
PAPANTLA

SITUACIÓN

La región petrolífera de Papantla se encuentra al Poniente y Sur-Poniente de la villa de ese nombre, Cabecera del Cantón de Papantla del Estado de Veracruz. (Véase Lám. II).

De la hacienda Palma Sola, situada al Poniente de Papantla y al Sur-Poniente de Coazintla, la región petrolífera se extiende hacia el Oeste y Sur por los siguientes lugares: Cubas,¹ El Brinco, Tulapilla, Jamaya, Entabladero, Sabaneta, Ojite, Comalteco, Naranjo, Santa Domitila y el Espinal. Más al Sur se prolonga esta región petrolífera por Santa Emilia, San Pedro Miradores y Armadillos, lugares estos situados en la margen izquierda del río Tecuantepec, río que forma parte del lindero entre los Estados de Veracruz y Puebla.

Toda esta zona petrolífera está comprendida: entre los 20°10' y 20°17' de latitud Norte; y entre 1°30' y 1°45' de longitud Este de México.

La región anterior se encuentra al Norte de Teziutlán, Estación del Ferrocarril Oriental. De esa Estación, y á caballo, se llega en dos días al Espinal, pasando por los lugares llamados: La Garita, Cuauxocota y el Paso de las Palmas. Este es el itinerario más corto y más cómodo para ir á la región petrolífera de Papantla; porque de Tuxpan para la misma región se emplean tres días á caballo, pasando por el rancho de La Peña, el río Cazonas, los ranchos Caristay y El Aguacate, las villas de Papantla y Coazintla, la hacienda Palma Sola y el rancho de Cubas. Además, de México á Teziutlán se llega por ferrocarril en una noche y medio día; y de México á Tuxpan se emplean tres días.

Estando ya en el Espinal, se puede conocer lo más interesante de esta región petrolífera de la manera siguiente. Abajo del Espinal, y en la margen izquierda del río del mismo nombre, se encuentran las minas llamadas Romero Rubio. Entre el Espinal y Sabaneta están los lugares conocidos con los nombres: Santa Domitila, Naranjo, Comalteco y Ojite. Por último, entre Sabaneta y Cubas se hallan los siguientes lugares: Entabladero, Ja-

¹ Conocido ahora con el nombre de Furbero.

maya, Tulapilla y el Brinco. En esta región se encuentra, como se verá adelante, una pequeña zona petrolífera de mucha importancia, y es la que se halla en los alrededores del cerro llamado La Mina de Cubas.

Hasta ahora, como se ve, las vías de comunicación no son muy fáciles en esa zona petrolífera, y se dificulta por lo mismo sacar de ella el chapopote que produce.¹

El clima en toda esta región es cálido, y algo enfermizo.

TOPOGRAFÍA

La villa de Papantla se encuentra entre los ríos Cazones y Tecolutla, aunque á mucha distancia de los dos ríos. De las cercanías de Papantla el terreno desciende por todos lados: hacia el Norte baja por Arroyo Colorado, Aguacate y Caristay para el río Cazones; hacia el Norte-Poniente desciende para Coazintla; por el Sur-Poniente, Sur y Sur-Oriente, baja para el río Tecolutla; y hacia el Norte-Oriente y el Este para el Golfo de México.

El lomerío comprendido entre los ríos Cazones y Tecolutla está surcado por muchos arroyos que descienden: unos, hacia el Norte-Poniente para el río de Cazones; otros, con rumbo al Sur-Este bajan para el río Tecolutla; y otros varios con rumbo al Norte-Oriente descienden para el Golfo de México. Entre los primeros de estos arroyos puedo citar al llamado Coapechapa; entre los segundos se encuentra el San Miguel ó Cañas, y el Tlahuanapa; y entre los terceros citaré el Tepetates, Palo Blanco, y río Tenixtepec.

El río Tecolutla, en Comalteco, se divide hacia arriba en otros dos, llamados: el Tecuantepec, que sube hacia el Sur-Poniente, y el Comalteco que á su vez se divide en dos: el Chimatlán, que sube también hacia el Sur-Poniente; y el río Necaxa que sube hacia el Poniente, pasando por Entabladero, Coyutla y Progreso.

Hacia la parte Poniente del Cantón Papantla se prolonga el lomerío del Este del mismo Cantón, lomerío orientado del Sur-Poniente al Norte-Oriente, y que desciende por el Sur para el río Necaxa, y por el Norte-Poniente para el río San Marcos. Las alturas sobre el nivel del mar varían en este Cantón entre 100 y 300 metros.

El río Tecolutla ya mencionado, baja del Espinal para el Golfo de México con rumbo medio, S.W. á N.E. Al Sur-Oriente de este río, y casi paralelo á él, baja el arroyo Solteros, de Acateno para la Ciénaga del Fuerte. Este arroyo es el lindero entre los Cantones de Papantla y Jalacingo, del Estado de Veracruz.

Entre el río Tecolutla y el arroyo Solteros se levanta un lomerío, desde

1 Actualmente se está poniendo una tubería de Tuxpan para Cubas.

Joloapan y el Pueblito para Cerro Blanco y Mesa Grande, lomerío surcado por el arroyo Chichicatzapa. Este arroyo baja hacia el N.E., y se une al río Tecolutla cerca de la población de este último nombre.

Todo el lomerío que se encuentra en el Cantón de Papantla afecta formas más ó menos arredondeadas; formas debidas principalmente á la erosión que han sufrido las rocas neogénicas que afloran en todo ese Cantón.

De Teziutlán, en el Estado de Puebla, lugar que se encuentra á 1990 metros sobre el nivel del mar, el terreno desciende con fuerte pendiente por la Ventilla (1150), Tatahuicapan (1330) y Zoquitacomul (1100), para la Garita, rancho situado á 710 metros sobre el mar. Con poca pendiente continúa el descenso del terreno por Ayahualco (640), Palmalito (560), San Carlos Texixapa, Las Canoas (530) y hacienda Cuauxicota (500). De este lugar baja el terreno para el río Zopiloapa, y de aquí para Tenexapa y Tenampulco, lugar este situado á 257 metros sobre el mar. De Tenampulco por el arroyo Colorado continúa el descenso del terreno para el Espinal (111). (Véase Lám. II).

Toda la parte comprendida entre Teziutlán y el río Espinal pertenece al Estado de Puebla, y se encuentra en las vertientes septentrionales de la serranía que, hacia el Sur, se levanta hasta la cima del Nauhcampatepetl (Cofre de Perote), volcán que alcanza la altura de 4282 metros sobre el nivel del mar. Desde este volcán y hacia el Norte, el terreno desciende por Las Minas y Tatatila, lugares situados respectivamente en los Cantones de Jalacingo y Xalapa del Estado de Veracruz.

De Jalacingo hacia el Este baja el terreno por el Cantón Misantla para el Golfo de México; y por el Norte-Poniente desciende el terreno de Teziutlán para el río Espinal.

Tlanquitepec está situado al Poniente de Teziutlán; y del terreno comprendido entre estos dos lugares descienden para el Norte multitud de arroyos, de los cuales: se dirigen unos hacia el Norte-Poniente para los ríos Tecuantepec y Espinal; y otros bajan para el Golfo de México directamente, como sucede con el río María de la Torre, el cual más abajo se llama río de Nautla.

GEOLOGÍA DE LA REGIÓN

Las rocas que afloran en esta región son en su mayor parte sedimentarias neogénicas, de la división que llamaré Papantla. Estas rocas están cubiertas en partes, sobre todo en las cercanías del Golfo, por formaciones cuaternarias y recientes; y en otros lugares están ocultas bajo una arcilla de color rojizo, ó bajo tierra vegetal.

Las rocas sedimentarias neogénicas están constituídas por calizas fosilíferas de color amarillo, que en gruesos bancos afloran en las cercanías de Papantla, Coazintla y otros lugares. Sobre estas calizas se encuentran are-

niscas, pizarras, margas apizarradas de color gris azulado, y arcillas de color rojizo.

El Neógeno constituido por las rocas antes mencionadas se extiende: de Cubas, por Entabladero, Sabaneta, El Ojite, Naranjos, El Espinal, para San Pedro Miradores; y se prolonga más hacia el Sur-Poniente, hasta apoyarse en las calizas cretácicas que se prolongan para el Estado de Puebla. Por el Norte y Norte-Oriente, el Neógeno se prolonga para el río Cazones; y por el Este se dirige para el Golfo de México, hasta quedar cubierto por las formaciones cuaternarias y recientes de la playa. En las márgenes del río Espinal, por el lugar llamado Ojite, se han encontrado molares de Mastodonte.

Las areniscas y margas apizarradas que se encuentran en esta región, tienen rumbo variable entre 40° N.E. y 45° N.W., con echados al S.E. de 7 á 10° , ó de 20 á 30° al Norte-Oriente. En algunos lugares se encuentran plegadas estas capas, formando anticlinales bastante abiertos por lo general.

Al Norte de Papantla, dieciséis kilómetros, las margas apizarradas tienen 40° N.E. de rumbo, y 7° de echado al S.E. En las cercanías de Sabaneta, las areniscas y margas tienen 45° Norte-Poniente de rumbo, y echado al Norte-Oriente variable entre 4 y 32° .

De Ayahualo para Zoquitacomul, en el Estado de Puebla, se encuentran bancos de caliza cretácica de color gris azulado, caliza que aflora también en las barrancas de Zomelahuacán, Las Minas y Tatatila. Estas calizas están cortadas y en partes cubiertas por las andesitas del Nauhcampatepetl, y en otras partes están cubiertas por labradoritas augíticas ó basaltos pobres de olivino, como sucede cerca del lugar llamado La Garita.

En Sabaneta, en el cerro llamado de la Lumbre, las pizarras, areniscas y margas, forman un anticlinal con rumbo 45° N.W. Las capas más cercanas del eje del anticlinal tienen 32° de echado, inclinación que va disminuyendo poco á poco en las capas más lejanas del mismo eje; pues éstas tienen 23° , 15° , 9° y 4° , como puede observarse en el río Chumatlán, frente al pozo número 7.

En ese mismo cerro llamado de la Lumbre se encuentra una intrusión basáltica. El basalto aflora en la cima del mismo cerro, y en las faldas de este último está cubierto por las pizarras, areniscas y margas, rocas que se hallan plegadas allí, formando el anticlinal que acabo de describir. Este anticlinal coincide con el cerro antes mencionado, en el centro del cual se encuentra el basalto intrusivo, que ha sido cortado por algunas de las perforaciones abiertas en la base del mismo cerro. Esta masa intrusiva de basalto metamorfoseó á las rocas sedimentarias que se hallan en contacto con ella, y sólo aflora, como he dicho, en la cima del cerro de la Lumbre.

Al Sur del río Espinal, en el camino á Teziutlán, afloran los basaltos pobres de olivino, ó labradoritas augíticas, cubiertas á veces por tobas basálticas, desde las cercanías de Sopiloapan, por Cuauxicota, San Carlos

Texixapa y Palmalito hasta La Garita, hacia donde cubren en partes á las calizas cretácicas en gruesos bancos que afloran de Ayahualo para Zoquitacomul.

MANIFESTACIONES SUPERFICIALES DEL PETROLEO DEL SUBSUELO.

Las principales manifestaciones superficiales del petróleo del subsuelo en Papantla, son las siguientes.

En Cubas, en un cerro llamado la Mina, en terrenos de la hacienda Palma Sola, del Municipio de Coazintla, existen unos manantiales de chapopote líquido en las faldas Oriente y Poniente del referido cerro, y colocados sobre una línea con rumbo 30° Norte-Poniente. En este lugar se encuentran abiertos tres pozos, de sección cuadrada, de un metro por lado; y de los cuales el más profundo alcanzó, según informes, setenta metros de profundidad. En estos pozos se encuentra el chapopote líquido, y uno de ellos está completamente lleno con el referido chapopote.

Cerca de Cubas, en los arroyos Coapechapa y Caliche, así como, en terrenos de Jamaya y en las cercanías del Paso de los Armadillos y hacienda San Pedro Miradores, existen pequeñas chapopoteras que producen chapopote viscoso aunque en pequeña cantidad.

En Ojite, pero sobre todo en las cercanías del Espinal, y en la margen izquierda del río Tecolutla, se encuentran grietas muy angostas que están rellenas de grahamita. En el Espinal, en las minas Manuel Romero Rubio, se emprendieron algunas obras para la explotación de la grahamita, obras que se abandonaron por completo, por no ser estos yacimientos de importancia industrial.

Como se ve, no son muchas las manifestaciones superficiales del petróleo del subsuelo en el Cantón de Papantla; y son aún menores en los Cantones de Misantla y Jalacingo, en los cuales se encuentra solamente grahamita, principalmente en las márgenes del río Quilate.

PERFORACIONES

En las cercanías de la zona de contacto entre la masa intrusiva basáltica del cerro de la Lumbre y las sedimentarias de esa región, se han abierto varias perforaciones como se verá en seguida, perforaciones que están en las cercanías del eje del anticlinal en que se halla la intrusión basáltica.

La Compañía inglesa llamada «Mexican Petroleum & Liquid Fuel Co. Ltd. de Comalteco» fué la que exploró la mayor parte de la región de que me ocupo en este capítulo, é hizo las siguientes perforaciones.

En el arroyo Coapechapa existen cuatro pozos: el núm. 1, de 82.40 metros de profundidad; el núm. 2, de 41.90 metros; el núm. 3, de 96.37 metros; y el núm. 4, de 97.76 metros de profundidad. Estos pozos representan una perforación total de 318.43 metros.

En el Brinco, en la margen izquierda del arroyo Coapechapa, existen cuatro pozos: el núm. 1, de 87.99 metros de profundidad; el núm. 2, de 69.86 metros; el núm. 3, de 82.12 metros; y el núm. 4, de 75.42 metros de profundidad. Estos pozos representan una perforación total de 315.39 metros.

En el arroyo Caliche existen dos pozos: el llamado núm. 5, de 87.15 metros; y el núm. 6, de 74.02 metros de profundidad; pozos que representan una perforación total de 161.17 metros.

En terrenos de Sabaneta, entre los ríos Chumatlán y Coyutla, existen siete pozos que representan una perforación total de 2,116.79 metros, repartidos de la siguiente manera: el núm. 1, con 378.17 y que ha cortado varias capas de arenisca; el núm. 2, con 187.13, en el que se encontró agua salada y pocos gases combustibles, y ha cortado capas de arenisca, encontrándose una oquedad en el fondo; el núm. 3, con 349.12, ha cortado capas de arenisca, y encontró á tres niveles agua salada y gases combustibles; el núm. 5, con 251.76, y alcanzó vestigios de petróleo; el núm. 6, con 408.61, cortó grietas rellenas con grahamita; el núm. 7, tenía en Marzo de 1902, 364 metros; y el núm. 8, en la misma época, tenía 178 metros de profundidad.

En Ojite existe un pozo de profundidad que no pude conocer, y en el cual se encontró una grieta con algo de chapopote.

En Comalteco existe un pozo de 145.07 metros de profundidad, que no encontró chapopote ni gases combustibles.

En Santa Domitila existen dos pozos: el número 1 de 363.09 metros; y el número 2 de 734.56 metros de profundidad. Estos pozos cortaron calizas y pizarras, y también grietas angostas rellenas por grahamita.

En Santa Emilia hay dos pozos que no alcanzaron chapopote, y de los cuales el número 1 tiene 143.28 metros de profundidad.

De los veintitrés pozos anteriores, que representan una perforación total de 4,297.78 metros, sólo estaban en trabajo en 1902, los llamados número 7 y número 8 de Sabaneta. Después se abandonaron todos esos pozos, y se suspendió la exploración en esa región por no haber alcanzado éxito comercial alguno.

En las cercanías del cerro llamado la Mina de Cubas, ó Furbero, se han perforado últimamente cuatro pozos. De estos pozos, el número 2 con una profundidad de 423 metros, está produciendo diariamente sobre 500 barriles de chapopote fluido. Esta exploración ha comprobado la creencia que tuve acerca de los alrededores de Cubas, cuando informé acerca de esa región en 1902, pues la consideré de importancia industrial aunque de corta extensión.

Por los resultados obtenidos en la exploración de los terrenos de Tulpilla, Comalteco, Los Naranjos y el Espinal; y teniendo en cuenta también, que en la zona de contacto entre la masa intrusiva basáltica del cerro de la Lumbre, y las rocas sedimentarias de esa región no existen chapopoterías,

ni se encontró chapopote en regular cantidad con los pozos allí abiertos en las cercanías del eje del anticlinal, que forma al mismo cerro de la Lumbre, creo fundado decir que: la región petrolífera de Papantla es relativamente la de menor importancia comercial de las que he estudiado en la costa del Golfo de México, exceptuando únicamente los alrededores de Cubas, zona ésta que puede decirse es de tanta importancia y valor comercial como las zonas de Tuxpan y el Ebano, pero es de mucha menor extensión que estas últimas.

RESUMEN

La región petrolífera de Papantla se extiende del cerro llamado la mina de Cubas, por Tulapilla, Jamaya, Entabladero, Sabaneta, Santa Emilia, Ojite, Comalteco y Naranjos, para el Sur del río Espinal, hasta San Pedro Miradores.

Toda esta región está constituida por calizas, pizarras, areniscas y margas, pertenecientes al Neógeno, rocas que se apoyan hacia el Sur-Poniente en las calizas cretácicas que se prolongan para el Estado de Puebla.

Las rocas neogénicas anteriores están cortadas en el cerro de la Lumbre por una masa basáltica intrusiva, que metamorfoseó á las rocas sedimentarias en la zona de contacto con estas últimas.

Son pocas las manifestaciones superficiales del petróleo del subsuelo en esta región; y como chapopoterías verdaderamente interesante desde el punto de vista industrial, sólo se pueden citar las del cerro de la Mina de Cubas, ó Furbero. En la zona de contacto entre la masa basáltica intrusiva y las rocas sedimentarias en Sabaneta, no existe ninguna chapopotería, ni encontraron chapopote en regular cantidad los pozos abiertos en esta zona.

En los terrenos de Tulapilla, Comalteco, los Naranjos, Sabaneta y el Espinal, se abrieron veintitrés perforaciones sin ningún éxito comercial; y en los alrededores de Cubas se han abierto cuatro pozos, uno de los cuales produce sobre 500 barriles diarios de chapopote fluido.

Parece fundado decir que: la región petrolífera de Papantla es relativamente de poco valor comercial; y solamente los alrededores de Cubas son de importancia y valor comercial, pero esta última zona es de corta extensión.



ISTMO DE TEHUANTEPEC

SITUACIÓN

Las manifestaciones superficiales del petróleo en el Istmo de Tehuantepec se encuentran: entre los 17°-35' y 18°-5' de latitud Norte; y entre los 4°-5' y 5°-15' de longitud Este de México. Esta zona ocupa una gran parte de los Cantones de Acayucan y Minatitlán del Estado de Veracruz, los cuales están limitados: al Norte, por el Golfo de México; y al Sur, por el Estado de Oaxaca. Acayucan está lindando por el Poniente con los Cantones de Cosamaloapan y Tuxtla del Estado de Veracruz, y por el Oriente con el Cantón de Minatitlán; y este último linda también por el Oriente con el Estado de Tabasco.

Las vías de comunicación son fáciles, pues hay ferrocarril desde la ciudad de México hasta el Istmo de Tehuantepec; y puede recorrerse cómodamente todo el terreno petrolífero del Istmo subiendo los ríos en embarcaciones pequeñas, y haciendo uso: del camino carretero entre Acayucan y Minatitlán; y del Ferrocarril Nacional de Tehuantepec, entre Coatzacoalcos y la Estación de Medias Aguas.

TOPOGRAFÍA

Hacia el Sur del Cantón de Minatitlán, y en terrenos pertenecientes al Estado de Oaxaca, se levanta la sierra llamada del Istmo, la cual corta á éste de Oriente á Poniente, y está formada por los cerros llamados Saravia, Tarifa y Chimalpa. Esta sierra de poca altura, 250 metros sobre el nivel del mar, establece la división hidrográfica en el Istmo, y separa las aguas que descienden por el río Coatzacoalcos para el Atlántico, de las que bajan para el Pacífico por el río Tehuantepec. (Véase Lám. III.)

Al Norte de la sierra del Istmo se extienden vastas llanuras, que con muy suave pendiente bajan de Acayucan para el Este y de San Cristóbal para el Oeste, planos ligeramente inclinados que se reúnen hacia abajo en el río Coatzacoalcos.

Las planicies anteriores, así como la sierra del Istmo, están cubiertas por

rica y variada vegetación, selvas casi vírgenes que se hallan cortadas por el río Grande ó Coatzacoalcos, y por sus numerosos afluentes. Entre estos citaré como principales: los ríos Chalchijapa, Coachapan y Uspanapa en la ribera derecha; y los ríos Saravia, Jumuapa, Xaltepec, Naranjo, Pajapan y Tierra Nueva, hacia la margen izquierda del mencionado río.

En los alrededores de Sayula se encuentran lomas que separan á las aguas que por el Poniente descienden para el río San Juan, de las que por el Oriente bajan para el río Coatzacoalcos.

En varios lugares de la planicie que desciende de la sierra del Istmo para el Golfo de México, hay pequeños cerros aislados, de poca elevación, y que interrumpen la monotonía de la extensa planicie que desciende para el Golfo. Entre estas pequeñas eminencias puedo citar: los cerros llamados de la Cantera, en Medias Aguas, los de Chinameca, los de Jáltipan y los muy bajos de Chapo y San Cristóbal. La forma de estas eminencias es arredondada; y como se ve, es muy poco accidentado el relieve del terreno en esta parte del Istmo de Tehuantepec, zona que es la única petrolífera en esa región.

Una gran parte de la zona de que me ocupo es pantanosa; y en varios lugares se encuentran lagunas que se reúnen entre sí en tiempo de lluvias, y desaguan en los ríos ya indicados.

Las lluvias son muy abundantes en el Istmo, se inundan varios lugares, y es cálido el clima de toda esa región.

GEOLOGÍA DE LA REGIÓN

Las rocas que se encuentran en el Istmo de Tehuantepec son sedimentarias en su mayor parte: terciarias, á veces cubiertas por formaciones cuaternarias, hacia el Norte; cretácicas en el centro y Sur; y arcaicas en las cercanías de Tehuantepec.

Cerca del puerto de Coatzacoalcos se levantan médanos relativamente pequeños, conquistados ya por la vegetación; y en los meandros del río del mismo nombre se hallan extensos manglares. Más al Sur, y también hacia el Poniente del río Coatzacoalcos, se encuentran capas cuaternarias constituidas por arcilla, arena y grava, así como, aluviones de río que se extienden para el Sur de Minatitlán.

Las capas cuaternarias son prácticamente horizontales, y se hallan en estratificación discordante con las capas terciarias que cubren, y que han sido cortadas por los tajos del Ferrocarril Nacional de Tehuantepec desde el kilómetro 35, cerca de la Estación de Chinameca. Estas capas terciarias afloran también más al Norte de este lugar, en el rancho Trujillo, cercano del llamado Chapopote.

Las capas cuaternarias cubren en gran extensión á las terciarias, pero el espesor de las primeras es pequeño; pues á poca profundidad, tanto en

los tajos del ferrocarril como en las perforaciones exploradoras, aparece el Terciario de la localidad.

El Terciario está formado por capas de margas de color gris ó gris azulado, plásticas ó duras, á veces apizarradas; y entre las cuales se hallan capas de arena suelta, ó de arenisca á veces calcárea, y otras veces silizosa y dura, como la que aflora en las cercanías del pueblo de Sayula.

El Terciario aflora en el Istmo en varios lugares como son: en el rancho Trujillo, situado á seis kilómetros al Norte de Chinameca; en los tajos del Ferrocarril Nacional de Tehuantepec, abiertos en los kilómetros: 35, cerca de Oteapa; 70, al Norte de Almagres; 104, cerca de Tortugas; 124 y 127, cerca de la margen izquierda del río Xaltepec; al Sur de Santa Lucrecia; en las cercanías de Sayula; y por último, en las riberas del río Coachapan, cerca de los ranchos Buenavista, Cocuite, San Cristóbal y el desembarcadero de Amesquite.

Las margas grises ya mencionadas son fosilíferas en los kilómetros 35, 70, 104, 124 y 127 del Ferrocarril de Tehuantepec. Todos los fósiles colectados por el Dr. Böse, mi compañero de excursión en el Istmo, y por mí, en las localidades anteriores, fueron clasificadas por el mismo Dr. Böse, como pertenecientes al Mioceno superior y Plioceno.¹

El Neógeno anterior se extiende desde el Sur de Coatzacoalcos, por Chinameca, Sayula, San Cristóbal y Santa Lucrecia, oculto á veces, como he dicho, por los aluviones, arena y grava, hasta cerca de la Estación de Palomares, ó sea, hasta el kilómetro 164½ del Ferrocarril de Tehuantepec. En el kilómetro anterior aflora el Mesocretácico, formado por caliza de Rudistas, y en estratificación discordante con las capas terciarias antes mencionadas. Más al Sur, desde Mogañé aparecen las areniscas y pizarras sobre las cuales se apoyan las calizas mesocretácicas, sobreposición que se observa en varios lugares, al bajar la sierra del Istmo, de Chivela para la Estación de Río Verde. En las cercanías de Tehuantepec aflora el Arcaico, constituido por gneiss amphibólico y leptynita intercalada. Por último, en el puerto de Salina Cruz se encuentran las granulitas de la costa del Pacífico.

Las rocas sedimentarias que constituyen el Terciario del Istmo de Tehuantepec están por lo general poco consolidadas; y la presencia de tallos de plantas é impresiones de hojas en las margas, como se encuentran en el kilómetro 124 del ferrocarril tantas veces mencionado, prueba que el depósito de esas margas se verificó en aguas poco profundas, cuando el mar invadía en anchas zonas la región del Golfo.

Además de las rocas anteriores, debo mencionar una caliza cristalina en grandes blocks, surcada por multitud de grietas. Esta caliza, probablemente cretácica, y con seguridad terciaria, constituye arrecifes que afloran en varios lugares, y entre los cuales mencionaré los siguientes: el ran-

1 Véase: Boletín del Instituto Geológico de México. Núm. 22. Págs. 11 á 17.

cho el Alquitrán, al S.W. de San Cristóbal; cerca de Chinameca; y en Medias Aguas, en donde constituyen los pequeños cerros llamados la Cantera y Cabeza de Perro.

ESTRUCTURA GENERAL

El Neógeno marino del Istmo de Tehuantepec se encuentra ligeramente plegado formando un anticlinal, asimétrico, muy abierto, descopetado por la erosión, y cuyo eje tiene rumbo variable entre 75 y 80° N.W., cerca de Sayula. Este eje sufre una pequeña inflexión al Poniente de San Cristóbal, y en este último lugar es Oriente-Poniente. El eje de este anticlinal pasa un poco al Norte de Sayula, entre la Estación de Ojapa y el kilómetro 70 del Ferrocarril Nacional de Tehuantepec, y un poco al Sur de San Cristóbal.

El flanco Norte del anticlinal anterior desciende en el desembarcadero de Amesquite, en el río Coachapan, afluente del Coatzacoalcos, con una pendiente de 35° , echado que en San Cristóbal es de 20° , en Cocuite 15° , y solamente 13° al Norte del rancho Celestino Pérez, situado también en el río Coachapan, y al Sur de Minatitlán. En el rancho Trujillo, sobre el flanco Norte del mismo anticlinal las capas terciarias, con rumbo E.W., descienden hacia el Norte con una inclinación de 30° . Hacia el Sur, el flanco del anticlinal desciende con echado de 50° en el kilómetro 70, con pendiente de 30 y 20° en Sayula, echado al Sur que sólo es de 8° en los kilómetros 104 y 124, y las capas se encuentran casi horizontales en Santa Lucrecia, ó sea, en el kilómetro 127 del Ferrocarril de Tehuantepec.

Como se ve, es muy abierto el anticlinal mencionado, pues empieza á levantarse suavemente al Sur de Coatzacoalcos, se eleva con mayor pendiente por Cocuite, llega á su cresta cerca de San Cristóbal, después desciende con fuerte pendiente hacia el Sur por el kilómetro 70, el echado disminuye notablemente del kilómetro 70 al 124, y las capas llegan á ser horizontales hasta Santa Lucrecia; de donde se deduce que: la amplitud de este anticlinal es aproximadamente 70 kilómetros.

Prolongando hacia el Este el eje del anticlinal mencionado, y con el rumbo E.W. que tiene en San Cristóbal, después de sufrir la inflexión ya indicada, se llega á La Laja y Baño de Tigre, lugares situados muy cerca de la isla Xhucuapa. Esta isla se encuentra limitada al W. por el río Playas, y al Este por el río Pedregal, ríos que al reunirse forman el Tancochapa, y éste desemboca en la barra de Tonalá para el Golfo de México.

Además del anticlinal anterior, que llamaré anticlinal San Cristóbal, las capas margosas terciarias, casi horizontales en Santa Lucrecia, se levantan un poco para formar otro anticlinal asimétrico y muy cerrado al Sur de este lugar, y muy cerca de la Estación Cárdenas. De esta Estación hacia el Sur, continúan las capas de margas con suaves ondulaciones, hasta apoyarse sobre las calizas mesocretácicas que afloran en el kilómetro 164½.

La ausencia de varios pliegues paralelos en las capas terciarias del Istmo, indica la pequeñez relativa de los esfuerzos horizontales de compresión á que ha estado sometida la planicie de la costa del Golfo en esa región.

Las capas cretácicas están muy plegadas, formando anticlinales y sinclinales muy cerrados, como puede observarse en el río Malatengo, al Norte de Rincón Antonio; siendo variable entre 45 y 80° N.W. el rumbo de las calizas y areniscas de esa localidad.

Las capas terciarias están agrietadas en varias direcciones, tanto en las cercanías del eje del anticlinal San Cristóbal como al pie ó terminación del mismo anticlinal. En las cercanías de Sayula se observan grietas de rumbo 24° N.E. con echado de 82° al S.E.; y en el kilómetro 124 existen grietas, casi verticales, con rumbo variable entre 35° N.E. y 58° N.W.

MANIFESTACIONES SUPERFICIALES DEL PETRÓLEO DEL SUBSUELO

Las manifestaciones petrolíferas en el Istmo de Tehuantepec se encuentran solamente en el Neógeno de la localidad, en los flancos del anticlinal San Cristóbal; y se extienden: al Norte, hasta el rancho Chapopote; al Sur, hasta Medias Aguas y río Naranjo; al Poniente, hasta Sayula; y al Este, por San Cristóbal para la isla Xhucuapa. (Véase Lám. III.)

Subiendo por el río Coachapan hasta el desembarcadero de Amesquite, situado en la margen izquierda de ese río, y caminando después un kilómetro hacia el Poniente, se llega á la laguna Las Salinas, la cual en tiempo de lluvias comunica con las llamadas La Trinidad, Los Juanes, Macayas, Las Calzadas y Otapa, lagunas que desaguan en el río Coatzacoalcos. Esta comunicación fluvial en tiempo de lluvias es casi perfecta; pero se interrumpe en las secas, quedando separadas las anteriores lagunas.

En la ribera derecha de la laguna Las Salinas, en terrenos de Otapa, se encuentra el lugar llamado Chapo, y en éste existe una manifestación petrolífera que consiste en una chapopotera, con chapopote viscoso que ha impregnado á la arcilla y arenas superficiales, impregnación que ocupa una superficie circular de treinta metros de diámetro aproximadamente. Este manantial de chapopote no produce nada en la actualidad, y el escurrimiento anterior fué sin duda insignificante, como lo comprueba la pequeña superficie que ocupa el chapopote derramado en ese lugar. Muy cerca de la anterior se encuentra otra chapopotera de muy poca importancia también.

En Chapo, cerca de las chapopoterías anteriores, se halla un cerrito de muy poca elevación formado por la caliza cristalina en grandes blocks ya mencionada. Esta caliza, que constituye los arrecifes preterciarios de la región, está muy agrietada, y en algunas de esas grietas se encuentra chapopote muy viscoso, á veces duro, y siempre en pequeñas cantidades.

En la ribera izquierda de la misma laguna, frente á Chapo, y á unos

200 metros de este lugar, se encuentra el rancho llamado El Alquitrán. Allí hay otro arrecife calizo preterciario, como el de Chapo, arrecife que constituye una pequeña elevación. En este cerrito no se encuentra chapopote; pero se halla en su pie, y hacia el rancho El Alquitrán, un manantial de agua salada y sulfurosa, agua que al airearse deposita pequeña cantidad de azufre. El gasto de este manantial es sumamente pequeño, y la temperatura del agua es igual á la atmosférica.

Al Norte-Poniente de Chapo, bajando un kilómetro por la ribera izquierda de la laguna Las Salinas, se encuentra el rancho de este último nombre, en el cual hay un pozo de poca profundidad, y que contiene agua salada y sulfurosa. Esta agua evaporada deja un residuo que usan en aquel lugar como sal de cocina. A veinte metros distante de este pozo y en una zanja pequeña, escurre por las grietas de la arcilla superficial pequeñísima cantidad de chapopote viscoso.

En la margen derecha del río Coachapan, al N.E. del desembarcadero Amesquite y cerca de este lugar, se encuentra el rancho San Cristóbal. Al S.E. de este rancho y á dos kilómetros aproximadamente, se halla un manantial de chapopote fluido y de producción insignificante; pero que ha impregnado al terreno en una superficie circular de 20 metros de diámetro poco más ó menos, dentro de la cual el chapopote fluido llena pequeñas oquedades de poca profundidad. Esta chapopotera, la más interesante de esa región, se encuentra casi al Este de la de Chapo antes mencionada.¹

Más al Este de Chapo, y cerca de la isla Xhucuapa, según informes de varias personas, se encuentran manifestaciones petrolíferas importantes en los lugares llamados: La Laja y Baño de Tigres, lugares que no pude visitar cuando estudié la región de que me ocupó en esta parte de mi estudio.

Al Sur-Poniente de Chapo, y en la margen derecha del río Coatzacoalcos, existe un manantial muy pequeño de chapopote viscoso en el lugar llamado Coapiloloya.

Al Poniente de Chapo, al Sur-Poniente de Acayuecan, y á 16 kilómetros al Oeste de la Estación Almagres, ó del kilómetro 69 del Ferrocarril Nacional de Tehuantepec, se encuentra el pueblo de Sayula. Al Poniente de este pueblo y á dos kilómetros de distancia, en una zanja pequeña, hay un pozo como de un metro de profundidad conocido con el nombre de «Pozo 4»; en el cual, y por una grieta de las margas terciarias ha brotado una cantidad insignificante de chapopote viscoso. A unos 10 metros del pozo anterior hay otro, llamado «Pozo 5,» en el cual se encuentran las mismas capas terciarias que en el «Pozo 4»: arena encima; después margas; y en seguida, otra capita de arena con olor de petróleo muy poco perceptible.

1 Las chapopoteras de Chapo y San Cristóbal fueron descritas en 1872 por John C. Spear, véase Report on the geology, mineralogy, natural history, &c., &c., of the Isthmus of Tehuantepec, Washington. 1872. Págs. 103 y 104.

Como á 200 metros al Este de los pozos anteriores me enseñaron otros tres, en los que algunas personas han pretendido encontrar manifestaciones del petróleo del subsuelo. En estos últimos pozos se halla lo siguiente: En el «Pozo 1,» un charco de agua en el cual se desprenden pequeñas cantidades de gas de pantanos. En el «Pozo 2,» que es una pequeña oquedad llena de agua, nada interesante se observa; pero se cuenta de este lugar la historia inverosímil de que en otro tiempo brotó allí mucho petróleo, del que no queda ni el más insignificante vestigio. Por último, en el «Pozo 3,» y casi en la superficie del terreno, se encuentra una capita turbosa insignificante; y á un metro más abajo, profundidad total del pocito, se hallan las margas, con azufre y yeso en muy pequeñas cantidades.

Al Norte del pueblo llamado Jáltipan, y á unos seis kilómetros de distancia, se encuentra el lugar conocido con el nombre de Potrerillos de Buenavista. En este lugar y cerca del arroyo del Salitre, hay varios pero muy pequeños manantiales de chapopote viscoso, con gasto insignificante, y que sólo han podido impregnar la superficie del terreno en cortísima extensión.

Al Norte del pueblo Chinameca, y cerca del rancho Trujillo, se encuentra la laguna Tatanapa. Muy cerca de esta laguna, y en terrenos de Tonalapa, se halla el rancho llamado Chapopote, junto al cual hay un pequeño pantano en el que se halla muy poco chapopote viscoso revuelto con arena.

Cerca de la Estación Medias Aguas, en el kilómetro 98 del Ferrocarril Nacional de Tehuantepec, se encuentra el cerro de La Cantera, que es otro arrecife formado también por calizas preterciarias en grandes blocks y muy agrietadas. Por las grietas de esta caliza han circulado aguas superficiales, las cuales, por contener bióxido de carbono, disolvieron en parte á la caliza, y han depositado el carbonato de cal, formando estalactitas, en las pequeñas cavidades de la misma caliza. En algunas de las grietas, y en las pequeñas cavidades de la caliza, se encuentra á veces chapopote fluido en pequeñísimas cantidades; y además, la caliza tiene en algunas partes un poco de yeso y un poco de azufre libre.

En la margen izquierda del río Coatzacoalcos, un kilómetro abajo de la desembocadura del río Naranjo, hay un manantialito insignificante de chapopote viscoso.

En Pajapan, cerca del río Tatagapa, en el potrero de la Encantada, hay una pequeña manifestación petrolífera semejante á la del rancho Chapopote ya descrita.

Por último, se dice que en Ixhuatlán hay otra chapopotera que no me fué posible visitar.

Las manifestaciones petrolíferas superficiales antes indicadas se pueden agrupar de la siguiente manera. (Véase Lám. III). En las cercanías, y casi sobre el eje del anticlinal que he llamado San Cristóbal, se encuentran, de Poniente á Oriente, las que siguen: primero, las insignificantes de Sayula; luego, la de Chapo que es un poco más importante; en seguida, la

de San Cristóbal, mucho más importante; y por último, las de La Laja y el Tigre, que según informes, son también de importancia. En el flanco Norte del mismo anticlinal, y casi en la terminación de éste, se encuentran las manifestaciones petrolíferas de Chapopote é Ixhuatlán, colocadas estas dos en una línea paralela al eje del anticlinal. En el flanco Norte del anticlinal se encuentran también las de Potrerillos de Buenavista, cercanas de Jáltipan. En el flanco Sur del mismo anticlinal San Cristóbal, y cerca de la terminación de éste, se encuentran las de Medias Aguas y Naranjo, colocadas en una línea casi paralela al eje del referido anticlinal. Por último, en el flanco Sur de este mismo anticlinal, y al Sur de Potrerillos, se hallan la chapopotera de Pajapan, y la de Coapiloloya.

Además de las manifestaciones petrolíferas antes indicadas, busqué las siguientes, de las cuales se hace mención en el periódico llamado *El Minero Mexicano*.¹

En la publicación citada se indica la presencia en el Istmo de Tehuantepec de los siguientes manantiales de petróleo. «Trece manantiales de petróleo, nafta, alquitrán, etc.: tres en el rancho de Buenavista; uno en terreno de Tonalapa llamado Chapopote; otro al lado derecho del camino de Minatitlán á Cosoleacaque; otro al lado izquierdo del mismo camino; otro en la primera loma al Poniente del arroyo Corpal y á la izquierda del mismo camino; otro al lado izquierdo del mismo camino y cerca de la casa del Sr. Vasconcelos; otro al lado derecho del citado camino, donde el arroyo del Obispo le atraviesa, lado izquierdo del citado arroyo y cerca también de la casa del Sr. Vasconcelos; otro en el referido camino, lado derecho, en terrenos del rancho de D. Agustín Torres; otro en el rancho llamado Santa Clara, y otro en el rancho de Tacoteno. Cinco criaderos de petróleo situados en la casa conocida por Gerard, en la población de Minatitlán.»

El resultado de mis investigaciones con respecto á las localidades anteriores fué el siguiente: El Sr. Ramón Vasconcelos, propietario de algunos de los terrenos antes indicados y con quien hablé en Chinameca, me dijo que: nunca había visto semejantes manifestaciones en sus terrenos, ni en el arroyo del Obispo, llamado también de las «Piedritas,» ni en el camino de Cosoleacaque á Minatitlán, ni en el rancho Tacoteno; sino que un Sr. Weed fué quien habló de esas manifestaciones. El mismo Sr. Vasconcelos, D. Germán Fúschera, y otros vecinos antiguos de Minatitlán me informaron que: en la casa de Giroux (no Gerard) en Minatitlán nunca había existido petróleo en los pozos. El mismo Sr. Fúschera, que es dueño del rancho Buenavista, situado en la margen izquierda del río Chichigapan, que más abajo se llama río Usapanapa, me indicó que: se había dicho existían en ese rancho manifestaciones del petróleo del subsuelo, pero lo cierto era que intencionalmente se había derramado por allí un barril de petróleo. Por último, busqué todas las localidades antes mencionadas, identifiqué muchas

¹ *El Minero Mexicano*. Tomo VI. Núm. 42. Julio 17 de 1879. Págs. 501 y 502.

de ellas, pero sin encontrar ningún vestigio de petróleo. Por los motivos anteriores creo fundado decir que: son inexactas todas las noticias que se han publicado respecto á las manifestaciones petrolíferas de las localidades antes mencionadas, excepto la de Tonalapa.

Descritas ya las manifestaciones superficiales del petróleo del subsuelo en el Istmo de Tehuantepec, hablaré ahora de las perforaciones exploratorias que se han ejecutado en aquella región.

PERFORACIONES

Las perforaciones que se hallan en esta región han sido ejecutadas por cuenta de la casa S. Pearson & Son Ltd., y están abiertas: en Chapo, cerca de San Cristóbal; y en Potrerillos, cerca de Jáltipan.¹

En Chapo se encuentran los siguientes pozos:

El «Núm. 1,» llamado «El Chato,» se perforó en la misma chapopotera de Chapo, alcanzó una profundidad de 320.25 metros, y está ahora abandonado. No se conservaron ejemplares de esta perforación, y sólo pude obtener los siguientes datos: el pozo cortó capas de marga; capas delgadas de arena, conteniendo á veces un poco de yeso y azufre; y á distintas profundidades brotó el chapopote fluido, pero siempre en cantidad insignificante.

El «Pozo 2» de Chapo se perforó á unos trescientos metros distante del anterior, no ha producido chapopote; y ha cortado, según el examen que hice de las rocas extraídas, las siguientes capas:

En la superficie.....	arcilla.
De los 3.35 á los 9.45 metros.....	arena.
A los 12.50 metros.....	chapopote viscoso.
„ „ 15.25 „	marga gris.
„ „ 30.50 „	caliza.
„ „ 45.75 „	caliza amarillenta de grano fino.
De los 61 á los 152.50 metros.....	marga gris apizarrada.
A los 167.75 metros.....	arenisca calcárea, y se encontró agua salada.
„ „ 198.25 „	marga gris.
„ „ 213.50 „	marga y arena.
„ „ 224.17 „	caliza y yeso con poco azufre.
„ „ 230.27 „	arena.
„ „ 250.10 „	arena con azufre.
„ „ 259.25 „	yeso con poco azufre.
„ „ 265.35 „	caliza y yeso con azufre.
„ „ 273.00 „	caliza y yeso con azufre.
De los 274.50 á 305 metros.....	marga con poco yeso.
A los 306.52 metros.....	marga con caliza y azufre.

La profundidad de este pozo es en la actualidad 307 metros y continúa perforándose con maquinaria Standard. Los diámetros de los tubos de fierro que ademan este pozo son: 29 centímetros hasta los 53.37 metros de pro-

¹ Los datos siguientes corresponden al mes de Febrero de 1904.

unidad; 24 centímetros desde los 53.37 hasta los 236.37 metros; y 19 centímetros en el resto de la profundidad alcanzada hasta ahora por este pozo.

En el rancho El Alquitrán, y junto al manantial de agua sulfurosa indicado antes, estaba levantada ya una torre (derrick) para perforar en ese lugar el «Pozo núm. 3.»

En Potrerillos, cerca de Jáltipan, se encuentran los siguientes pozos.

El «Pozo núm. 1,» llamado San Juan, se perforó muy cerca de la chapopotera que se encuentra en el arroyo Salitre, ya indicado, llegó á la profundidad de 356 metros, y cortó las siguientes capas, según el examen que hice de los ejemplares extraídos de esta perforación.

De la superficie del terreno hasta 73.20 metros.....	marga.
A los 84.79 metros.....	encontró agua salada.
„ „ 91.50 „	marga gris.
„ „ 106.75 „	marga gris.
„ „ 115.90 „	un poco de chapopote fluido.
De los 125.00 á los 143.35 metros.....	marga gris.
A los 164.70 metros.....	arena con poco chapopote fluido.
„ „ 169.27 „	marga gris.
„ „ 170.80 „	arena con poco chapopote fluido.
„ „ 195.20 „	marga gris.
„ „ 208.93 „	arenisca con poco chapopote duro.
„ „ 216.55 „	arena con poco chapopote duro.
„ „ 221.00 „	marga gris y arena con poco chapopote.
„ „ 228.22 „	marga gris.
„ „ 233.00 „	arena con poco chapopote.
De los 245.02 á los 247.35 metros.....	arenisca con poco chapopote.
„ „ 250.10 „ „ 305.00 „	marga gris, en partes dura y en otras blanda.
A los 356.00 metros.....	arcilla plástica gris claro.

Este pozo fué perforado con maquinaria Standard, su producción fué nula, y ahora está abandonado.

El «Pozo núm. 2» de Jáltipan, llamado D. Carlos, se encuentra aproximadamente á 400 metros al Sur del anterior, alcanzó la profundidad de 478.85 metros, y cortó á las siguientes capas.

De la superficie hasta los 27.45 metros.....	arcilla.
A los 51.85 metros.....	chapopote fluido.
De los 89.97 á los 160.12 metros.....	marga gris plástica.
A los 178.42 metros.....	chapopote fluido.
De los 195.20 á los 244.00 metros.....	marga gris con ligero olor de petróleo.
A los 302.52 metros.....	chapopote fluido.
De los 303.00 á los 466.70 metros.....	marga gris.
„ „ 466.70 „ „ 478.85 „	arena con ligero olor de petróleo.

Este pozo se perforó con maquinaria Standard, y está revestido con tubos de fierro de los siguientes diámetros: 29 centímetros hasta los 76.25 metros de profundidad; 24 centímetros desde los 76.25 hasta los 198.25; 19

centímetros desde los 198.25 hasta los 259.25; y 14 centímetros el resto de la profundidad. Cuando se comenzó á bombear produjo este pozo: los primeros días, veinte barriles de chapopote fluido en 12 horas; y después, solamente cuatro barriles. Sin hacer uso de la bomba el chapopote sube periódicamente, cada 8 ó 10 meses, según informes, hasta la boca del pozo; y entonces el escurrimiento natural del chapopote es aproximadamente de cinco litros en 24 horas. Este escurrimiento natural dura dos ó tres meses, y después baja notablemente el nivel del chapopote dentro del tubo. Este pozo no está ya en trabajo.

El «Pozo núm. 3» de Jáltipan se abrió al S. E. y á 100 metros de distancia del «Pozo núm. 2.» Ese pozo alcanzó 122 metros de profundidad, y cortó margas y arenas con vestigios de chapopote á los 67.10, y á los 97.60 metros de profundidad.

El Pozo anterior «núm. 3» fué abandonado; y muy cerca de él, á seis metros de distancia, y al Este, se abrió el segundo «Pozo núm. 3,» actualmente en trabajo, y que ha alcanzado una profundidad de 131 metros. Este pozo ha cortado las siguientes capas.

Desde la superficie hasta los 23.79 metros.....	arcilla.
„ los 23.79 hasta los 99.12 metros.....	marga gris.
A los 128.10 metros.....	muy poco chapopote.
„ „ 131.00 „	marga gris.

Este pozo se ha perforado por el procedimiento hidráulico, con una máquina «Rotary drill,» con tubo de 18.3 centímetros de diámetro; y ahora se va á continuar el trabajo con maquinaria Standard. En este pozo el chapopote desciende entre el tubo y el terreno, y se reúne en el fondo del pozo; de tal suerte que suspendiendo la perforación el sábado, para el lunes siguiente el chapopote ha subido en el pozo dos metros arriba del fondo; pero durante la perforación sólo suben algunas gotas de chapopote fluido con el agua que sale de la «Rotary.»

Estas eran las únicas perforaciones que se encontraban en la zona petrolífera del Istmo de Tehuantepec en el mes de Febrero de 1904, que fué cuando estudié aquella región. Esas perforaciones habían cortado capas de margas, de caliza gris ó amarillenta de grano fino, areniscas y capas delgadas de arena suelta, conteniendo á veces un poco de yeso y azufre; y á distintas profundidades se había encontrado chapopote viscoso ó fluido, pero en pequeñísima cantidad.

Según las indicaciones que habían proporcionado ya las perforaciones hechas en Chapo y en Jáltipan podía decirse que: son poco gruesas relativamente las capas de arena suelta que se encuentran intercaladas entre las margas grises de esa región; y además la forma de estas capas debe ser en lentes aplastadas. En efecto, los dos pozos «núm. 3» de Jáltipan, distantes uno de otro seis metros solamente, no han cortado á las mismas capas de

arena; y los pozos 1 y 2 de Jáltipan, poco distantes uno de otro, han cortado á las capas de arena con espesores diferentes, lo cual indica la forma en lentes de estas capas,¹ forma que está comprobada también por los siguientes hechos. En las areniscas que afloran en Sayula así como en las capas delgadas de arena suelta que se ven en algunos lugares superficiales no se encuentran manantiales de chapopote, los cuales deberían aparecer en algunas de ellas si fueran continuas las capas permeables petrolíferas,² pues los estratos afloran desde el rancho Chapopote hasta Santa Lucrecia, por estar descopetado como he dicho el anticlinal San Cristóbal. Además, el empleo de la bomba en el «Pozo 2» de Jáltipan no hizo aumentar de una manera notable la producción de chapopote lo cual, según Myron L. Fuller, indica la forma en lentes de los receptáculos petrolíferos subterráneos.³ Las dimensiones de estas lentes petrolíferas son probablemente pequeñas en la región de que me estoy ocupando, porque pozos muy cercanos entre sí no cortan á la misma lente, y la cantidad de chapopote que contienen esas lentes es: ó muy pequeña, ó prácticamente nula, según los datos de producción que indiqué en uno de los párrafos anteriores. Además, las referidas lentes se encuentran muy diseminadas en una gran extensión de terreno, tanto en las cercanías del eje como en los flancos del anticlinal San Cristóbal, desde el rancho Chapopote hasta Medias Aguas, y desde Sayula para San Cristóbal y la Isla Xhucuapa.

En la época de mi visita al Istmo de Tehuantepec sólo dos perforaciones estaban en trabajo: el «Pozo núm. 2» de Chapo, y el segundo «Pozo número 3» de Jáltipan; y sólo el «Pozo núm. 2» de Jáltipan había producido chapopote, aunque periódicamente y en muy pequeña cantidad.

Las muestras de chapopote que tomé de las chapopoteras de Chapo y San Cristóbal, así como, del que brota periódicamente en el «Pozo núm. 2» de Jáltipan, se analizaron en el laboratorio de Química del Instituto Geológico de México, y los resultados se encuentran más adelante en un capítulo especial.

En el informe que rendí en Abril de 1904 (pág. 46) relativo á la región petrolífera del Istmo de Tehuantepec, sólo recomendé se hiciera una perforación de mil metros de profundidad en las cercanías de la chapopotera San Cristóbal. Decía yo entonces: que esta perforación suministraría datos muy importantes acerca de las condiciones de las capas á gran profundidad; y que en la parte superficial se obtendrían resultados semejantes á los del «Pozo 2» de Jáltipan; es decir, que se cortarían grietas y lentes con chapopote fluido, aunque este producto se encontraría tal vez en mayor canti-

1 Edward Orton. The Trenton Limestone as a source of petroleum and natural gas in Ohio and Indiana. 8th Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1886-87. Parte II, pág. 511.

2 George I. Adams. Oil and gas fields of the upper cretaceous and tertiary formations of the western gulf coast. Bull. U. S. Geol. Surv. N. 184. 1901, pág. 19.

3 Myron L. Fuller. The Gaines Oil field of Northern Pennsylvania. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1900-1901. Parte III, pág. 604.

dad relativa que en el mencionado pozo de Jáltipan. La perforación anterior se ejecutó, pero no tan profunda como estaba indicado, sino que se suspendió al encontrar al chapopote fluido, el cual brotó acompañado de gases. La producción media de este pozo, según informes, ha sido valuada en cuarenta barriles diarios.

Además de la perforación anterior, y según datos que espontáneamente me han sido suministrados, se han hecho en la zona petrolífera del Istmo, después de mi visita á esa región, las siguientes. En San Cristóbal se hicieron otras dos perforaciones situadas al Norte de la mencionada en el párrafo anterior. En Sayula se ejecutaron perforaciones que no encontraron chapopote. Por último, en Juile y en Chinameca (véase Lám. III) se dice que han empezado á hacerse perforaciones.

RESUMEN

Resumiendo los datos anteriores, relativos á la región petrolífera del Istmo de Tehuantepec, se puede decir lo siguiente.

La zona petrolífera del Istmo de Tehuantepec se extiende: por el Norte, hasta el rancho Chapopote; por el Sur, hasta la Estación de Medias Aguas del Ferrocarril del Istmo; hacia el Poniente, para Sayula; y por el Este, para los Estados de Tabasco y Chiapas.

La región petrolífera está constituida por margas grises y areniscas intercaladas, pertenecientes al Mioceno superior y Plioceno.

El Neógeno marino está cubierto en parte por formaciones cuaternarias y recientes; y se apoya en estratificación discordante sobre las calizas mesocretácicas.

El Neógeno forma un anticlinal de 70 kilómetros de ancho, cuyo eje pasa por San Cristóbal y por Sayula.

Las principales manifestaciones del petróleo del subsuelo se encuentran casi sobre el eje del anticlinal, ó en líneas paralelas á éste, y situadas en la base del mismo anticlinal.

En el lugar llamado Chapo se han perforado dos pozos sin éxito comercial. En Potrerillos cerca de Jáltipan se han perforado tres pozos, de los cuales sólo uno ha producido periódicamente y en pequeña cantidad chapopote fluido. En San Cristóbal se han abierto cuatro pozos, de los cuales uno ha producido cuarenta barriles diarios de chapopote fluido.

Los receptáculos petrolíferos subterráneos tienen probablemente la forma de lentes irregulares, de dimensiones relativamente pequeñas, y están diseminados en una gran extensión de terreno.

Por último, por las razones que indicaré en otro Capítulo, puede decirse que: desde el punto de vista comercial, no son comparables los receptáculos petrolíferos subterráneos de Beaumont, con los del Istmo de Tehuantepec.

ORIGEN DEL PETROLEO

Y SU

ASOCIACION CON OTROS MINERALES

No es mi propósito discutir ahora las diversas teorías¹ propuestas para explicar la formación del petróleo, y sólo diré que: tanto los geólogos americanos como los de diversas partes del mundo, han desechado la teoría anorgánica,² pues aunque presenta ésta sus atractivos, no ha sido comprobada;³ y en cambio, se puede decir con Klement, que la teoría del origen animal es cada día más aceptada, tanto por los geólogos como por los químicos.⁴ Esta plausible teoría, como la llama Frederick Salathe,⁵ fué propuesta primero por Höfer,⁶ admitida después por los geólogos y químicos alemanes, y se le designa generalmente con el nombre de teoría Höfer-Engler.⁷

Los notables experimentos sintéticos ejecutados por Engler, y perfeccionados más tarde, en 1896, por Heusler,⁸ constituyen la base sólida en que se apoya la teoría del origen animal del petróleo. En efecto, Engler llegó á producir un petróleo artificial, semejante en todos aspectos al petróleo natural,⁹ por la destilación del aceite de pescado; destilación por

1 Véase Edward Orton. The Trenton Limestone as a source of petroleum and natural gas in Ohio and Indiana. Eighth Annual Report of the U. S. Geol. Survey. 1886-87. Parte II, págs. 485 á 506. Véase también A. Jaccard. Le pétrole, l'asphalte et le bitume au point de vue géologique. Paris. 1895. Pág. 34.

2 W. J. McGee. Rock gas and related bitumens. Eleventh Annual Report of the U. S. Geol. Surv. Parte I. 1889-90. Pág. 609.—Frederick Salathe. Resume of original researches, analyses, and refining methods of petroleum, mainly from the southern counties of California. California State Mining Bureau. Boletín núm. 2. Parte I, 1897. Pág. 73.—Edward Orton. Loc. cit., pág. 609.

3 C. W. Hayes and William Kennedy. Oil Field of the Texas-Louisiana Gulf Coastal Plain. U. S. Geol. Survey. Serie A. Economic Geology. Boletín núm. 212. 1903. Pág. 138.

4 C. Klement. Les théories relatives à l'origine du pétrole. Procés verbaux de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. Tomo XI. 1897. Pág. 85.—Véase también Francis C. Phillips. Origin of natural gas and petroleum. Am. Chemical Journal. Tomo XVI. 1894, Pág. 417.

5 Loc. cit., pág. 73.

6 Das Erdöl und seine Verwandten. Braunschweig. 1888.

7 C. Klement. Loc. cit., pág. 82.

8 C. Klement. Loc. cit., pág. 84.

9 C. Klement. Loc. cit., pág. 84.

medio de la cual obtuvo la serie completa de parafinas, idénticas á los hidrocarburos del petróleo natural.¹ En apoyo de esta teoría, y como comprobante de mucho valor, existe el hecho de haberse encontrado: bases orgánicas de la serie pyridina y quinolina, en los petróleos de California.² La pyridina se había obtenido antes por medio de cadáveres de animales, sometiéndolos á la destilación seca y destructora de la gelatina contenida en la carne y en los tejidos; y ahora se extrae de todas las variedades de petróleo crudo encontradas en Ventura y sus alrededores (California), así como de los productos destilados de estos petróleos.³ Esta es sin duda una comprobación notable de la hipótesis del origen animal del petróleo. Es muy cierto, como dice Wm. C. Day,⁴ que parece razonable atribuir distinto origen á los petróleos tan diferentes que salen por distintos manantiales; pero se comprende también que variando la intensidad del calor y de la presión, una misma substancia orgánica producirá materias carbonosas cuyas propiedades físicas ó químicas serán diferentes; y así, Wm. C. Day ha obtenido en su laboratorio diferentes clases de asfalto artificial destilando, en presencia del agua líquida ó en vapor, materias animales ó materias vegetales, ó las dos reunidas. Por último, aunque parece que no sólo la materia orgánica animal sino también la vegetal⁵ puede originar en algunos casos la formación del petróleo, Boverton Redwood dice que: la teoría Höfer-Engler tiene en la actualidad el mayor número de partidarios.⁶

El conjunto de observaciones geológicas hechas en las regiones petrolíferas descritas antes, se concilia⁷ con la teoría del origen animal del petróleo; y por lo tanto, puede decirse con fundamento que: el petróleo de la costa del Golfo de México parece ser un producto de la descomposición⁸ de la materia animal proporcionada por una fauna marina, que se extinguió paulatinamente al variar el nivel del mar en esa región.

*
* * *

Acerca de la asociación del petróleo con otros minerales, dice Robert T. Hill lo siguiente: «The bodies of sulphur are probably a by-product of the formation of the oil, which at Spindle Top is not only highly saturat-

1 F. Salathe. Loc. cit., pág. 73.

2 F. Salathe. Loc. cit., pág. 73.

3 S. F. Peckhann. On the origin of bitumens. Am. Journ. of Science. 3ª Serie. Vol. 48. 1894. Pág. 394.

4 Wm. C. Day. The laboratory production of asphalts from animal and vegetable materials. Am. Chemical Journal. Tomo XXI. 1899. Pág. 498.

5 W. J. McGee. Loc. cit., pág. 613.

6 Wm. C. Day. Loc. cit., pág. 495.

7 C. Klement. Loc. cit., pág. 613.

8 Véase E. Orton. Loc. cit., pág. 613.

ed with sulphuretted hydrogen, but contains by chemical analysis from 1.5 to 3 per cent of sulphur. It was Capt. Lucas who discovered the relation between the sulphuretted hydrogen fumarolas, gas-springs and sulphur incrustations at the surface, and the bodies of subterranean oil, and it was his belief in this association that led him to seek for oil on Spindle Top hill.»¹

Como en el Istmo de Tehuantepec se encuentra el hidrógeno sulfurado en los dos insignificantes manantiales de agua de Chapo y Salinas ya mencionados; y como también se encuentran pequeñísimas cantidades de azufre en Medias Aguas, en Sayula y en los pozos de Chapo, junto con caliza y yeso; he creído, en vista del párrafo anterior, que estas manifestaciones superficiales son el principal fundamento de la opinión que emitió el Capt. Lucas respecto al terreno petrolífero de Tehuantepec, y que expresó en los siguientes términos: «the oil is there in large quantities, a three week of careful examination and analyses demonstrates a rich oil district, with a product of excellent quality.»²

No solamente en el Istmo de Tehuantepec, sino también en el Cantón de Tuxpan del Estado de Veracruz, se observa que: acompaña al chapopote, en su emisión, una cierta cantidad de agua conteniendo un poco de hidrógeno sulfurado. Este hecho me obliga á estudiar el valor científico que tenga la asociación del hidrógeno sulfurado, y del azufre, con los yacimientos de petróleo; pues en caso de ser esta asociación siempre constante, y de que las mencionadas manifestaciones superficiales hayan indicado siempre la presencia en el subsuelo de receptáculos de petróleo, de gran valor comercial, apoyaré también en la existencia de esas manifestaciones superficiales la opinión que voy á emitir después acerca de las regiones petrolíferas ya descritas, y de su manera de exploración. En cambio, si el resultado de este estudio es una prueba de que las referidas manifestaciones no son indicio cierto y constante de la presencia del petróleo en el subsuelo, en cantidad industrialmente aceptable, quedará salvada mi opinión de las objeciones que pudieran hacerle más adelante fundándolas en la referida asociación.

Desde el año 1869, F. V. Hopkins, en su informe acerca de la geología de la Louisiana mencionó la asociación del azufre, del yeso y la caliza con el petróleo, asociación que explicó como sigue: el yeso en presencia de una materia orgánica en descomposición, que produzca ácido carbónico, se reduce por la acción de este ácido con formación de caliza, azufre libre y carburos de hidrógeno.³

1 R. T. Hill. The Beaumont Oil Field with Notes on other Oil Fields of the Texas Region. Trans. Am. Inst. Min. Eng. 1903. Vol. XXXIII., pág. 375.

2 Mexican Herald. 1904. Núm. 178, pág. 2.

3 George I. Adams. Oil and Gas fields of the upper cretaceous and tertiary formations of the Western Gulf Coast. Bull. U. S. Geol. Surv. núm. 184. 1901. Pág. 50.—Véase también C. W. Hayes y William Kennedy. Loc. cit., pág. 139.

La teoría química anterior ha sido llamada intermediaria, entre la orgánica y la anorgánica,¹ porque según ella intervienen en la formación del petróleo: una materia orgánica, la cual por su descomposición produce bióxido de carbono; y una materia anorgánica, el yeso, que se supone es reducido por el ácido carbónico. Esta teoría fué sin duda la que sirvió de fundamento á los Sres. C. W. Hayes y William Kennedy para decir que: el petróleo de la costa del Golfo es debido probablemente, en parte cuando menos, á la acción reductora que ejerció sobre el yeso la materia orgánica animal y vegetal, pero principalmente esta última.²

Sería inútil hacer un estudio químico detallado de la teoría de F. V. Hopkins,³ porque es perfectamente sabido que: el bióxido de carbono no ejerce acción química alguna sobre el sulfato de cal. En efecto, la reacción química que se verifica por completo ó casi por completo es la reacción contraria, es decir, la formación del sulfato de cal y del bióxido de carbono (ácido carbónico), por la acción del ácido sulfúrico sobre el carbonato de cal.

Esta última es una reacción necesaria, no invertible, se verifica á la temperatura ordinaria sin necesidad de la intervención de ninguna energía extraña ó trabajo preliminar que la provoque; es exotérmica, desarrola 47.8 kilocalorías suponiendo todos los compuestos al estado sólido; y se verifica aun con soluciones muy diluídas de ácido sulfúrico.⁴

Según lo anterior, y como no se verifica la reacción química entre el ácido carbónico y el yeso, puede concluirse con fundamento diciendo que: no es exacta la teoría de Hopkins; y que en la formación del petróleo, el yeso no tiene la intervención supuesta en esa teoría.

La asociación del petróleo con el yeso, el azufre, y el hidrógeno sulfurado, puede explicarse con Braun⁵ como sigue. El yeso es reducido por los carburos de hidrógeno⁶ con formación de sulfuro de calcio y bióxido de carbono; este último, en presencia del agua, ataca al sulfuro de calcio y se produce carbonato de cal é hidrógeno sulfurado, quedando en equilibrio químico: por una parte, el bióxido de carbono y el sulfuro de calcio; y por otra, el carbonato de cal y el hidrógeno sulfurado (ácido sulfhídrico). Por la acción del oxígeno del aire, ó de las aguas aireadas superficiales, el sulfuro de calcio produce azufre libre; y el hidrógeno sulfurado al oxidarse en pre-

1 C. W. Hayes y William Kennedy. Loc. cit., pág. 139.

2 C. W. Hayes y William Kennedy. Loc. cit., pág. 140.

3 F. V. Hopkins. Report on the geology of Louisiana. 1869.

4 Charles Janet. Transformation artificielle en gypse du calcaire friable des fossiles des sables de Bracheux. Bull. Soc. Belg. de Géol. Tomo VIII. 1894. Pág. 170.

5 George I. Adams. Loc. cit., pág. 51.—Véase también F. S. Hunt. Chem. and Geol. Essays; y S. F. Peckham. The genesis of bitumens, as related to chemical geology. Proceedings of the Am. Phil. Soc. Philadelphia. 1898. Pág. 114.

6 E. Fuchs y H. De Launay. Traité des gites minéraux et metallifères. Paris. 1893. Tomo I. Pág. 274.

sencia del agua se transforma en azufre con formación de una pequeña cantidad de ácido sulfúrico.¹

La extensión de las reacciones anteriores depende sobre todo de la cantidad de agua que circule en el subsuelo; pues el yeso no es muy soluble, y es preciso que se encuentre en solución para que se verifiquen las reacciones anteriores. Según esto: cuando la circulación acuífera subterránea sea muy pequeña, esas reacciones alcanzarán poca extensión, y las manifestaciones sulfurosas superficiales serán insignificantes, aunque exista en el subsuelo gran cantidad de carburos de hidrógeno; en cambio, si la circulación es activa, aunque los hidrocarburos se encuentren en mucha menor cantidad, las reacciones mencionadas serán más extensas, y mucho más notables las manifestaciones sulfurosas superficiales. De lo anterior se deduce que: estas últimas manifestaciones no sirven para calcular la cantidad de hidrocarburos contenidos en el subsuelo. Por otra parte, como las aguas en su circulación interior pueden seguir caminos muy irregulares, y salir á la superficie por puntos lejanos del lugar en que se encuentra el receptáculo petrolífero subterráneo (oil pool), y no siempre por puntos situados en la vertical que pasa por este último, las referidas manifestaciones no sirven tampoco para determinar con exactitud la situación del petróleo en el subsuelo.

Para comprobar las conclusiones anteriores podría citar muchos hechos, pero me conformaré con indicar los que proporciona la exploración de la región petrolífera del Istmo de Tehuantepec. En efecto: en Chapo se encuentra, como he dicho, el manantial de agua sulfurosa del rancho el Alquitrán; además, en los dos pozos que se han perforado allí se han encontrado el azufre y el yeso; y sin embargo, prácticamente ninguno de los pozos de Chapo ha producido chapopote, hasta una profundidad que es ya mayor de 300 metros. En cambio, en Potrerillos, cerca de Jáltipan, no existen manifestaciones sulfurosas en la superficie del terreno, no se han encontrado ni el yeso ni el azufre en los pozos perforados allí; y no obstante, en el «Pozo 2» de Jáltipan se encontró chapopote fluido á los 178 metros de profundidad, y este pozo ha producido hasta 20 barriles diarios del referido chapopote. Creo que los hechos anteriores pueden considerarse como una comprobación de las conclusiones antes indicadas.

Por las explicaciones anteriores se comprende que: para encontrar en la superficie del terreno las manifestaciones sulfurosas mencionadas, no basta la presencia del petróleo en el subsuelo; sino que se necesita también la presencia del yeso, y una corriente de agua subterránea, que después de disolver á este compuesto para que se verifiquen las reacciones anteriores, eleve en disolución hasta la superficie del terreno al sulfuro de calcio y al hidrógeno sulfurado.

En Spindle Top (Beaumont) se han encontrado con las perforaciones

¹ Para estudio detallado de estas reacciones véase: J. D. Villarello. Génesis de los yacimientos mercuriales de Palomas y Huitzucó. Memorias de la Sociedad científica Antonio Alzate. Tomo XIX. Págs. 99, 104, 124, 128 y 130.

además del petróleo: dolomita,¹ yeso² y agua salada caliente.³ Ahora bien, el agua, sobre todo cuando tiene en disolución bióxido de carbono, disuelve al yeso;⁴ por lo tanto, en Beaumont las aguas calientes subterráneas disolvieron al yeso, hecho que está comprobado por los fragmentos de este mineral que han salido por los pozos, pues la superficie de esos fragmentos estaba siempre corroída, lo cual prueba que estuvieron sujetos á la acción de algún disolvente.⁵ Las aguas selenitosas así formadas, al obrar sobre los carburos de hidrógeno producen sulfuro de calcio é hidrógeno sulfurado, compuestos que al llegar en disolución á la parte superficial del terreno, ó zona de oxidación: depositan azufre en las grietas, acidulan las aguas superficiales, si no se encuentran rocas calizas en la superficie, ó en presencia de estas últimas forman depósitos secundarios de yeso.⁶ De esta manera quedan explicados los fenómenos químicos observados en Beaumont,⁷ y á los cuales ha dado mucha importancia el Capt. Lucas.⁸

En Chapo, lugar comprendido en la zona petrolífera del Istmo de Tehuantepec, se han encontrado con las perforaciones: carburos de hidrógeno, yeso y agua salada, compuestos suficientes para que tengan verificativo las reacciones que indiqué antes. Por lo tanto, aunque en muy pequeña escala, se verifican en este lugar los mismos fenómenos químicos que se observan en Beaumont: pero tanto en estas localidades, como en otras varias en las cuales aparece en la superficie del terreno el hidrógeno sulfurado y el azufre, se encuentra el yeso á la profundidad.

El yeso, cuando no se ha formado por la acción de aguas termominerales sulfurosas, ó por la acción de vapores calientes de agua é hidrógeno sulfurado, puede encontrarse en el subsuelo: ya sea en capas de origen marino; ó mezclado á la sal gema, con la cual está generalmente asociado;⁹ ó bien como resultado del ataque de la caliza por el sulfato de magnesia contenido en el agua del mar. De esta acción química resulta, además del yeso, un carbonato de magnesia que en determinadas condiciones se une al carbonato de cal, y forma la dolomita.¹⁰

1 C. W. Hayes and William Kennedy. Loc. cit. pág. 70.

2 C. W. Hayes and William Kennedy. Loc. cit. pág. 71.

3 Robert T. Hill. Loc. cit. págs. 392-396.

4 Arthur M. Comey. Dictionary of chemical solubilities. 1896.—Véase también: G. P. Grimsley and E. H. S. Bailey. Special report on gypsum and gypsum cement plasters. The University Geological Survey of Kansas. Tomo V. 1899. pág. 72.

5 C. W. Hayes and William Kennedy. Loc. cit. pág. 71.

6 Spezia, Braunn's chemische Mineralogie. pág. 366.—Véase también: George I. Adams. Loc. cit. pág. 52.

7 Robert T. Hill. Loc. cit. págs. 392 y 393.

8 Robert T. Hill. Loc. cit. pág. 397.

9 H. Coquand. Sur l'âge des gisements de sel gemme (Djebel-Mèlah), sur l'origine des ruisseaux salés (Oued-Mèlah) et des lacs salés (Chotts et Sebkéa) de l'Algérie. Bull. Soc. Ghol. de France. 2ª Serie. Tomo XXV. 1867-68. pág. 440.

10 Para detalle de estas reacciones véase F. Sterry Hunt. On the formations of gypsums and dolomites. Quarterly Jour. Geol. Soc. of London. Tomo XVI. 1860. pág. 153.

La asociación de la sal, el yeso y las aguas saladas, con el petróleo, se ha observado en muchas localidades, como en Galicia en donde se encuentra también el azufre libre;¹ pero esta asociación no es constante,² ni aun en Galicia.³ Si la asociación anterior no es constante, si no en todos casos se ha encontrado el petróleo junto con el yeso, la sal, ó las aguas saladas, tampoco puede ser constante la asociación del petróleo con el azufre y el hidrógeno sulfurado, substancias que para formarse requieren, como he dicho antes, la presencia del yeso ó de las aguas selenitosas. Por otra parte, las manifestaciones sulfurosas ya indicadas pueden ser debidas á acciones sulfatarianas, y no á la acción reductora de los carburos de hidrógeno; de donde se deduce que: estas manifestaciones no siempre indican la presencia del petróleo en el subsuelo.

Es cierto que el petróleo crudo de varias localidades, y tanto el superficial como el encontrado á la profundidad, contiene azufre, asociación que podría indicarse como fundamento de la teoría según la cual, el azufre contenido en el petróleo es siempre un producto accesorio á la formación del mismo petróleo; pero como se verá en seguida, el azufre que acompaña al petróleo es anterior ó posterior á la formación del mismo petróleo.

El Prof. Peckham dice: El azufre contenido en el petróleo puede ser debido á dos diferentes causas: cuando se encuentra en muy pequeña cantidad, una fracción por ciento, puede decirse que ese azufre formaba parte constitutiva de la materia de que se formó el petróleo; pero cuando el azufre contenido alcanza varias unidades por ciento, es porque ha sido producido por reacciones químicas, entre el petróleo y los sulfatos contenidos en las aguas naturales.⁴

El procedimiento según el cual se sulfura el petróleo en el subsuelo puede explicarse como sigue. Al descomponerse las substancias azoadas animales producen ácido carbónico por la unión del oxígeno de la substancia con el carbón; y el hidrógeno se combina con el ázoe, el azufre y el fósforo, contenidos en las mismas substancias y se forma amoníaco y pequeñas cantidades de hidrógeno sulfurado y fosforado.⁵ Por otra parte, el hidrógeno sulfurado se forma también, como dije antes, por la acción reductora de los carburos de hidrógeno sobre los sulfatos de cal ó de magnesia conteni-

1 Fuchs et De Launay. Loc. cit. pág. 124.

2 H. Coquand. Sur les gites de pétrole de la Valachie et de la Moldavie. et sur l'âge des terrains qui les contiennent. Bull. Soc. Géol. de France. 2ª Serie. Tomo XXIV. 1866-67, pág. 509.— Véase también T. Sterry Hunt. Loc. cit. pág. 152.

3 Fuchs et De Launay. Loc. cit. pag. 150.

4 Prof. Peckham. Discussion. Proc. of the Am. Phil. Soc. Tomo XXXVI. 1897. pág. 138. Véase también: S. E. Peckham. Oh the nature and origin of petroleum. Proc. Am. Phil. Soc. Tomo XXXVII. 1897 pág. 109.

5 A. S. Cooper. The genesis of petroleum and asphaltum in California. California State Mining Bureau. Boletín 16. 1899. pág. 7. Véase también: W. L. Watts. The gas and petroleum yielding formations of the Central Valley of California. California State Mining Bureau. Boletín 3. 1894, pág. 35.

dos en el agua del mar.¹ El hidrógeno sulfurado que resulta de las reacciones químicas anteriores ataca al petróleo, lo resinifica y lo sulfura, sobre todo cuando este ataque se verifica en las cercanías de la superficie del terreno, ó sea en la zona de oxidación, en la cual como he dicho se oxida el hidrógeno sulfurado con precipitación de azufre.² Cuando es pequeña la cantidad de este metaloide contenido en el petróleo, podrá decirse: que ese azufre se encontraba en la substancia azoada animal que originó la formación del petróleo; que al descomponerse esa substancia, el azufre se transformó en hidrógeno sulfurado como dije antes; y que este compuesto sulfuró al petróleo. En cambio, si la proporción de azufre contenida en el petróleo excede de uno por ciento, puede decirse: que ese azufre proviene de substancias extrañas á la formación del petróleo;³ y que es debido á la reducción de sulfatos alcalino-terrosos, por la acción de carburos de hidrógeno previamente formados.

El azufre contenido en el petróleo se encuentra en combinación química;⁴ y han podido ser separados é identificados los siguientes sulfuros: methyl, normalpropyl, iso y normal butyl, pentyl, etylpentyl y hexyl, sulfuros contenidos en el petróleo crudo de Ohio.⁵

El petróleo de Beaumont,⁶ así como el chapopote que se halla en las regiones ya descritas de los Estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, contienen gran cantidad de azufre en combinaciones orgánicas, y también hidrógeno sulfurado. Según varios químicos la cantidad de azufre contenida en los petróleos de Beaumont, después de expulsar el hidrógeno sulfurado con una corriente de aire ó vapor, varía entre el 1.75 y el 2.4 por ciento, siendo 2.04 por ciento el contenido en el petróleo del «pozo Lucas.»⁷ El chapopote de las regiones descritas en este estudio contiene cantidades de azufre variables entre el 1.48 y el 5.31 por ciento; y por lo tanto, según la respetable opinión del Prof. Peckham ya indicada, y la no menos autorizada del Dr. A. S. Cooper,⁸ puedo decir que: la mayor parte del azufre contenido en los chapopotes de la costa del Golfo en México, y en el petróleo de Beaumont, es debida á la reducción del sulfato de cal; y no puede considerarse ese azufre como un producto accesorio de la formación de los referidos carburos de hidrógeno.

Al sulfurarse el petróleo no sólo varía su composición química, sino que

1 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 24.

2 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 56.

3 A. S. Cooper. The genesis of petroleum and asphaltum in California. California State Mining Bureau. Boletín 16. 1899. pág. 10.

4 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 56.

5 Charles F. Mabery. On the composition of certain petroleum oils, and of refining residues. Proc. Am. Academy of Arts and Sciences. Tomo XXV. 1890. pág. 218.

6 Robert T. Hill. Loc. cit. pág. 393.

7 C. W. Hayes and William Kennedy. Loc. cit. págs. 149-150 y U. S. Geol. Surv. Serie A. Economic Geology. Boletín 213. 1903. pág. 351.

8 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 10.

varían también sus propiedades físicas. En efecto, haciendo obrar el hidrógeno sulfurado, el oxígeno, el ácido azótico, ó los azotatos de potasa y sosa, sobre el petróleo¹ se obtiene el chapopote, ó sea, un hidrocarburo que contiene azufre, oxígeno ó ázoe, y á veces todos estos elementos.² En los chapopotes se ha encontrado ó una gran cantidad de oxígeno ó una gran proporción de azufre,³ y el exceso de estos elementos ocasiona que: el petróleo pierda su fluidez, hasta llegar á endurecerse;⁴ y que aumente de una manera notable su peso específico.⁵

La resinificación del petróleo y su transformación en chapopote es debida principalmente á la disminución en el petróleo de la «petrolena,» que es el disolvente natural de la «asfaltena.»⁶ Ahora bien, la «petrolena,» puede desaparecer del petróleo crudo: por evaporación;⁷ por oxidación;⁸ por la acción del agua que contenga oxígeno ó aire atmosférico;⁹ ó bien, al sulfurarse el petróleo por la acción del hidrógeno sulfurado ó del azufre. Según esto, cuando el petróleo se encuentre sometido á alguna de las acciones anteriores desaparecerán de él los aceites ligeros,¹⁰ y se transformará en un chapopote más ó menos viscoso, y á veces enteramente duro.¹¹

RESUMEN.

En vista de las razones expuestas en esta parte de mi estudio, creo fundadas las siguientes conclusiones: El yeso no interviene en la formación del petróleo. La mayor parte del azufre contenido en los petróleos de Beaumont y en los chapopotes de la costa del Golfo en México, no es un producto accesorio de la formación de esos hidrocarburos, sino que es debido á la reducción del sulfato de cal por los mismos hidrocarburos. La presencia de las incrustaciones de azufre en la superficie del terreno, los manantiales de agua sulfurosa y los desprendimientos de hidrógeno sulfurado,

1 A. S. Cooper. Loc. cit. págs. 8 y 15.

2 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 15.

3 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 17. Véase también: Richardson. Nature and origin of asphaltum.

4 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 40.

5 Charles F. Mabery. On the composition of american petroleum. Proc. Am. Phil. Soc. Tomo XXXVI. 1897. pág. 130.

6 Stanislas Méunier. Etude stratigraphique et chimique sur les gisements asphaltiques du Jura. Mémoires de la Soc. Belg. de Géol. Paléont. et d'Hydrol. Tomo XII. 1898. pág. 88.

7 S. Meunier. Loc. cit. pág. 88. Véase también H. Coquand. Sur les gisements asphaltiques des environs de Ragusa, dans la province de Val di Noto (Sicile). Bull. Soc. Géol. de France. 2^a Serie. Tomo XXV. 1867-68. pág. 429. Véase también S. F. Peckham. On the nature and origin of petroleum. Proc. Am. Phil. Soc. Tomo XXXVI. 1897. pág. 110.

8 Boussingault. Annales de Chimie et de Physique. 1^a Serie. Tomo LXIV. 1837. pág. 148.

9 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 56.

10 A. Jaccard. Loc. cit. pág. 247. Véase también Dr. J. P. Kimball. Am. Jour. of Science. 3^a Serie. Tomo XII. 1876. pág. 285.

11 A. S. Cooper. Loc. cit. pág. 40.

no siempre indican la presencia del petróleo en el subsuelo. La ausencia de estas manifestaciones superficiales no prueba la ausencia del petróleo en la profundidad. La presencia de las referidas manifestaciones superficiales, cuando no son debidas á acciones sulfatarianas, sólo indican la presencia del yeso y de carburos de hidrógeno en el subsuelo; pero sin que pueda apreciarse por ellas: ni la naturaleza del hidrocarburo; ni, en su caso, el valor comercial de los receptáculos petrolíferos subterráneos; ni mucho menos permitirán fijar la posición de estos receptáculos. Por último, la presencia de esas manifestaciones superficiales en terrenos petrolíferos, indican que el petróleo del subsuelo, sobre todo en la zona de oxidación ó superficial: está sulfurado y en parte resinificado; es pesado, más ó menos viscoso, de base asfáltica, y relativamente escaso en aceites iluminantes.
