de productos anticépticos al convertirse esas plantas en turba; hay que hacer notar que estas substancias anticépticas al ser absorbidas por los tejidos blandos de los animales los hacen imputrecibles, mientras que el ciclo de las transformaciones de la materia vegetal para llegar a convertirse en turba, no se detiene por la presencia de estas substancias anticépticas; estos hechos son argumentos de peso que se pueden esgrimir en contra de los partidarios del origen animal del petróleo, puesto que encontrándose en las mismas condiciones la materia orgánica animal y la materia orgánica vegetal, la primera sufre pequeñas alteraciones, especialmente las grasas animales que permaecen sin alteración; mientras que la materia orgánica vegetal se transforma en metana y carbón principalmente, dando origen a muchos de los derivados de los hidrocarburos de las diversas series que entran en la composición de los petróleos, aunque no siempre sean idénticos en su composición.

Las materias blandas orgánicas animales, tienen como ya lo dije antes, en condiciones normales, una vez que han cesado en ellas los fenómenos vitales como una de sus principales características, excepto las grasas, la de descomponerse con suma facilidad y rapidez en productos gaseosos, y no dejar en los estratos sino huellas muy imperfectas de las formas que afectaban, cuando formaban parte del animal vivo; por supuesto que se exceptúan las partes fuertemente mineralizadas como el esqueleto de los mamíferos, las testas de los moluscos, etc., etc., o aquellas partes que han sido reemplazadas integralmente por siliza o carbonato de cal, lo que es excepcional.

Las partes duras mineralizadas del cuerpo de los animales, constituyen en su mayor parte los restos fósiles, y éstos aunque conservando su forma original, se encuentran muy alterados en su composición química, la cual es muy a menudo enteramente distinta de la primitiva; igualmente en sus formas se notan alteraciones, así como en sus dimensiones. Hasta cierto punto, pasa lo contrario con los vegetales fósiles sobre los cuales tenemos muchas pruebas de que resisten mucho mejor a las transformaciones rápidas, cuando se encuentran substraídos a la acción directa del aire atmosférico, su transformación es muy len-

ta, siendo los lechos de carbén mineral, lignitas y turbas, las mejores pruebas que puedo invocar en apoyo de lo expuesto.

Es cierto que varias formaciones de esquistos margosos, arcillosos o calizos que se confunden con el nombre de pizarras, en las que abundan las huellas fósiles de peces, distinguiéndose con facilidad en ellos las escamas y los esqueletos; pueden destilarse obteniéndose una especie de betún, que en un caso particular se designa en el comercio con el nombre de Ictiol que se usa en medicina, el cual tiene un olor empireumático especial, para la curación de ciertas enfermedades de la piel; en otros casos y desde épocas bastante remotas se han destilado ciertos esquistos o pizarras bituminosas en donde se encuentran incrustadas las testas de los muluscos, para obtener aceites iluminantes, bajo el nombre de aceite de carbón, que son bastante parecidos a algunos de los petróleos que se obtienen de la destilación y refinación de los petróleos crudos de base asfáltica; sin embargo, estos hechos no demuestran que el petróleo o los betunes se derivan de sólo la materia animal blanda, pues también pudieron encontrarse entre los materiales de la roca restos de vegetales, que han desaparecido al transformarse totalmente en petróleo o substancias petrólicas, que la destilación acaba de transformar en aceite de carbón. Otro de los puntos en que no se han fijado los hacedores de teorías sobre el origen del petróleo, es la cantidad relativamente pequeña de materia orgánica animal que existe o ha existido en los tiempos geológicos pasados, comparada con la cantidad de materia orgánica vegetal, que sabemos, sin el menor género de duda, que se encuentra formando los mantos de carbón, de turba, de lignitas y probablemente también la materia prima de los criaderos petrolíferos presentes y futuros; aun en la actualidad, en que según los datos y presunciones que tenemos, en que la vida animal se ha desarrollado exageradamente sobre la superficie de la Tierra, dando lugar a los temores que Malthus formuló en su famosa ley para la especie humana, respecto a las subsistencias, que hasta la fecha no lleva grandes trazas de cumplirse; podemos afirmar que la producción de la materia orgánica vegetal es 1,500 veces superior a la producción de materias orgánicas animales sobre la superficie del planeta. En el seno de las aguas, así como en su superficie, principalmente en las aguas marinas, existe también una proporción muy grande de materias orgánicas vegetales, respecto a la producción de materias orgánicas animales, probablemente en una proporción mucho mayor que en la apuntada para la superficie de las tierras firmes emergidas; puesto que la alimentación de la gran mayoría de los animales, se hace directamente por medio del consumo de grandes cantidades de materias orgánicas vegetales, con excepción de los animales carnívoros, los cuales siempre están en minoría respecto a los hervívoros, a los que devoran, sirviendo los animales hervívoros a los carnívoros, como un intermedio para el consumo de la materia vegetal.

Hay además que tener en cuenta que las aguas marinas ocupan una superfi-

cie aproximada de las dos terceras partes de la superficie total de nuestro planeta, encontrándose los seres tanto animales como vegetales, distribuídos no sólo en una superficie sino en varios planos a diversas profundidades, que en muchos lugares pueden ocupar zonas verticales que se encuentran distribuídas en varios millares de metros, lo que hace que la densidad de población tanto vegetal como animal se deba calcular tomando como unidad un volúmen y no una superficie como se hace para los seres que viven sobre la superficie de la tierra firme.

Teniendo en cuenta estas últimas consideraciones y los datos paleobotánicos de varias de las formaciones en que se explota el petróleo, se ha establecido una teoría en que se atribuye el origen de los hidrocarburos del petróleo, a una destilación de las plantas marinas, sin sufrir una carbonización previa como los restos vegetales de las turberas, los cuales se encuentran sepultadas en los sedimentos marinos entre los que podemos contar como contribuyendo en una gran proporción a las algas marinas, que en inmensas cantidades se producen en el mar y que son arrojadas en parte, por las acciones mecánicas de las tempestades, antes de que queden sepultadas en el fondo de los mares después de haber sufrido cierto grado de descomposición a varios lugares de las costas en donde se recojen y aprove chan por el hombre o son devoradas por los animales. Esta teoría es una de las que cuenta mayores probabilidades de verificarse en un gran número de los yacimientos petrolíferos de varias partes del mundo, aunque sea en su parte principal, pues las plantas marinas son en varios casos perfectamente comprobados, el origen del material petrólico de donde se derivan los hidrocarburos que entran en la composición de los petróleos crudos, por las grandes acumulaciones de materia sapropílica a que dan origen; entre los sedimentos que se depositan ya sea a lo largo de las costas o en las formaciones más profundas de los mares. Como un complemento de menor importancia de esta teoría, se puede añadir que las plantas acuáticas de los pantanos y de los lagos, de los ríos, de los deltas, etc., etc., deben contribuir con materiales petrólicos, aunque en cantidad mucho menor que las plantas marinas; igualmente no deben excluírse de una manera absoluta, como contribuyentes a estos depósitos de materiales petrólicos, a los materiales que provienen de la vegetación terrestre ni de los restos excrementicios de animales como moluscos, radiados, forminíferos, bacterias y vegetales terrestres.

De los experimentos de los laboratorios que se han hecho sobre la serie de transformaciones que sufren las algas en el seno de las aguas, una vez que han cesado de vivir, se ha comprobado que durante el primer período desprenden una gran cantidad de bióxido de carbón, algo de nitrógeno y muy poca metana, después de este período de rápida transformación, sigue otra muy lenta en que la mayor parte de los desprendimientos gaseosos está constituído por metana o gas de los pantanos, quedando en el residuo una mezcla más y más rica en carbón

a medida que transcurre el tiempo, con hidrocarburos condensados en el cuerpo del carbón.

En la fermentación destructora de la celulosa, la mayor parte de los desprendimientos gaseosos, durante todo el período de descomposición en el seno de las aguas, son de metana, algo de óxido de carbón y poco bióxido de carbón. Hay que estudiar también otro modo de descomposición de los vegetales, en el que intervienen las peptonas tanto de origen vegetal como de origen animal, especialmente estas últimas, pues como es sabido, los animales consumen inmensas cantidades de vegetales para su nutrición, de los cuales por medio de las reacciones de digestión aprovechan una pequeña parte de los componentes, y la mayor parte de las materias vegetales ingeridas es devuelta a la Tierra bajo la forma de excrementos, una cosa igual pasa con los animales carnívoros que no aprovechan en su cuerpo sino una parte de las materias animales que devoran; estos excrementos, representan durante la vida de cualquier animal un peso varias veces mayor que el peso del animal vivo, y por consiguiente una transformación muy importante de las materias orgánicas vegetales que se producen continuamente en el planeta, y que contribuyen a la formación de los mantos de carbón y de substancias petrólicas, si acaso admitimos que debe haber una diferencia notable entre las que se depositan bajo la forma de mantos de carbón y las que son susceptibles de transformarse en petróleos crudos, diferencia que como se desprende de las consideraciones anteriores, yo no admito.

Engler, uno de los mejores campeones del orígen animal del petróleo, en compañía de Höfer, obtuvo destilando materias animales, compuestos hidrocarburados análogos a los que se encuentran en los petróleos naturales; en sus más recientes experimentos sobre los aceites de origen vegetal contenidos en los órganos de las plantas terrestres, como aceite de linaza, de colza, de olivo, etc., etc., ha llegado a obtener por medio de la destilación, todos los hidrocarburos de las series del petróleo y de los betunes minerales. Estos resultados no tienen nada de extraño, puesto que los análisis elementales de las substancias blandas de los animales y aun de las córneas, y el de los análisis de las materias vegetales en su totalidad, presentan muy pocas diferencias; la presencia del ázoe en las materias animales no es característica, como se creyó durante mucho tiempo, la celulosa no es exclusiva, aunque si muy general, del reino vegetal, por consecuencia nada tiene de anormal y prueba muy poco, que en el laboratorio, y aun en grande escala industrial, se haya logrado obtener, partiendo de las substancias orgánicas animales, compuestos de la fórmula general $C_n H_{2n-2}$, que son análogos a algunos de los hidrocarburos que vienen a formar la mezcla de hidocarburos que se encuentran en los petróleos crudos; y que se hayan obtenido resultados muchos más parecidos a los hidrocarburos todos que entran en las mezclas que se conocen

como aceites y betunes minerales, operando la destilación sobre las materias vegetales.

Resulta de lo anterior, que bajo el punto de vista puramente químico, existen las mismas probabilidades, para que el petróleo se pueda derivar tanto de las materias vegetales como de las minerales, ya sea que los seres de que provienen hayan vivido sobre la tierra firme, en la superficie o en el seno de las aguas del mar, de los lagos, ríos, esteros, deltas, etc., etc., o flotando en el aire atmosférico, como igualmente que se puedan obtener los diversos petróleos, betunes y ceras fósiles por síntesis partiendo de los cuerpos simples, como lo han hecho varios de los grandes químicos; pero a pesar de esto, y sin pretender negar que en el gran laboratorio de la naturaleza se puedan verificar todas las reacciones señaladas por los químicos, debemos buscar aquellas que tengan más probabilidades de verificarse en los estratos de las capas geológicas, de los terrenos en que habitualmente se encuentra el petróleo.

En 1909, en mi folleto publicado con el título "*Críticas y Teorías Nuevas sobre el Período Carbonífero,*" en la página 11, se lee:

" Las acumulaciones de materiales orgánicos transformados, que nosotros co-
" nocemos con el nombre de mantos carboníferos, nos ponen de manifiesto un in-
" dicio seguro de la actividad de la vida orgánica y en especial de la vegetal, so-
" bre la superficie de las tierras firmes y en el seno de las aguas en todas las
" épocas pasadas, o mejor dicho en todos los tiempos pasados; yo por mi parte
" abrigo sospechas bastante fundadas, de que a la formación de los mantos car-
" boníferos ha contribuído en parte aunque sea pequeña la materia orgánica ani-
" mal; pareciéndome absurdo atribuir la formación de los carbones minerales
" únicamente a los vegetales, y la formación de los aceites y alquitranes mine-
" rales a la materia orgánica animal; porque en último resultado, tanto una co-
" mo la otra presentan en su composición los mismos elementos químicos, aun-
" que el arreglo de los átomos en las moléculas de los cuerpos orgánicos anima-
" les sea un poco distinto del que presentan las moléculas constituyentes de los
" vegetales; es claro *a priori*, que los productos de descomposición o alteración
" pueden ser, en determinados casos análogos y en infinidad de veces iguales,
" tanto cuando provienen de las materias orgánicas animales como cuando pro-
" vienen de las materias vegetales....."

Hoy, con mayor número de datos y conocimientos científicos, me sostengo en todo lo dicho por mí en 1909; dándole a los restos de los vegetales y especialmente marinos, una importancia predominante en la formación de los mantos de carbón mineral, yacimientos de petróleo, alquitranes minerales e hidrocarburos gaseosos que en inmensas cantidades se encuentran encerrados en el subsuelo de los terrenos petrolíferos, lo que además de salvar muchas dificultades y embrollos, se acomodan mejor a la naturaleza de los hechos observados y del fenó-

meno en general, haciendo más fácil y accesible la explicación del fenómeno principal y de sus variantes, dando satisfactoriamente la razón sobre la abundancia del petróleo entre los extractos que se clasifican como los pertenecientes a las diversas eras y períodos geológicos. Existe una curiosa formación de substancias carbonosas que se designa por los mineros ingleses, con el nombre de Boghead y técnicamente con el de Bituminita, que se explota como combustible, y también se somete a la destilación en la fabricación de gas de alumbrado, aprovechándose los productos líquidos condensados que son análogos a los que se obtienen de la destilación de los petróleos crudos; esta materia prima parece ser un paso intermediario entre el asfalto y el betún que impregna a las pizarras bituminosas, encontrándose en capas explotables que varían entre unos 0.10 y un metro de grueso, extendiéndose en superficies que abarcan varios centenares de hectáreas. El origen de la materia orgánica, allí existente, parece ser en su mayor parte vegetal, habiéndose encontrado en gran cantidad carapachos de algas microscópicas esféricas, como Pilla Bibrantesis, Reinschiastralis, Thilax Britannicus, etc , e impresiones de algas ramosas o Cladisco Thallus, que son semejantes a las Chepoplaras actuales, todas estas algas están invadidas por los Micrococus Petroley de la gran familia de las Caccacias.

El Boghead, se explota en Europa en formaciones pertenecientes desde el carbonífero hasta el Permio.

En los años de 1880 a 1888, con motivo de los trabajos que se emprendieron para hacer el saneamiento de la ciudad de México, tuve ocasión de estudiar unas capas arcillosas muy cargadas de materias orgánicas, esas últimas materias han sufrido una serie de transformaciones y dan a las arcillas un color negro o pardo negruzco; la formación de que me vengo ocupando se encuentra en el subsuelo de la ciudad y en varias partes de la cuenca del Valle de México; su origen son los sedimentos relativamente modernos, del casi extinguido Lago de Texcoco, esas arcillas se presentan en lechos delgados, tienen una estructura apizarrada, desprenden un olor bastante *sui géneris*, en el que predomina el del ácido sulfídrico, esas arcillas sumamente plásticas, al cocerse, cambian su color casi negro por el blanco ligeramente agrisado. Si se someten a la destilación, dan gases hidrocarburados y entre los productos condensables, aceites, alquitranes más o menos espesos, amoníaco y parafina, etc., etc.

En ciertos lugares que anteriormente se encontraban siempre cubiertos por las aguas salobres del lago, y que hoy como consecuencia de las obras emprendidas, se encuentran secos, hay grandes depósitos de dicha arcilla.

En este caso es muy sencillo determinar el orígen y el mecanismo del depósito, pues es bien sabido que el vaso del Lago de Texcoco ha servido por varios siglos como receptáculo de las aguas del Valle y de los excrementos de los habitantes de la ciudad de México, siendo además las aguas de este lago muy salo-

bres, conteniendo en disolución una gran cantidad de sesquicarbonato de sodio que llegaba a cristalizar en las orillas del lago y en los terrenos adyacentes que temporalmente en el período anual de las lluvias se inundan quedando en seco en la época de secas, encontrándose igualmente nitratos de cal, de sodio, de potasio y cloruro de sodio; al sesquicarbonato de sodio, lo conocemos con el nombre mexicano de Tequesquite, al cloruro impuro de sodio, con el nombre de sal tierra y a los nitratos alcalinos y alcalino terrosos con el nombre de salitre. Ahora bien, los excrementos a que me he referido están en su mayor parte constituídos por materias orgánicas vegetales, que han sufrido una masticación enérgica y la acción del jugo gástrico de los animales que la emplearon como alimento, esta materia se ha mezclado con las arcillas que se depositaban en el lago, como producto de la descomposición y erosión de las rocas, viniendo a constituir esta mezcla de substancias minerales y orgánicas alteradas que son las arcillas cargadas de materia orgánica que vengo estudiando.

Por otra parte, los sedimentos que se extraen de las atargeas y de los albañales, se encuentra siempre un polvo negro, que proviene de la descomposición o alteración de las substancias orgánicas que han servido de alimento a los animales; este polvo desecado y sometido a la destilación, deja un residuo sólido de carbón, desprendiendo gases combustibles, hidrocarburos líquidos y amoníaco todo este muy semejante a lo que se obtiene en la destilación del Boghead; no siendo improbable que el Boghead, las llamadas pizarras bituminosas y en general, las rocas sedimentarias cargadas de materias carbonosas, se hayan formado de una manera análoga, lo que no excluye la presencia de algas microscópicas, que pueden vivir de las materias orgánicas en descomposición, siendo los excrementos de los animales la principal fuente de material orgánico incorporado a los sedimentos minerales; pero de todos modos, resulta que el origen de las substancias carbonosas es, en casi su totalidad vegetal, puesto que los alimentos de origen animal blandos se disuelven en los jugos gástricos, con excepción de las grasas que se emulsionan y son en en su mayor parte asimiladas y oxidadas lentamente para servir como materia prima en la producción del calor animal, esto último no pasa con las grasas vegetales; en cuanto a las partes muy mineralizadas, como los huesos, son trituradas y se conservan bajo la forma de coprolitos despojados de los restos orgánicos blandos.