
EXTRACTO SOBRE EL ARTICULO TITULADO

“LOS YACIMIENTOS DE PETROLEO EN MEXICO”

Tomado de la obra “Petroleum” por Sir Boverton Redwood, Bart.,
tercera edición, año de 1913

En las páginas 95 a 98, Redwood dice que las indicaciones petrolíferas superficiales eran conocidas desde hace muchos años en los Estados del Golfo, pero las exploraciones formales sólo se emprendieron en los años 1880 en adelante; divide los numerosos yacimientos en tres grupos principales: los del Norte, los del Istmo de Tehuantepec, y los de Chiapas y Tabasco: los primeros comprendidos en una faja de la costa del Golfo, limitada al Norte por el río Bravo; al Sur, hasta el río de Tecolutla; al Oriente, por la costa del Golfo, y al Poniente, por la Sierra Madre Oriental: los segundos comprenden todo el Istmo de Tehuantepec, y los terceros los Estados de Chiapas y Tabasco.

Apunta que se han encontrado señales de la existencia de petróleo en el Estado de Chihuahua, en las cercanías de Puerto Angel, en el Estado de Oaxaca, en donde las muestras de petróleo obtenido son de muy buena calidad.

En general, los petróleos de los campamentos del Norte tienen una densidad que varía entre 10° y 14° Bé. En los del Sur, se encuentran aceites más ligeros. El petróleo de los yacimientos de San Cristóbal tiene una densidad comprendida entre 26° y 43° Bé. Los aceites del Ebano dan 1% de gasolina y 10% de aceite iluminante. El petróleo de Minatitlán da 11% de gasolina y 25 a 26% de aceite iluminante de muy buena calidad, además de una cantidad considerable de gas oil y aceite lubricante.

El aceite de Tabasco presenta caracteres muy semejantes al de Pennsylvania y los productos de refinación son casi iguales a los anteriores.

La cantidad de azufre que por lo general contiene el petróleo crudo de México, es bastante alta, comprendida entre 4 a 15%, siendo de 3% en el petróleo de San Cristóbal.

En la página 190 y en la 191 dice que se asegura hay abundancia de yacimientos petrolíferos en la Baja California, principalmente en la costa oriental y en la Isla del Carmen. En los Estados de Chihuahua y de Durango existen no-

ticias vagas sobre la presencia del petróleo que se presume sea en pequeñas cantidades; en el lago de Chapala se encuentran manantiales de petróleo y de chapopote; en Guadalupe, Distrito Federal, se encuentran natas de petróleo que mana de las rocas volcánicas, recogiénose cosa de 3 litros diarios que se venden para aplicarlo como medicina para uso externo; este comercio tiene una existencia de más de doscientos años. Se tienen noticias de la existencia de petróleo en Salitre de Méndez, en el Estado de México, en una tierra de diatomeas que lo contiene.

El petróleo y el asfalto se encuentran en los alrededores de Huauchinango, Estado de Puebla, siendo probablemente una continuación de los yacimientos petrolíferos de Veracruz; los depósitos de Real del Monte, en el Estado de Hidalgo, los de Matamoros Izúcar, Chiautla y Acatlán, del Estado de Puebla; los del Estado de Tlaxcala; los de Tlaquitenango, en el Estado de Morelos, y los de Huetamo y Oztumatlán en Michoacán, que han sido descritos como yacimientos de carbón mineral, siendo realmente depósitos de materias asfálticas. Esquistos muy bituminosos, que dan por destilación un aceite pesado de malísimo olor, se encuentran a corta distancia al Poniente de la ciudad de Tlaxiaco, en el Estado de Oaxaca, estando caracterizados por los fósiles que contienen como pertenecientes a las formaciones del Neocomiano Medio. Cerca de Pochutla y Puerto Angel, en el mismo Estado de Oaxaca, se encuentra aceite ligero que se saca de pozos escavados a mano, no brotantes, de unos cien metros de profundidad; habiendo pocas probabilidades de que tengan una producción comercial de gran valor, puesto que las formaciones del terreno constan de granito gneisico, granulitas, cuarzitas, mármoles y otras rocas, probablemente del Arcaico, cubiertas en la superficie por materiales arenaceos y arcillosos, derivados parcialmente por la desintegración *in situ* de las rocas subyacentes y en parte como depósitos lacustres o de los ríos, que parecen haberse saturado localmente de aceites e hidrocarburos que provienen de la descomposición de materias orgánicas depositadas en los lagos o lagunas.

En la mayor parte de los Estados orientales de la República Mexicana existen grandes acumulaciones de asfalto; en estos Estados se han hecho con éxito varias perforaciones. En Tamaulipas y en la parte Noreste de Veracruz, las formaciones superficiales que se encuentran cerca de los depósitos de asfalto, son esquistos grises pertenecientes al Cretácico, o areniscas del Terciario, muy frecuentemente cortados por rocas volcánicas y diques de la misma naturaleza. Las perforaciones han atravesado dos o tres mil pies de las formaciones anteriores, antes de cortar el horizonte principal productivo que se encuentra en la caliza dolomítica Neocomiana. En el Cantón de Tlaxpam, una parte de la producción se ha obtenido a poca profundidad de las areniscas del Terciario.

Las exploraciones recientes en las que se han logrado pozos de gran produc-

ción en las cuencas de los ríos Pánuco y Tamesí, en Ebaño, Topila y otros varios lugares, como en San Diego de la Mar, cerca de la laguna de Tamiahua, que probablemente ha sido la producción más grande de que se tiene noticia, proviene la caliza del Neocomiano, aunque desgraciadamente se perdió a causa de un incendio. Más al Sur, en el Valle de Buenavista, tributario del de Tuxpam, se ha obtenido de la misma caliza, una producción de 60,000 barriles diarios. Las indicaciones superficiales se extienden al Suroeste en el Valle de Tecolutla y sus tributarios, habiéndose logrado una producción considerable de los pozos de Furbero, que se encuentran al Poniente de Papantla, en donde las perforaciones han atravesado los esquistos cretácicos hasta llegar a las calizas Neocomianas. El asfalto y el petróleo que se encuentran en el Cantón de Jalacingo, son la prolongación de las formaciones indicadas antes; al Sureste tiene un origen geológico semejante. Se dice que el petróleo mana, acompañado de un gas de las calizas Cretácicas, que se encuentran a 30 millas al Sur del Puerto de Alvarado: al Oriente de este lugar, en la amplia cuenca Terciaria de los ríos de San Juan, Coatzacoalcos y Tanchoápam, existen exhudaciones superficiales de aceites asfálticos a lo largo de líneas bien marcadas en Sayltepec, Jaltipan, Trujillo, Pahuatlá, Molocán, los Changos, San Cristóbal, Pajapa, Sayula, Medias Aguas, etc. Varios campos han sido desarrollados en el Istmo de Tehuantepec en las condiciones de los yacimientos de petróleo que se aproximan mucho a la de los criaderos de Texas: el principal horizonte productivo se encuentra en una caliza dolomítica asociada con grandes masas de yeso y de sal gema.

El petróleo se encuentra en las formaciones del Terciario, en los Distritos de Macuspana, en Tabasco y Pichucalco, en Chiapas, se tiene noticia de la existencia de grandes lechos de asfalto en la parte superior del curso del río Grijalva, en Chiapas, probablemente en donde predominan las rocas del Cretácico. Se afirma que existe petróleo en Yucatán.

México, julio 25 de 1917.

OBSERVACIONES SOBRE ESTE ARTICULO

Del Estado de Durango, no se tienen hasta hoy datos fehacientes sobre la existencia de combustibles fósiles en cantidades suficientes que ameriten su explotación.

En el lago de Chapala, realmente no existen manantiales de petróleo ni de chapopote, sino indicaciones de hidrocarburos, que provienen indudablemente de la descomposición o fermentación de las plantas acuáticas y de los restos de animales; estos hidrocarburos que no han llegado a analizarse debidamente, son

distintos de los hidrocarburos que provienen de los yacimientos petrolíferos, encontrándose en condiciones que no les permite acumularse en los estratos del subsuelo.

De las rocas volcánicas de Guadalupe, Distrito Federal, no mana petróleo, sino que el poco que se ha obtenido hasta ahora, proviene de las capas profundas calizas y margosas del Cretácico, que se encuentran cubiertas por las rocas volcánicas modernas que constituyen los macizos montañosos de la Sierra de Guadalupe.

En los alrededores de Huauchinango, Estado de Puebla, no se tienen noticias ciertas de la existencia del petróleo, aunque las formaciones Cretácicas están ampliamente representadas, así como las del Jurástico inferior y superior, no siendo difícil que se lleguen a encontrar yacimientos de esta naturaleza, pero hasta ahora no se han llegado a localizar.

Los depósitos petrolíferos, o mejor dicho, yacimientos petrolíferos de Real del Monte, en el Estado de Hidalgo, no existen.

En los Distritos de Matamoros Izúcar, Chiautla y Acatlán, que pertenecen al Estado de Puebla, se encuentran verdaderos lechos de lignitas, bastante bituminosas; hasta estas fechas no se tienen datos reales sobre la existencia de yacimientos netamente petrolíferos.

Los que se han señalado en los Estados de Morelos y de Tlaxcala, tampoco han sido confirmados por las exploraciones que se han hecho; en igual caso se encuentran los de Oztumatlán y de Huetamo, en el Estado de Michoacán.

Los esquistos bituminosos que se encuentran en los alrededores de la ciudad de Tlaxiaco, en el Estado de Oaxaca, y en otras partes de las Mixtecas, tampoco deben considerarse como petrolíferos, aunque sometidos a la destilación se obtenga un aceite iluminante, semejante al petróleo, como no se consideran como petrolíferos los esquistos y pizarras bituminosas de varias localidades europeas que se destinan industrialmente para obtener de ellas, por medio de la destilación, aceites iluminantes y medicinales.

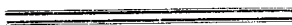
Respecto a los yacimientos de petróleo de Puchutla y Puerto Angel, en el mismo Estado de Oaxaca, que Sir Boverton Redwood considera como de muy escasas probabilidades para que lleguen a producir grandes cantidades de petróleo, no proviene, como lo indica Sir B. Redwood, de la descomposición de las materias orgánicas depositadas en los lagos o lagunas. (¿Cuáles lagos o lagunas?): lo más probable es que su origen se deba a la transformación de las sustancias orgánicas de las calizas, tal vez Carboníferas (?) que acompañan al granito gneisico, granulitas, cuarzitas, y además, rocas de origen ígneo que han sido clasificadas como rocas de la Era Arcaica (?).

En varios de los Estados orientales de la República Mexicana, dice que existen grandes acumulaciones de asfalto; hasta ahora sólo en los Estados de Tamau-

lipas, y principalmente Veracruz, es en donde se han encontrado un gran número de "Chapopoteras" que están muy lejos de constituir grandes acumulaciones de asfalto; lo que sí se ha encontrado en cantidades asombrosas, son petróleos de base de asfalto, siendo el chapopote, en la verdadera acepción de la palabra, un petróleo crudo del que han desaparecido parcialmente los hidrocarburos ligeros por una oxidación dentro del criadero mismo.

La caliza dolomítica Neocomiana, que dice encontrarse en las perforaciones que han llegado a tres mil pies de profundidad, no existe: en todos los campos petrolíferos de las costas del Golfo, en donde se han hecho algunos millares de perforaciones, no se ha llegado a descubrir ninguna dolomía; en cambio, se han llegado a encontrar las calizas de Tamasopo, que algunos consideran como el horizonte productor de petróleo, aunque los hechos demuestren que el petróleo se ha acumulado principalmente en los estratos de esquistos margosos de San Felipe o de Méndez.

M. BUSTAMANTE (h.)



EXTRACTO DEL ARTICULO TITULADO

“EJEMPLOS PROBABLES DE TUBOS DE ERUPCION”

POR EZEQUIEL ORDOÑEZ

Memorias de la Sociedad Alzate, Tomo XXII, Págs. 141 a 150.

Años de 1904 a 1905.

El señor Ordóñez, al hacer un estudio de los terrenos petrolíferos del Ebano, situados de uno y otro lado de los límites de los Estados de San Luis Potosí y Veracruz, explotados por la “Mexican Petroleum Co.,” en vista de las rocas atravesadas por las perforaciones hechas en busca del petróleo que había emprendido la Compañía, tuvo ocasión de darse cuenta de la estructura interna de los cerros volcánicos de pequeña elevación, unos cuarenta metros sobre la superficie del terreno, de forma cónica, que interrumpen la monotonía de las planicies de la costa: habiéndose localizado varios de los pozos en las faldas de estos cerros, por encontrarse en ellas las chapopoterías: llegando a la conclusión de que a la profundidad no persiste la forma cónica, sino que son los derrames exteriores de tubos de erupción, que son muy frecuentes en otras partes del mundo, que no han llegado a plegar a los estratos sedimentarios que atraviesan, ni se ha encontrado el basalto a la profundidad, como debiera, si la forma cónica persistiera a la profundidad.

La presencia de las chapopoterías en estos lugares, las explica como el resultado de las inyecciones del petróleo que se encuentra acumulado en el interior de los depósitos en la roca sedimentaria, por la gran presión de los gases que acompañan siempre a los hidrocarburos líquidos o viscosos, al través de grietas naturales que existen, principalmente en la zona del contacto entre las rocas sedimentarias por una parte y por la otra las rocas volcánicas intrusivas.

México, 26 de julio de 1917.

EXTRACTO DEL ARTICULO EN INGLES POR L. G. HUNTLEY

TITULADO

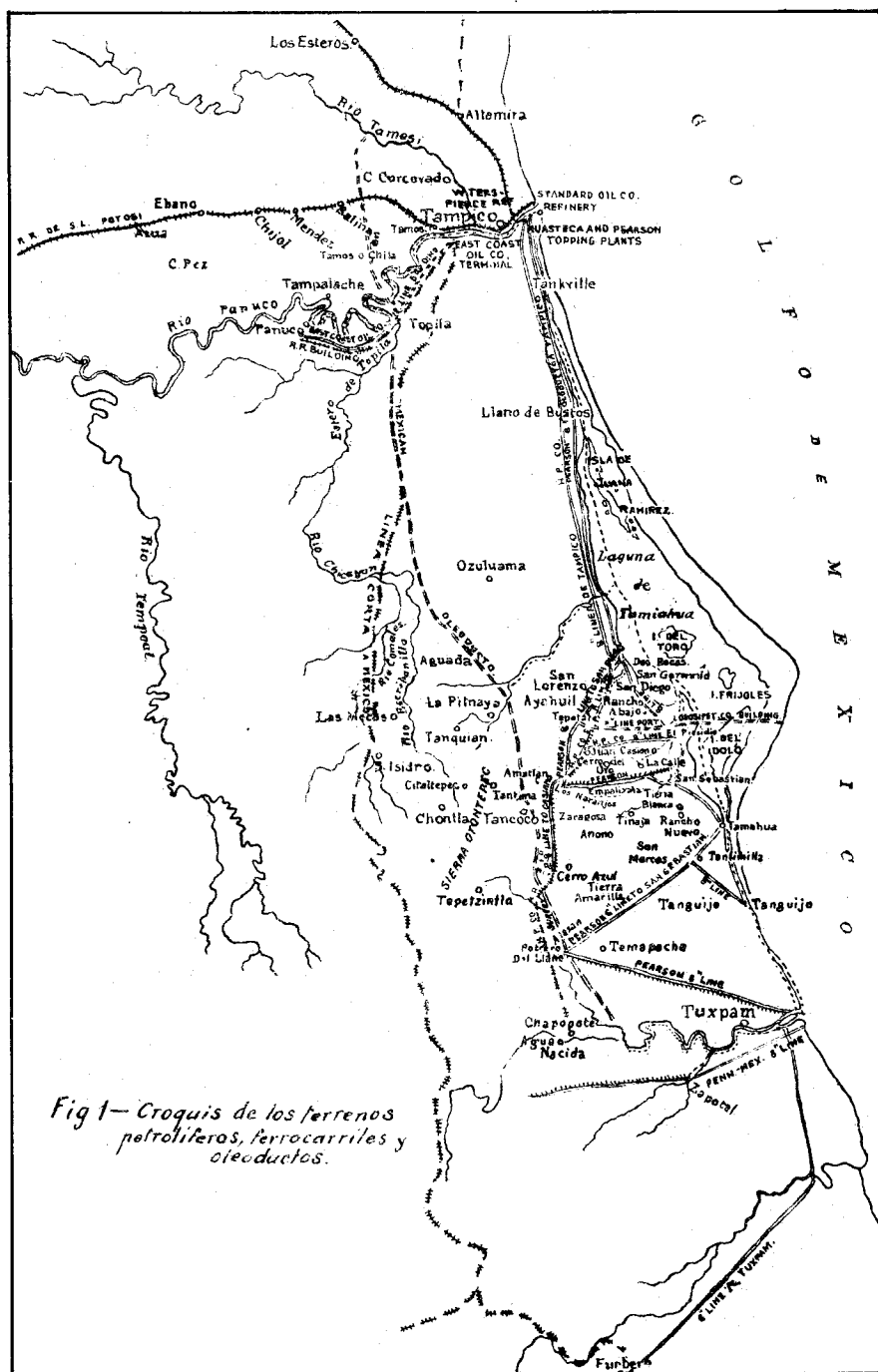
“CAMPOS PETROLIFEROS MEXICANOS”

(San Francisco Meeting, septiembre 1915)

Historia de la Explotación del Petróleo en México

La existencia de petróleo o de alquitrán mineral en México, se encuentra mencionada en las obras del Padre Sagahún, publicadas en el siglo XVII, dándole el nombre de Chapopote, que es el nombre indio con que se designa el asfalto, cuyos usos eran aparentemente los mismos a lo que lo han dedicado todos los pueblos primitivos en varias partes del mundo, es decir, en las ceremonias religiosas y como medicamento. Algunos viajeros afirman que en las ruinas de Yucatán y en las pirámides del sur de México, existen indicios de haberse usado el chapopote en las construcciones como mezcla o mortero.

Señala varias tentativas infructuosas para la explotación del aceite o gas que se hicieron desde el año de 1865 en San José de las Rusías; en 1868 se perforó un pozo de 125 pies de profundidad en Furbero, que produjo un poco de petróleo y que fué refinado en la misma localidad; en 1873 fueron trabajados, cerca de Tempoal, en el Cantón de Tantoyuca, los yacimientos de asfalto, no intentándose ninguna perforación; entre los años de 1880 y 1883, se hicieron algunas perforaciones poco profundas en busca de petróleo, dos de las cuales se encontraban cerca de Potrero del Llano, al Oeste de Tuxpam; otras varias abortadas tentativas se hicieron entre 1885 y principios del siglo actual en el Estado de Veracruz, habiendo llegado a alcanzar el pozo más profundo 1,500 pies; no fué sino hasta el año de 1901, por el mes de mayo, que se obtuvo el primer éxito en uno de los pozos de El Ebano; otras muchas tentativas de perforación en busca de petróleo se hicieron además de las indicadas, tanto en el Estado de Veracruz, como en el de Tamaulipas; en Guadalupe, Distrito Federal; Chiapas, Tabasco, e Istmo de Tehuantepec, habiéndose organizado varias compañías para explotar a



tajo abierto los depósitos de asfalto de los Cantones de Túxpam y Ozuluama sin resultado comercial.

En 1904, la casa Pearson hizo perforaciones en Furbero y su primer pozo fué terminado con buen éxito; el pozo núm. 1 de la Pez, fué también terminado, siendo el primer gran pozo productivo, y desde entonces no ha dejado de producir aceite; en 1907 se perforó con más actividad en los cantones de Ozuluama y de Túxpam, habiéndose obtenido pozos en San Diego, el Tumbadero, Juan Casino (La Pitahaya), Tampalache; habiéndose principiado también a perforar en los Esteros, Estado de Tamaulipas.

En 1908, principió a trabajar la Refinería de Minatitlán, de la casa Pearson: en mayo del mismo año se terminó el pozo núm. 2 de San Diego, en el campamento de Dos Bocas, con una producción de 2,500 barriles diarios; el 4 de julio, brotó el famoso pozo núm. 3 de San Diego, el cual se incendió inmediatamente, ardiendo hasta que fué extinguido por el agua salada que lo invadió. El Campo de Chijol, en el distrito del Ebano, y el campo de Topila, inauguraron importantes producciones de aceite de los terrenos petrolíferos mexicanos; siguiendo los pozos de Pánuco, de Tagüijó y San Pedro, los pozos núms. 6 y 7. de Juan Casiano con una producción de 14 barriles diarios y otro de 2,800, terminándose el oleoducto de 8 pulgadas desde este campo hasta Tampico.

En 1912, el Gobierno decretó un impuesto de \$ 0.20 veinte centavos por tonelada métrica de petróleo, que se produjera en la República.

La Huasteca Petroleum Co. dió principió a la construcción de una grande flota de buques-tanques para el transporte de sus productos.

En 1913 se obtuvieron dos buenos pozos en el campamento del Alamo, cerca del Potrero del Llano. Los campos de Chila Salinas y de Topila comenzaron a sufrir en su producción, por la invasión del agua salada. En Amatlán se logró el pozo de los Naranjos, que rompió su válvula, resultando ser uno de los mayores productores de petróleo, con una producción de 50,000 barriles diarios.

En diciembre 1º, el Gobierno aumentó el impuesto a (\$ 0.75) setenta y cinco centavos por tonelada de petróleo crudo, proponiéndose, además, un proyecto para la nacionalización del petróleo, no habiéndose llevado a efecto esto último.

En enero de 1914 brotó el gran pozo de La Corona, en Pánuco, cuya producción diaria se estima en 100,000 barriles.

La siguiente tabla muestra la producción anual de petróleo crudo en los campos petrolíferos mexicanos desde 1904; advirtiéndose que en los últimos años no representa toda su capacidad productiva que es mucho más grande: la producción aparente actual es de unos 70,000 barriles diarios, pero las nuevas perforaciones son capaces de producir 330,000 barriles diarios, estimándose por autoridades dignas de confianza que esta capacidad es de 500,000 barriles.

AÑOS —	BARRILES (42 galones)	AÑOS —	BARRILES (42 galones)
1904.....	200,000	1910.....	4.099,000
1905.....	300,000	1911.....	13.655,488
1906.....	500,000	1912.....	16.844,066
1907.....	1.000,000	1913.....	24.574,500
1908.....	3.481,000	1914.....	25.725,403
1909.....	3.765,000		

Al finalizar el año de 1914 existían 52 compañías que operaban en los terrenos petrolíferos de México, habiéndose organizado unas 200 más para la explotación petrolífera ya en un sentido o en otro. La mayor parte de las compañías son americanas, siendo las excepciones: la casa Pearson (inglesa), la Dutch-Shell (inglesa-holandesa) y cierto número de compañías mexicanas, que operan especialmente en Pánuco y Topila.

Las compañías especiales exportadoras de petróleo y al mismo tiempo productoras, son: Mexican Eagle Oil Co. (Pearson); La Huasteca Petroleum Co. (Doheny); la Tampico Co.; la Mexican Gulf Co. (Mellon); la East Coast Co. (Southern Pacific Ry); la Trans-Continental Petroleum Co. (John Hays Hammond); La Corona Petroleum Co. (Dutch-Shell); la Panuco Valley Oil Fields Corp., Ltd. (Simms & Bowser), y la Penn-Mex Fuel Co. (Standard Oil Co. of New Jersey).

La capacidad productiva de los pozos de petróleo mexicanos puede dividirse de la siguiente manera:

BARRILES DIARIOS

150,000 Pánuco	}	Distrito Norte produciendo petróleo pesado 10° a 12° Bé.
4,000 Topila.....		
6,000 Ebano y Chijol.		
65,000 Casino y los Naranjos.....	}	Distrito Sur produciendo petróleo de 18° a 27° Bé.
100,000 Potrero del Llano, Alazán, Alamo...		
175,000 Cerro Azul y Juan Felipe.....		

Las explotaciones por los puertos mexicanos de Tampico y Tuxpam se distribuyen de la siguiente manera:

A los Estados Unidos.....	15.476,727 barriles.
A diversos puntos de la costa mexicana	4.510,061 „
A Sud-América.....	195,138 „
A Europa.....	356,205 „
A Inglaterra.....	69,780 „
A Panamá.....	40,446 „
A Cuba.....	20,000 „
Suma.....	20.674,357 „

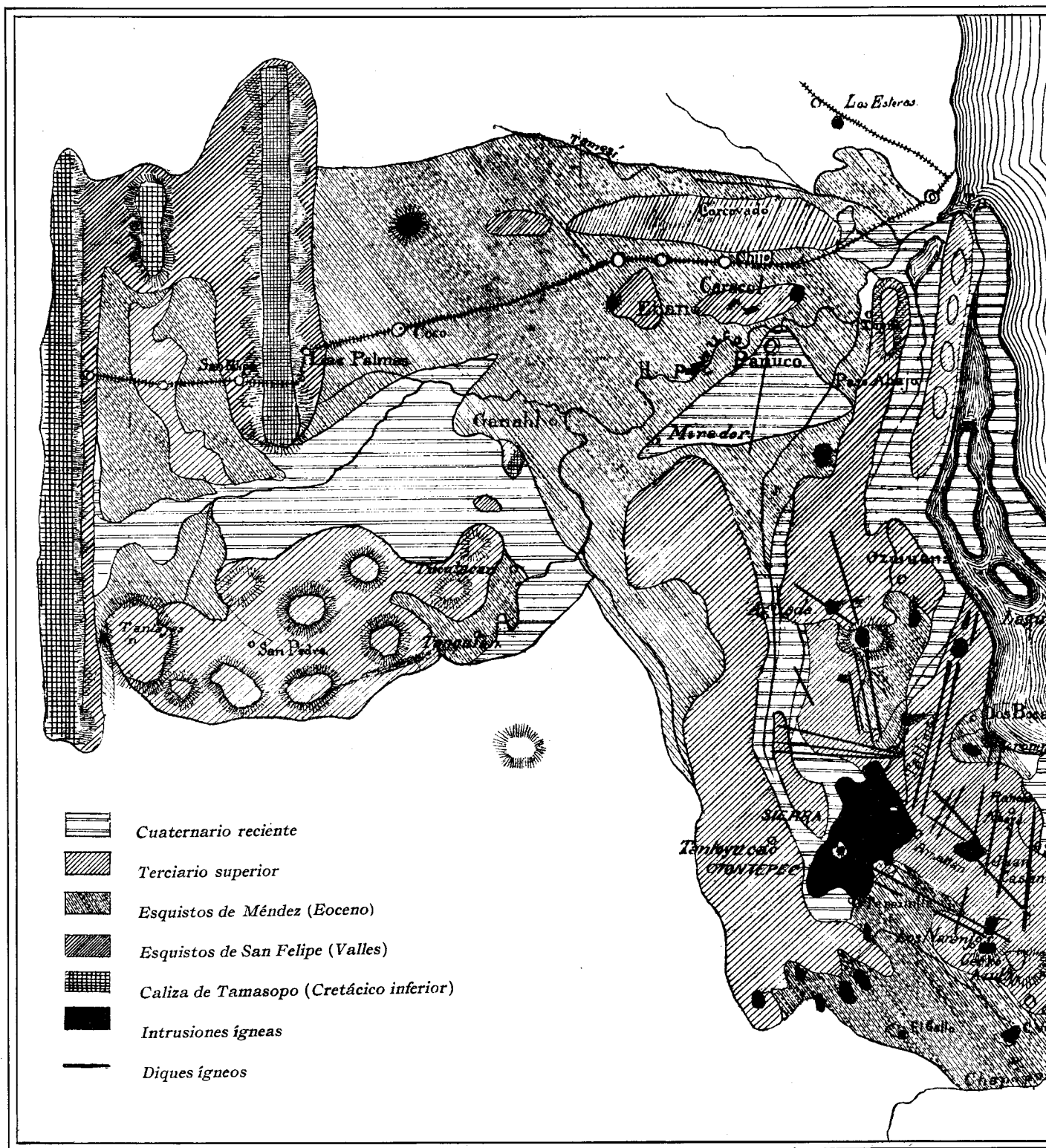
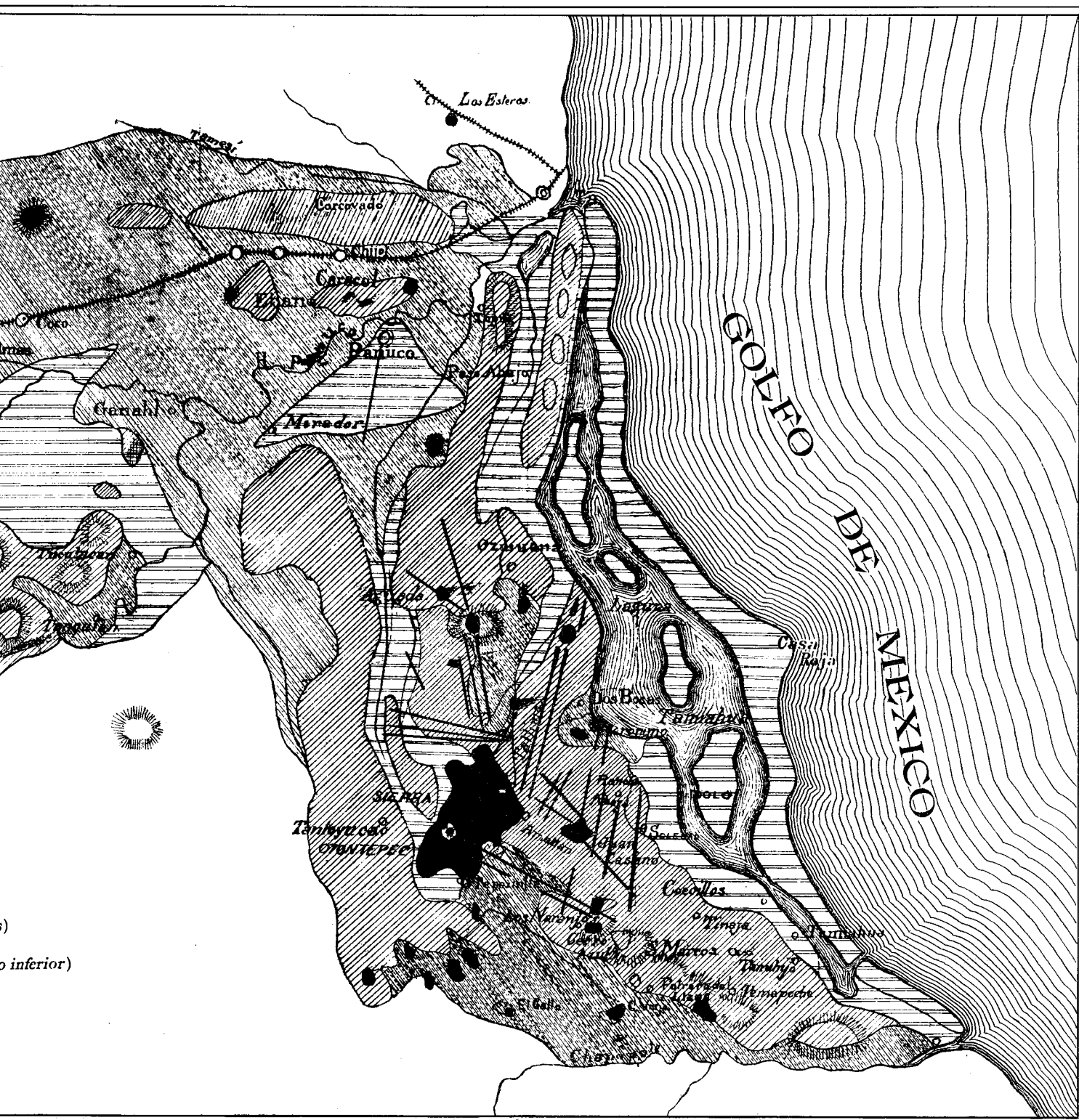


Fig. 2.—Esquema general de los campos petrolíferos de México, mostrando las áreas ocultas por las intrusiones basálticas y enseñando las principales intrusiones basálticas y la dirección de los corrientes de migración de los hidrocarburos.



de los campos petrolíferos de México, mostrando las áreas ocupadas por las diversas formaciones, y las principales intrusiones basálticas y la dirección de los diques principales.

No existe el temor de que la producción de los pozos mexicanos decline de la misma manera rápida que la de los Estados Unidos; pues los pozos de grande producción han aumentado la suya en lugar de disminuir desde que brotaron, poniéndose como ejemplos: los 6 y 7 de Juan Casiano, 1 y 4 de los Naranjos, Zurita 3, que no pueden considerarse como casos excepcionales, puesto que en algunos de estos pozos se han dejado correr libremente, pues las condiciones geológicas, que se discutirán después, son muy favorables. El más antiguo de los pozos, con producción comercial de los terrenos petrolíferos de México, Pez núm. 1 en el distrito del Ebano, y el 7 de Juan Casiano han estado produciendo, el primero desde 1904 y el segundo desde 1910, sin notarse ninguna disminución, encontrándose en distritos lejanos uno de otro. Se puede decir que las condiciones productivas en México difieren fundamentalmente de las de los Estados Unidos, y por esta razón no existe la necesidad, de parte de las compañías productoras, de sacar el aceite del subsuelo con la mayor rapidez posible; de lo que resulta que no hay tampoco una gran necesidad de tener una gran cantidad de tanques para el almacenamiento del petróleo, exceptuando en las estaciones terminales, donde son necesarios para las facilidades de las operaciones de carga.

La producción principal del petróleo mexicano proviene de unos 20 grupos de pozos, que representan cada uno un yacimiento o unidad geológica, poseído cada grupo por una de las grandes compañías que generalmente tiene bajo su dominio una gran extensión superficial cada una de estas compañías ha iniciado sus trabajos perforando un pequeño número de pozos, estando en sus intereses futuros hacer todas las perforaciones necesarias; pero actualmente mantienen cerrados muchos de los pozos productivos, mientras se obtiene mercado y se desarrollan los medios de transporte; por estos motivos, generalmente no ha habido grandes desperdicios de aceite o de gases, lo que es un estado ideal para explotar esta riqueza, por el que abogan los conservadores de este país: una compañía para la explotación de cada uno de los yacimientos.

La disminución de la presión en los pozos que se ha observado hasta ahora ha sido muy pequeña, en los campos productores más antiguos, como en el Ebano y Juan Casiano, que se han conservado con ligera variación; en los de Juan Casiano, se han sacado 40 millones de barriles de un solo pozo y apenas si ha habido una declinación de 10% en las producciones diarias.

Transportes.—La mayor parte del aceite del Ebano se usa como combustible en los ferrocarriles mexicanos y como asfalto para pavimento, todo lo cual se transporta por ferrocarril. El petróleo de Pánuco se transporta en chalanes hasta las terminales de Tampico, y de allí se toma para cargar a los buques-tanques que lo llevan a su destino. Los demás campos transportan su aceite por medio de olcoductos, ya sea a Tampico o a Tuxpam, en donde entran a cargar

los buques-tanques, existiendo actualmente 452 millas de oleoductos, la mayor parte de 8 pulgadas de diámetro y el resto de 6 pulgadas.

El transporte es la más seria dificultad que se reciente para poner en el mercado al petróleo mexicano, no siendo posible con los medios actuales hacer el transporte de toda la producción de los pozos, estimada entre 330,000 y 500,000 barriles diarios, no habiendo en 1914 declinado la producción de ninguno de los pozos: a despecho de todas las mejoras que se han llevado a cabo para facilitar el transporte del petróleo, sólo se pudieron transportar 24,525,403 barriles de aceite, en el año de 1914.

Parece que el desarrollo de los campos petrolíferos de México, deberá ser mucho más pausado que la de los similares de los Estados Unidos, por las siguientes razones:

1. Los grandes gastos que la explotación del petróleo reclama, pone fuera de cortadura a las compañías pequeñas, quedando únicamente aquellas que cuentan con grandes capitales; estas compañías no están interesadas en la explotación de todo su territorio, con el objeto de hacer bajar el precio del petróleo en el mercado, puesto que tienen bajo su dominio una gran área territorial alrededor de sus pozos, pueden suspender la producción, esperando el alza de sus precios, pues no pierden presión ni favorecen con su petróleo a sus vecinos.

2. Las dificultades políticas del país retardan el desarrollo.

3. Los impuestos del Gobierno Federal y de los Estados, los costos altos de producción y mantenimiento, así como los altos fletes del transporte, aumentan considerablemente el costo del aceite mexicano que se vende en los mercados de los Estados Unidos, haciendo imposible vender el barril a menos de treinta y cinco centavos oro americano en los puertos del golfo, o aproximadamente cincuenta centavos en los del Atlántico; estos precios no pueden ser menores, sino en casos excepcionales, puesto que, los productores principales, tienen bajo su dominio directo, en México y los Estados Unidos, los oleoductos, los buques-tanques y las refinerías, siendo el transporte el que más influye para hacer bajar el precio de la producción.

En la primavera del año de 1915 existían en los campos petrolíferos de México, 53 pozos en producción, 111 cerrados, 40 abandonados y 105 perforándose o simplemente localizados.

Seis refinerías para el consumo local: Standard Oil Co., de New Jersey, en Tampico, con capacidad diaria de 4,000 barriles; la de Waters Pierce, pequeña Tampico; Mex. Eagle con capacidad de 12,500, eventualmente hasta 25,000 barriles, Tampico; Huasteca Petroleum Co., planta de asfalto del Ebano, y la refinería de Minatitlán de 15 a 25,000 barriles diarios, Minatitlán.

El petróleo que se produce, puede dividirse aproximadamente en dos clases: pesada con gravedad entre 10° y 14° Bé. (0.993 a 0.973 sp. gr.) y el otro relativamente ligero, entre 18° y 22° Bé. (0.947 a 0.922). Una pequeña cantidad de aceite ligero de 30 a 40 Bé. ha sido descubierto, pero no se ha hecho la explotación en grande escala.

El costo del petróleo, por barril actualmente en Pánuco, es de treinta y un centavos y como décimos oro americano, distribuido de la manera siguiente:

Derechos de barra.....	3.8	centavos	oro	americano.
„ „ producción.....	4.5	„	„	„
Señorío.....	5.0	„	„	„
Transporte de chalanes.....	6.0	„	„	„
Gasto de carga y descarga.....	2.0	„	„	„
„ „ producción.....	10.0	„	„	„
	<u>31.3</u>			

El costo del transporte por medio de buques-tanques depende del número de días empleados en la navegación, carga y descarga, variando entre 30 centavos a 100 por tonelada; de donde resulta que el costo por barril está comprendido entre 35.5. y 45.3. centavos en oro americano. En Tuxpam este precio debe diferir, siendo las condiciones de producción algo diversas y el transporte terrestre hecho por medio de oleoductos en lugar de chalanes, no habiendo derechos de barra, teniendo en contra un viaje de una duración ligeramente mayor por mar.

El precio oficial en el mercado de Tampico, del aceite puesto a bordo de los buques-tanques para el petróleo de Pánuco, fue de 40 centavos por barril; el precio del petróleo de Juan Casiano se cotizó entre 50 y 60 centavos; así es que su costo en los puertos de Estados Unidos será de 55 a 75 centavos oro americano.

La perforación se ha hecho por medio de equipos del tipo Californiano de percusión. El tipo de máquinas rotatorias se ha empleado para atravesar la parte superior blanda de las margas de Méndez o de los Esteros, y en la parte superior de la formación de San Felipe. La tubería se asienta sobre capas de caliza dura, continuándose la perforación con la herramienta de percusión en los restos de los estratos de San Felipe y en las calizas de Tamasopo; menos en el caso de que se haya encontrado el petróleo en los estratos superiores.

En la mayor parte de los grandes pozos, el petróleo ha brotado del esquisto azul o de la caliza sumamente fracturada, a corta distancia de la parte superior de la formación de Tamasopo; en algunos otros casos, el aceite se encuentra después de haber penetrado unos cuantos pies de la caliza de Tamasopo. No existe co-

rrelación de un campo con otro, ni tampoco de un pozo al inmediato en el mismo campo, encontrándose siempre el aceite en zonas fracturadas en que haya habido circulación de aguas subterráneas que hayan abierto amplios canales.

La generalización de estas condiciones, basada en la experiencia de estos campos de suponer que los pozos grandes contienen su aceite en la parte alta (high up), en otras palabras, se encuentran a menor profundidad que el término medio de los pozos de la localidad, es correcta.

El costo de la perforación es bastante alto; en los lugares no explorados es de unos 65,000 dólares, sin incluir los gastos de arrendamiento; este alto costo se debe principalmente: a los altos salarios, establecimiento de los campamentos y comisaría, al transporte y derechos sobre materiales, a las demoras debidas a los malos caminos y a los accidentes; además, a la necesidad de tener en almacén una gran cantidad de piezas de refacción, construcción de caminos, pago de derechos de paso, a la necesidad de establecer tuberías para surtir de agua a los campamentos; al alto costo del combustible en los lugares no explorados, agregando a esto, los grandes gastos que demanda el mantener abiertas las comunicaciones con Tampico, por medio de mulas y lanchas.

Las dificultades y gastos de la perforación se encuentran igualmente modificados por las condiciones geológicas, como consecuencia a la imposibilidad que existe para determinar por medio del registro de un pozo, la parte superior de la caliza de Tamazopo, debiéndose esto al paso gradual de transición de las series de San Felipe a la caliza maciza de Tamazopo, siendo imposible determinar la extensión y posición de las discordancias en la estratificación, que probablemente existen. Esto se dificulta aun más, por la falta de cooperación de las diversas compañías que hacen estudios geológicos, la posición aislada de los varios distritos permite guardar un gran secreto, y las grandes compañías han llevado a este respecto su celo, hasta un grado injustificable.

La área entera productora de petróleo, se encuentra cruzada en varias direcciones por diques e intrusiones de rocas ígneas, que por lo común son basálticas, encontrándose también dioritas en ciertos lugares como intrusiones de gran extensión. La más grande de estas intrusiones es la sierra de Otontepec, señalada en la fig. 2.

GEOLOGÍA

I. *Estratigrafía*.—En los terrenos petrolíferos de México se encuentran cuatro formaciones diversas:

1ª La serie del Terciario superior, que comprende capas fosilíferas de calizas arenosas y areniscas con arcillas calizas y arenosas: el grueso total variado entre 600 a 1300 pies, (2ª) una sección intermedia de un grueso comprendido entre 2000 a 3500 pies de margas grises y esquistos (llamadas margas de Mén-

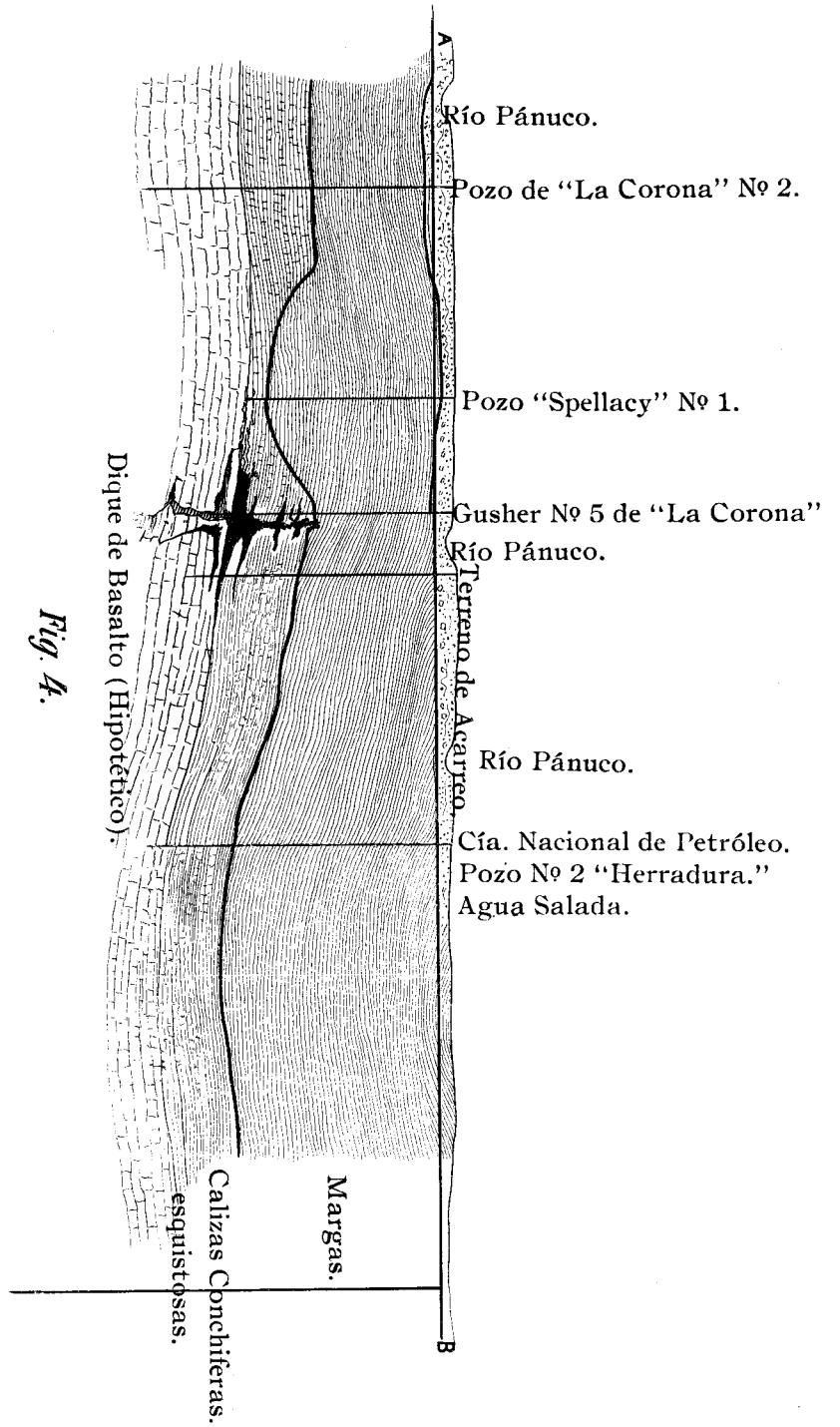
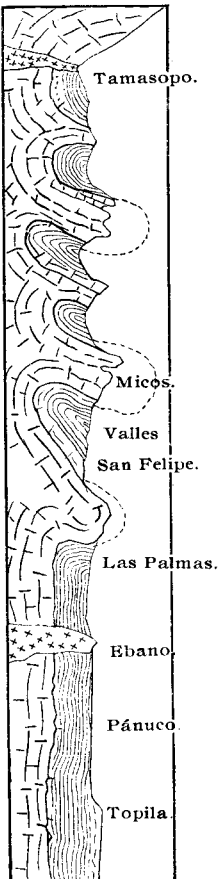


Fig. 4.

Sección ideal del yacimiento de Pánuco a lo largo de la Línea A. B. mostrando la terraza y la fractura.



Sección general de Oriente a Poniente de una parte de los yacimientos petrolíferos. (Según Jeffreys).

Fig. 5.

dez o de los Esteros), habiéndose indentificado la parte superior, como perteneciente al Eoceno-Terciario, cediendo su lugar en su porción a (3ª) los bancos de San Felipe o Valles que se componen de capas alternadas de calizas y esquistos azules o pardos, siendo el grueso de esta formación de 200 a 700 pies. Las formaciones anteriores se encuentran descansando (4ª) sobre una formación de calizas macizas de color gris-azulado, calizas de Tamazopo, cuya potencia es cuando menos de 3000 pies, conteniendo fósiles en su parte superior, correspondientes al Cretácico inferior.

En algunos lugares las calizas Cretácicas superiores han sido atacadas por la erosión, las formaciones superficiales consisten en margas. (Véase la fig. 2).

a. Terciario Superior.—Las formaciones del Terciario superior han sido divididas por algunos geólogos en la serie de Tanalejas u occidental y la serie de Ozuluama y Temapache que se encuentra en la parte oriental. Aunque por lo general conservan su carácter de depósitos marinos de capas frecuentemente alternadas de calizas arenosas y arcillas con bancos locales de fósiles, como los lechos de Numulites y Orbitoides en los distritos centrales, pudiéndose indentificar a cortas distancias; sin embargo, estas indentificaciones no pueden hacerse de una área a otra, sin poner mucha atención. Las formaciones del Terciario superior, cubren prácticamente la parte central y Sur de los terrenos petrolíferos, con excepción de los valles cruzados por los ríos, en donde éstos han dejado descubiertas por la erosión las margas subyacentes, o a las basaltas en los lugares donde ha habido grandes intrusiones basálticas.

Estas formaciones de Terciario superior, conteniendo petróleo, sólo se han encontrado en una sola localidad—Tangüijo—con una potencia de 1200 pies; habiendo perforado en este lugar la Compañía del Aguila, cierto número de pozos, capaces de producir por medio de bombas, 500 barriles diarios. El aceite obtenido tiene 21° Bé y la producción de los pozos declina rápidamente.

En el distrito de Tuxpam, cerca del término de la formación del Terciario inferior, ha sido señalada una capa de arena bituminosa oscura, que no aparece en la parte Norte del distrito; no obstante esto, debido a lo delesnable de estos mantos y la existencia de un gran número de grietas, se encuentra un gran número de chapopoterías en la superficie, contribuyendo igualmente los diques intrusivos, a lo largo de los cuales el petróleo encuentra una fácil salida a través de los mantos superficiales.

Se tiene la creencia de que el aceite que se encuentra en la formación de Tangüijo, proviene de las formaciones profundas, habiendo emigrado por las fracturas. La potencia productiva de estos pozos y la manera como se portan, no dan las seguridades necesarias para seguir perforando, en vista de una buena producción comercial, especialmente cuando se cuenta con pozos que puedan abrirse en otros distritos en donde su producción es tan abundante.

La ausencia de los buenos horizontes tipos, dificulta mucho la localización de las fallas, siendo imposible frecuentemente estudiar los detalles de la estructura de los monoclinales y sólo se puede determinar los accidentes estructurales bien marcados, que son los que tienen mayor influencia en la acumulación del petróleo.

b. Margas de Méndez.—La formación de Méndez, consta de depósitos muy uniformes de margas y esquistos de color gris azulado, no habiendo prácticamente ningún cambio litológico desde la parte superior hasta la inferior, su potencia variando entre 2,000 y 3,500 pies; en las formaciones de la Huasteca, se presentan con la potencia indicada en primer lugar. Los lechos de caliza arenosa que se han encontrado en esta formación, son irregulares y no son persistentes; sin embargo, se encuentra en ellos pequeñas cantidades de aceite pesado, aunque no en cantidad suficiente para poder sostener una producción comercial de importancia.

El engruesamiento y adelgasamiento de estos lechos a cortas distancias, se atribuye a las dislocaciones producidas por las fallas, o a cambio brusco en el lechado. Las lentes de calizas que se encuentran en la parte superior de la formación de San Felipe, parece también indicar discordancias; observándose que el engruesamiento de los lechos margosos de Méndez, se encuentran compensados por un grueso menor en las series de San Felipe, la profundidad a que se encuentra la parte superior de las calizas de Tamasopo permaneciendo constante, aún este intervalo, no es siempre constante en el mismo Distrito, por la sencilla razón de que existen igualmente discordancias más o menos grandes entre las formaciones de Tamasopo y los mantos de San Felipe.

c. Formación de San Felipe.—Estas se pueden considerar como una transición entre la formación de Méndez y la de las calizas de Tamasopo, siendo muy difícil hacer su descripción, pues los perforadores no reconocen estos mantos sino hasta que principian a consolidar la tubería, siendo imposible estimar su potencia en cada uno de los pozos por la inspección del registro; aparentemente el grueso total de estas formaciones está comprendido entre 300 a 800 pies.

Los lechos de San Felipe, son con frecuencia en los pozos grandes productores de petróleo los que contienen al aceite, debido a que se encuentran sumamente fracturados; encontrándose el aceite en la fractura en su parte más alta, resultando que cualquiera perforación que corte la fractura, encontrará el aceite en gran cantidad (high up, en el lenguaje de los perforadores), siendo las margas la capa impermeable que se opone al escape del aceite a los receptáculos que se encuentran encima de las formaciones de San Felipe. Las perforaciones de las siguientes Gushrs, no han llegado a alcanzar a las calizas de Tamasopo: Juan Casiano, núms. 6 y 7; los Naranjos, 1 y 4; La Corona, 5; Spellacy, 1; sin embargo de esto, como esta canalización debe ser mucho más frecuente en la base de

las series, puesto que debe haber allí discordancias considerables, la parte superior de las calizas de Tamasopo se consideran como la formación más productiva.

Aunque el fracturamiento y las fallas se extiendan a la superficie a través de los lechos de la formación de Méndez, como se encuentra demostrado por las chapopoterías y los diques, es evidente que estas formaciones no contienen estratos porosos, no pueden esperarse en ellas racionalmente, acumulaciones de petróleo encima de los estratos más duros de San Felipe.

Las margas blandas han sido indudablemente comprimidas, después que se verificó el plegamiento, pudieron obstruir y tapar efectivamente los pasos del líquido y los gases, excepto en aquellos lugares que mantuvieron abiertos las intrusiones ígneas. Muchos de estos canales pueden caminar lateralmente a largas distancias en las formaciones más duras del Terciario superior, antes de encontrar su salida a la superficie, haciendo sumamente problemática la localización de un pozo, fundándose en sólo el dato de la existencia de la chapopotería.

d. Calizas de Tamasopo.—Jeffreys dice que las calizas de la serie de San Felipe pueden distinguirse de las de Tamasopo en que no contienen fósiles; no son macizas, y en que son de un grano más igual que las de Tamasopo: estas diferencias no son fáciles de apreciar en una muestra sacada de una perforación. La caliza de Tamasopo es compacta, dura, de color gris, cristalina, fosilífera en las capas superiores. No se ha perforado; por consiguiente, no se conoce ningún otro horizonte más allá de su parte superior; tampoco se encuentran chapopoterías ni señales de que contenga hidrocarburos en sus crestones, lejos del contacto de las formaciones superyacentes; no existen evidencias de que el aceite de los terrenos petrolíferos de México tengan su origen en los estratos de la caliza de Tamasopo, como lo sostienen algunos geólogos: la misma naturaleza de estos estratos, considerando especialmente el período subsecuente de erosión, está en contra de semejante suposición; existen, por el contrario, mayor número de evidencias respecto a la probabilidad de que haya emigrado de las margas que se encuentran encima.

2. *Estructura.*—Todos los grandes pozos productores han sido localizados en los lugares en donde existe una clara combinación favorable de estructura anticlinal o de doma con fracturas bien pronunciadas en los estratos. Estas fracturas (por lo común fallas de pequeña extensión) están acompañadas comunmente por intrusiones basálticas y escapes de chapopote y gas. En el campo de Pánuco, las indicaciones superficiales, tanto de la estructura como de las intrusiones, han sido borradas (menos en Tampalache) por una capa de 100 pies de aluviones; pero las perforaciones han puesto de manifiesto que las mismas condiciones generales han influenciado aquí como en los otros lugares de los campos petrolíferos mexicanos, la acumulación del aceite (véase las figs. 3 y 4).

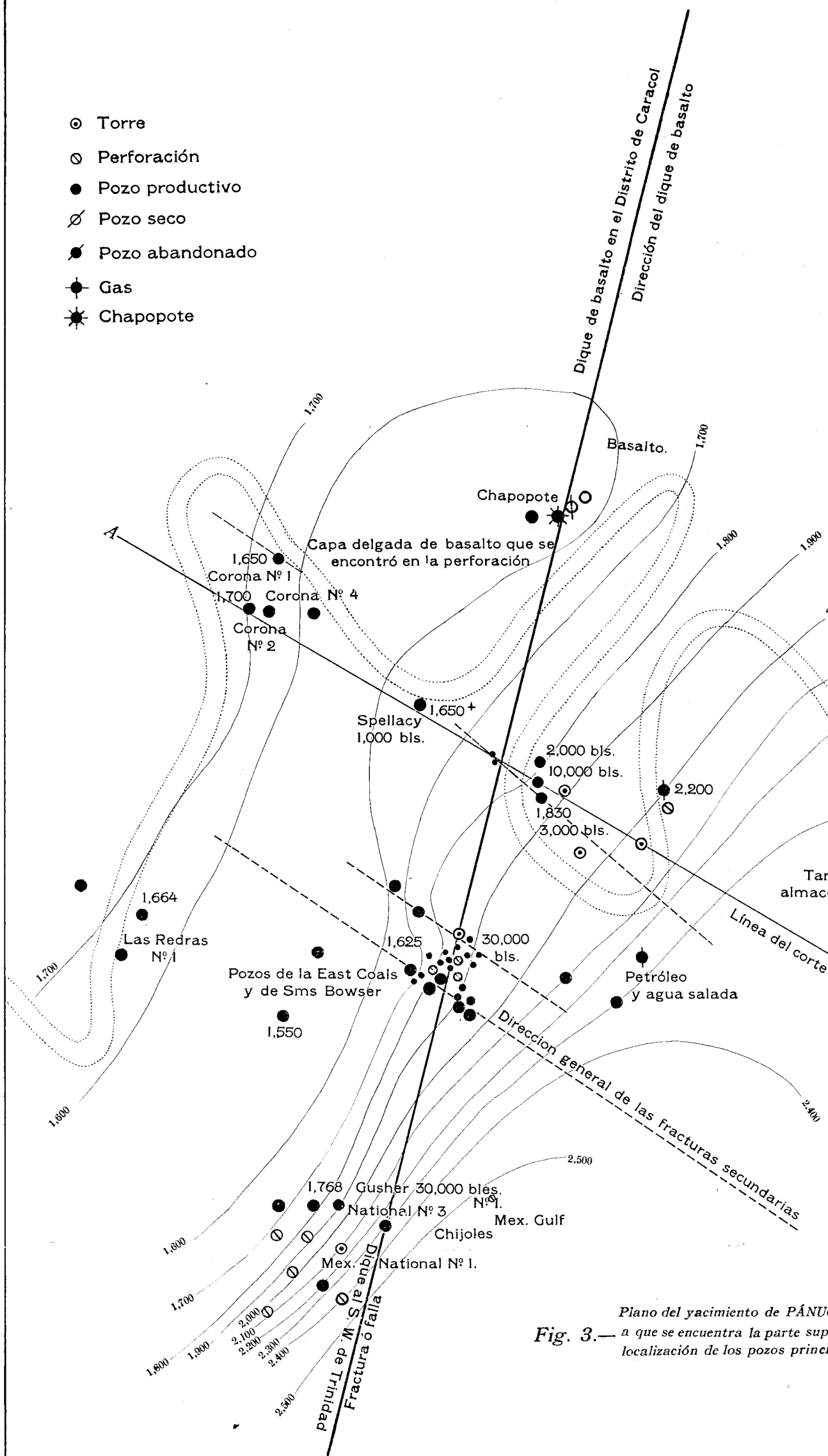
Algunas otras fuerzas han producido un buen número de pliegues bien marcados en la vecindad de Otontepec, como los que se observan en Potrero del Llano y en los Naranjos; este nuevo plegamiento ha sido provocado por fuerzas laterales y por empujes verticales, incidentales a la formación de las montañas de la Sierra Madre del Oriente, produciendo a la vez una serie de líneas de menor resistencia en las formaciones sedimentarias, por las que las rocas ígneas pudieran llegar a formar las intrusiones: esto se observa en la figura 6, que es un plano de la parte central de los terrenos petrolíferos, en el que los principales diques de basalto han sido localizados por el autor. El estudio de este plano revela numerosas e interesantes revelaciones, por ejemplo: la concordancia de la dirección de las capas sedimentarias con la de los principales diques en los terrenos de la costa; en el croquis representado por la figura 2, en donde se encuentra figurada la geología superficial de los terrenos petrolíferos mexicanos, no existe ningún lugar en donde aparezcan las calizas de Tamasopo ni tampoco los lechos de San Felipe, como lo afirman los primeros escritores; el autor no tiene ningún dato en que los domos notables hayan sido producidos por el levantamiento de los llamados tapones basálticos; algunos plegamientos y fallas se observan en ciertos lugares, pero semejantes casos están equilibrados por otros en que los mantos sedimentarios se inclinan hacia las grandes masas de rocas ígneas, es decir, presentan una contracción debida al enfriamiento que ha contrarrestado el efecto de la formación del doma.

Los datos obtenidos por las perforaciones no han podido corroborar la teoría del "clavo" sobre el efecto de los tapones ígneos, o de las otras intrusiones sobre la estructura de las rocas sedimentarias que los rodean, en los terrenos petrolíferos mexicanos. El examen de la figura 7 pone de manifiesto algunos de los pliegues secundarios por empujes laterales causados por la intrusión de la Sierra de Otontepec.

INTRUSIONES IGNEAS.—El examen de la figura 6 pone de manifiesto que en los terrenos de Juan Casiano, Los Naranjos, Dos Bocas y Pánuco las intrusiones se encuentran localizadas en la intersección de las grandes fracturas, cuando las intersecciones ocurren en los pliegues anticlinales. Si se pudieran tener a la vista los registros de las perforaciones de ciertas grandes compañías, es indudable que se tendrían datos muy interesantes respecto a las relaciones de las grandes acumulaciones de petróleo bajo estas condiciones del desalojamiento de las capas sedimentarias por las fallas.

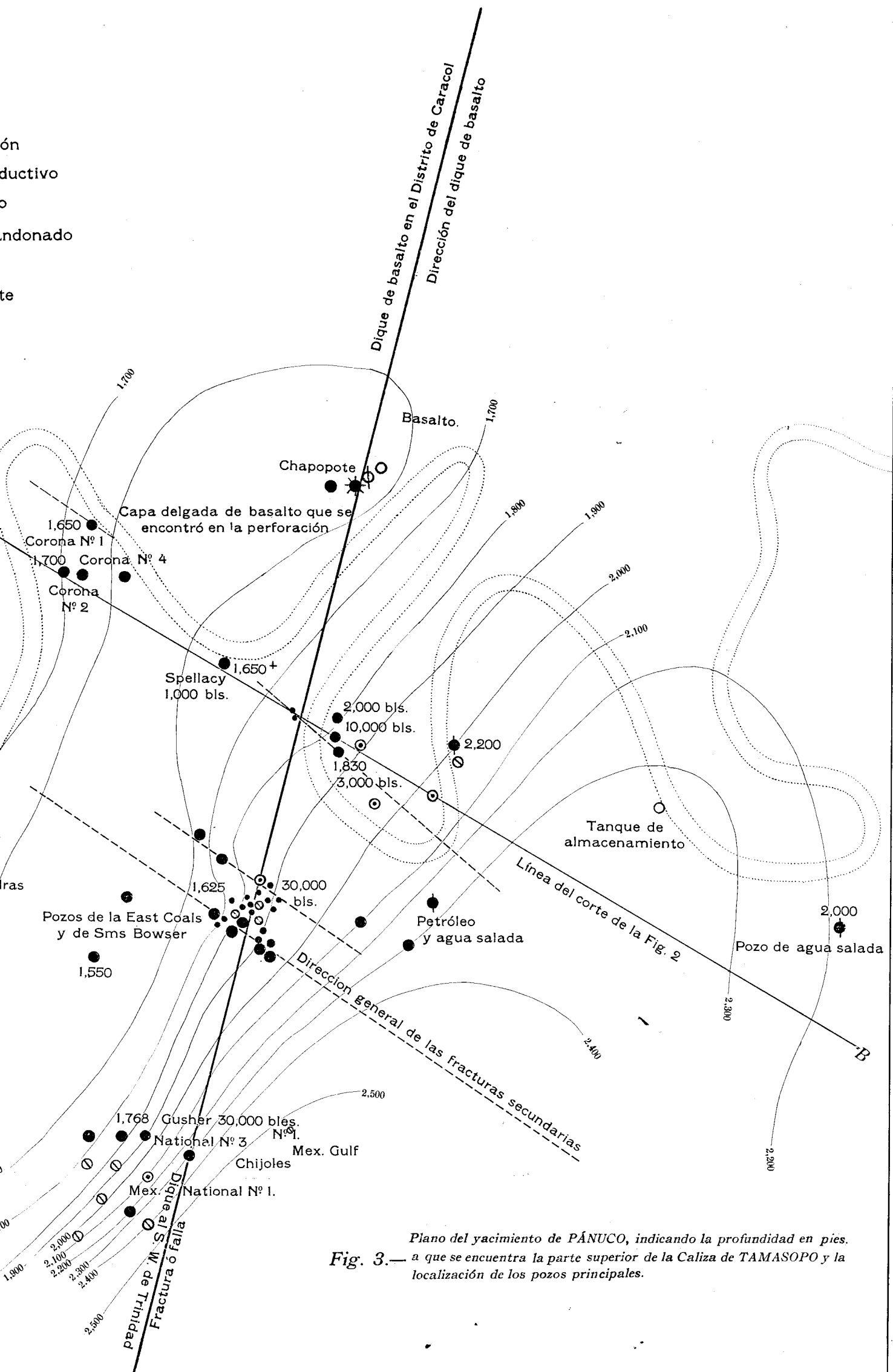
Las intersecciones de las grandes fracturas se encuentran comunmente acompañadas y marcadas en la superficie por picos cónicos basálticos, los cuales no son sino la forma de hongo al exterior de una intrusión ígnea en forma de chimenea o tubo: las perforaciones hechas cerca del contacto en varias de estas elevaciones cónicas,

- ⊙ Torre
- Perforación
- Pozo productivo
- ∅ Pozo seco
- Pozo abandonado
- ⊙ Gas
- ⊙ Chapopote

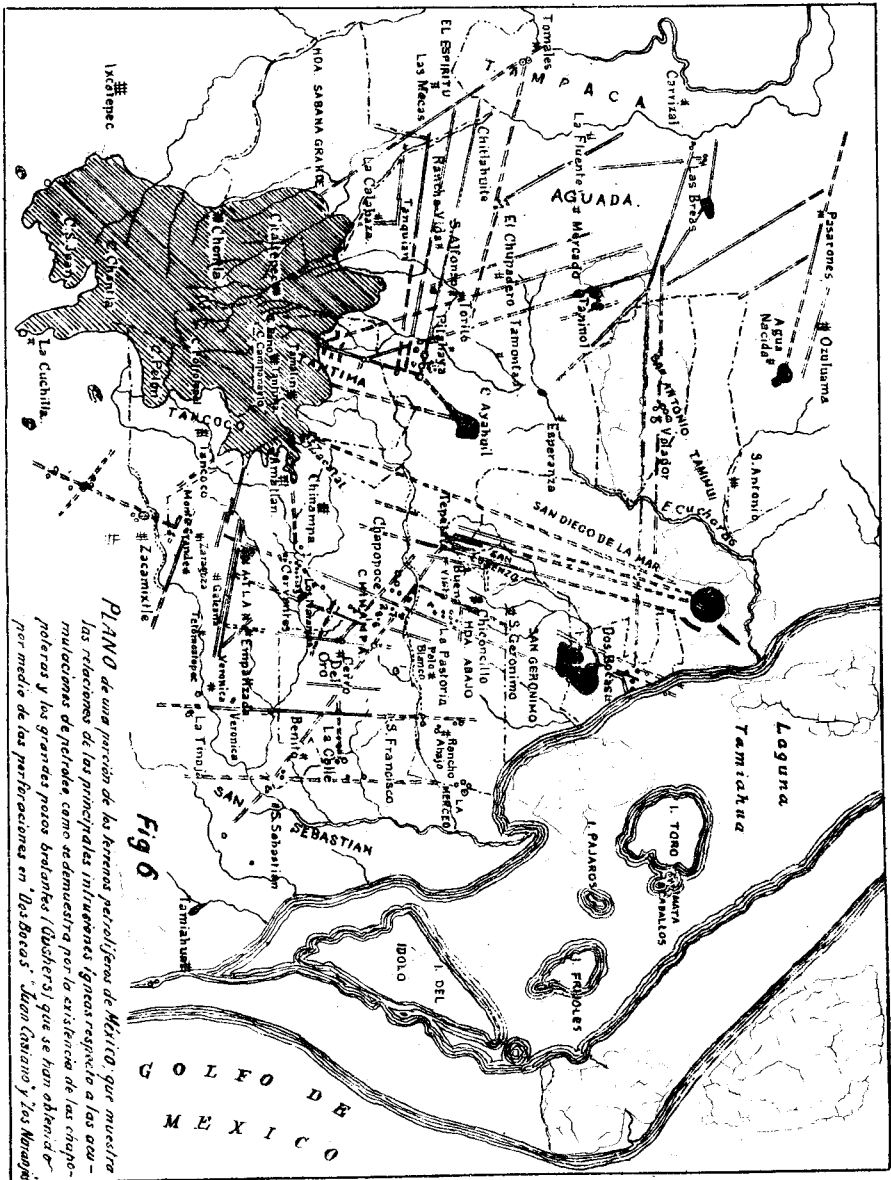


Plano del yacimiento de PÁNUCO
Fig. 3.— a que se encuentra la parte superior
localización de los pozos principales

ón
ductivo
o
andonado
te



Plano del yacimiento de PÁNUCO, indicando la profundidad en pies.
Fig. 3.— a que se encuentra la parte superior de la Caliza de TAMASOPO y la localización de los pozos principales.



han puesto de manifiesto el error de un geólogo que afirma que la forma cónica de estos tapones persistía a la profundidad. Varios de estos pozos han llegado a la profundidad de 2,000 pies sin tropezar con basalto o encontrar grandes distorsiones. Estas intrusiones y los derrames superficiales que los acompañan siguen aparentemente una intersección de fracturas, en donde la resistencia es mínima, representando sencillamente nudos a lo largo de la línea del dique (fig. 6).

En otros lugares se encuentran cerritos en forma de conos en la línea de fractura, pero no presentan signos de la existencia del basalto ni de que haya habido un plegamiento violento de las rocas sedimentarias; las rocas que lo forman son considerablemente más duras que las del distrito en general, siendo sumamente probable que estas intersecciones no se hayan llenado de basalto hasta la superficie, presentando entonces un canal para la circulación de las aguas subterráneas, más o menos calientes y altamente mineralizadas, que han producido el metamorfismo de las formaciones sedimentarias inmediatas a su ubicación; estas rocas modificadas resisten fácilmente a la erosión, comparadas con las areniscas y calizas blandas que rodean al canal, siendo un buen ejemplo de esto el cerro de Zaragoza, entre Amatlán y Zacamixtle (fig. 6). Otro ejemplo es el pico oriental en la línea de Aguada, llamado Taminul; el del Poniente es un pico basáltico, mientras que el más pequeño del Oriente se compone de grandes bloks de marga metamórfica, conteniendo numerosos núcleos de siliza; esta roca especial se encuentra en muchos lugares, cerca de las intrusiones basálticas.

3. *Origen del petróleo.*—Para el estudio del origen del petróleo que se encuentra en los pozos de los terrenos petrolíferos mexicanos, deben tenerse en cuenta los siguientes hechos:

1. El petróleo se encuentra por lo común en una caliza fracturada (algunas veces esquistos) cerca de la parte superior de la formación de Tamasopo; habiéndose encontrado algunas señales, y en pocos casos, grandes cantidades de agua salada; ninguna cantidad considerable de aceite se ha llegado a encontrar en las perforaciones profundas, hasta ahora de las calizas de Tamasopo.

2. El petróleo se encuentra particularmente en los Gushers, en los mantos de calizas y en los esquistos azules de las series de San Felipe, bajo condiciones tales que indican juntas y fracturas numerosas.

3. El aceite no se encuentra en cantidad en las margas homogéneas que cubren a las series de San Felipe, aunque estas margas sean en casi su totalidad petrolíferas, como lo ponen de manifiesto las perforaciones que se han hecho hasta hoy; sin embargo, en las perforaciones que se encuentran cerca de los diques y de las fracturas cuando existen chapopoterías en la superficie, se encuentra frecuentemente en todo el camino de la perforación salidas de gases y aceites pesados.

4. Estas margas descansan sobre lechos compactos de caliza de gran potencia (calizas de Tamasopo), en las que, por los datos que se tienen, no existe ningún horizonte poroso, no siendo probable que el aceite se haya formado en estas capas de caliza marina.

5. Cualquier aceite que se hubiera formado en estas calizas debió haberse libertado por el fracturamiento y las intrusiones; posteriormente fue recogido y retenido por las formaciones más porosas y fácilmente deleznable de las series de San Felipe y de las calizas superiores a las de Tamasopo.

La circulación de las aguas en la parte superior de la discordancia entre las formaciones de Tamasopo y de San Felipe, han contribuido a formar los grandes depósitos petrolíferos, habiendo muchas pruebas sobre la existencia de estos canales en algunos pozos, que deben haberse formado después de que el fracturamiento de la roca hizo fácil la circulación de las aguas.

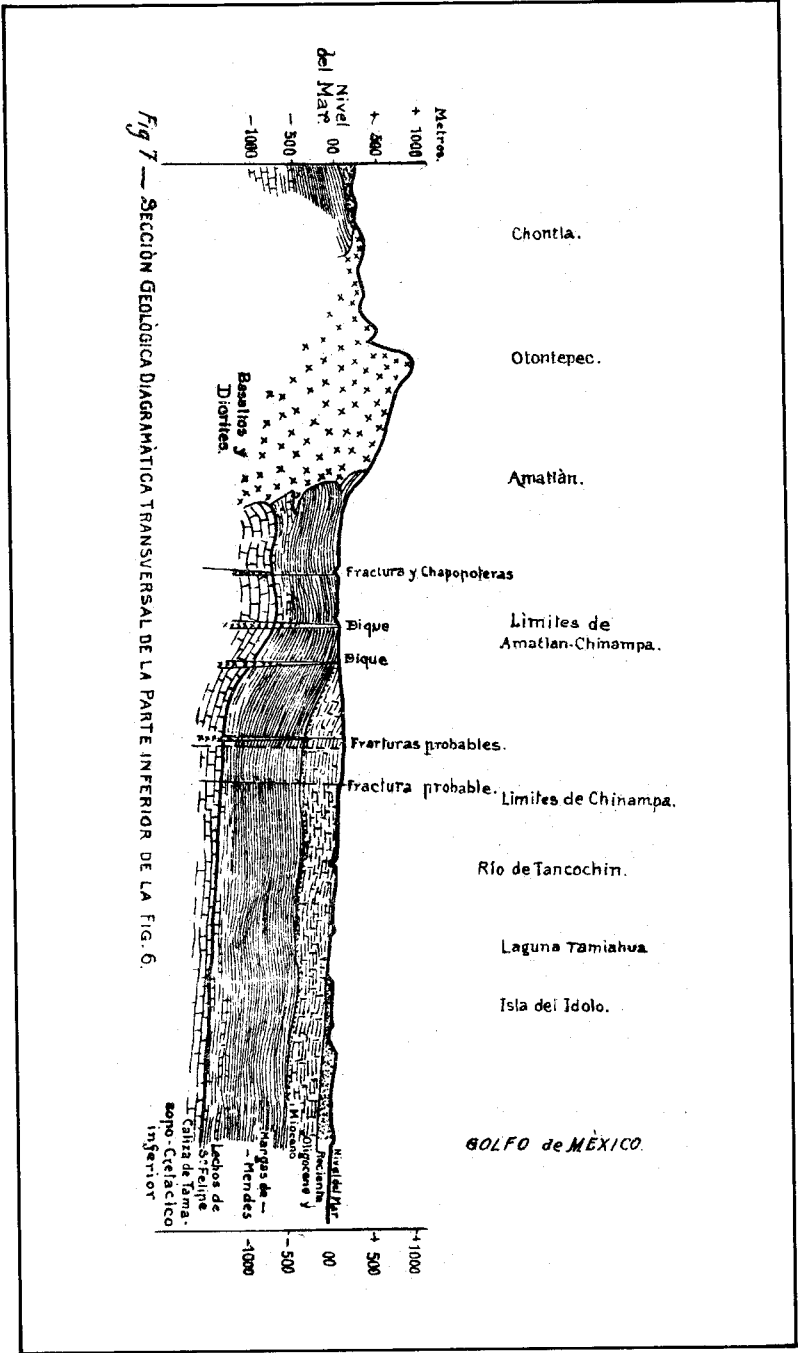
En este último párrafo se presupone o el origen anorgánico del petróleo, la existencia de una enorme acumulación previa de aceite en las formaciones más profundas que las de Tamasopo; esta última suposición parece que no es razonable, puesto que estas acumulaciones previas pudieron haber sido ya localizadas en ciertas áreas, aun cuando se suponga que provienen de filtraciones a 10,000 pies de profundidad, después de que las calizas hubieran sufrido el fracturamiento; igualmente los petróleos obtenidos deberían mostrar variedades en su composición bastante notables, y se encontraría más restringido en áreas locales y erráticas en las formaciones superiores de estos terrenos petrolíferos, en lugar de encontrarse distribuido en condiciones tan semejantes en los diversos campos. El autor es de opinión que el aceite se formó en las margas petrolíferas marinas de las formaciones de Méndez.

El aumento de compacidad de estas margas bajo la acción de sobrecargas crecientes, como lo ha demostrado King (fig. 9), debió haber obligado al líquido contenido en ellas a emigrar a los lechos porosos que existían debajo.

Debe tenerse presente que estas margas no son impermeables antes de haber sido comprimidas, llegándolo a ser paulatinamente a medida que aumenta la compresión.

Como existen grandes presunciones de que las aguas termales han abierto un gran número de canales en la parte superior de las calizas de Tamasopo, estos canales han presentado caminos para la concentración y cavidades amplias para el depósito del aceite. De acuerdo con lo que piensa Roswell H. Johnson. "Si los lechos de un material menos compresible (poroso) se encuentran debajo de los esquistos en cuestión, habrá frecuentemente un movimiento lateral a lo largo de los estratos hacia algún punto en donde el movimiento para salir a la superficie pueda verificarse."

Aun en la actualidad se está verificando la compresión de las rocas edimen-



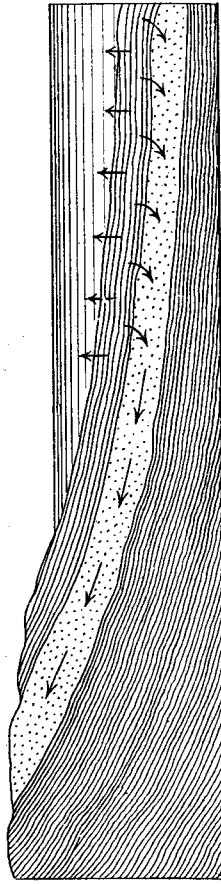


FIG. 9

Sección Esquimática para demostrar la emigración de los líquidos y gases contenidos en los sedimentos cuando éstos se consolidan por compresión.

tarias y el movimiento lateral, a lo largo de las costas del Golfo de México, deberá manifestarse mucho más activo a lo largo de las líneas de fractura y de las fallas, en donde la circulación hacia arriba pueda verificarse libremente. Mientras mayor sea la oportunidad, o mejor dicho, facilidad para este movimiento, existen mayores probabilidades para la segregación del aceite y su acumulación, siendo las más grandes y extensas las que representarán las acumulaciones finales.

Movimientos posteriores a lo largo de los planos de plegamiento de las capas de margas, produjeron en ellas espacios ideales para la captación del petróleo, siendo esto una razón que se puede aplicar para explicar las diferencias de composición que se han encontrado en los aceites de los diversos distritos.

Se ha señalado por los empleados de la compañía del Aguila, la influencia que tiene sobre la producción, los cambios bruscos en la presión barométrica, que acompañan a los frecuentes nortes que se sienten en la costa del Golfo, por ejemplo: en el pozo cerrado número 4 de Potrero del Llano, la presión aumenta 100 libras, mientras que en los pozos circunvecinos sólo se observa un aumento pequeño en la presión; si esto es cierto, indica una conexión entre los receptáculos subterráneos y las aguas del Golfo, por medio de canales o fracturas en los lechos duros de los estratos profundos, esto necesita mayor acopio de datos para resolverse.

Los basaltos tienen una estructura de la que dan idea las figuras 10, 11 y 12, que son secciones de los basaltos de los diques que se encuentran en el distrito central, estudiados por W. H. Tomlison.

Chapopoterías o manantiales de asfalto, algunas veces acompañados de gases y raramente de agua salada, se encuentran en varios lugares de los terrenos petrolíferos de México, en conexión con estratos casi horizontales e intrusiones ígneas, los cuales son características de estos terrenos.

Varios de los principales grupos de estos manantiales (fig. 6) se encuentran en los anticlinales, y la mayoría cerca de los diques o de las intrusiones que afloran a la superficie; por último, hay otras que brotan en lugares en donde las indicaciones superficiales no demuestran ningún dato estructural para que exista una acumulación petrolífera subterránea; la experiencia y la generalización de algunos hechos, han conducido a la creencia general de los geólogos, de que la mayoría de estos manantiales indican una intrusión de la roca ígnea en las cercanías y no muy lejos de la superficie (fig. 14).

Los manantiales de asfalto se encuentran también como saliendo de los basaltos en estos lugares de la Sierra de Otontepoc, a una distancia bastante considerable del contacto de las rocas sedimentarias: pero como existen varios canales abiertos en los basaltos, que naturalmente presentan menor resistencia al paso

del petróleo, que el que ofrecen las margas de Méndez, esto explica la anomalía aparente.

Los diques de basalto no pueden considerarse como barreras impermeables que se opongan al movimiento en el sentido horizontal del aceite, excepto en el caso en que estén acompañados de fracturas que tiendan a captarlo; las migraciones del petróleo pueden verificarse en todas direcciones en la formación tanto sedimentaria como ígnea.

El estudio del distrito central muestra un gran parecido con el anterior entre las fracturas localizadas en una serie de grietas de juntas de contracción que pueden ser debidas al retraimiento y desecación de las formaciones sedimentarias al adquirir mayor capacidad para el almacenamiento. Se hace notable la presencia de áreas aproximadamente triangulares que se encuentran limitadas por estas fracturas, y el hecho de que se encuentran en ciertas direcciones generales, que tienen relación con los levantamientos de la Sierra, sugieren que las grietas del retraimiento o de desecación han sido la causa principal que produjo las líneas de menor resistencia que permitieron el paso de las intrusiones posteriores.

4. Condiciones de explotación de los diversos campos.

El área comprendida entre las Palomas y Micos, se encuentra atravesada por algunos anticlinales bruscos, en uno de los cuales (San Pedro) se han perforado varios pozos, que producen una pequeña cantidad de aceite ligero (45° Bé): considera Huntley que deben hacerse más trabajos de exploración, aunque el costo es grande y el aceite saldrá muy caro, siendo mucho más económico importar de los Estados Unidos los productos que se obtienen de la destilación de los aceites ligeros.

El distrito de Topila es susceptible de explotarse en una área en que se pueden obviar los inconvenientes que resulten de la invasión del agua salada, y probablemente las áreas de los Esteros y el Caracol, llegarán a ser buenos productores de petróleo, aunque hasta ahora no se haya tenido éxito en ellas.

Existe una gran zona de terrenos petrolíferos al Norte de Tampico, hasta Texas, en parte de la cual se encuentra al Sur de Soto la Marina, San José de las Rusias, en la que prevalecen condiciones análogas a las de la región Sur que ha sido estudiado en este trabajo, y en la que la Dutch Shell Co. posee una gran extensión de terreno.

El distrito comprendido entre las Palmas, El Ebano y hasta el Sur de Tantuca, no ha sido explorado debidamente, por dificultades de transporte; en lo general, considera que esta área parece no ser tan favorable como la del Oriente de Otontepec, no conociéndose aún su estructura geológica, siendo probable que se encuentren buenos yacimientos explotables, obteniéndose aceite más ligero que el que se saca de las otras explotaciones actualmente.

En la faja oriental, a lo largo de la costa entre Tampico y Tuxpam, debido



Fig. 8. Cerro de Tanimul, una eminencia típica de origen basáltico que se encuentra comunmente en muchos lugares de las regiones petrolíferas de México.



Fig. 13. Dique de basalto aflorando en la superficie tal como se encuentra en los campos petrolíferos mexicanos, cerca de Ozuluama.



Fig 14. Parte de una "Chapopotera" típica en la parte central de los terrenos petrolíferos mexicanos.

al hecho de que se deben atravesar en las perforaciones todas las formaciones del Terciario Superior y además un grueso considerable de las formaciones más modernas, la perforación de algunos puntos tendrá que ser muy profunda antes de encontrar los lechos de San Felipe o de Tamasopo, no encontrándose ningunas señales superficiales notables de la existencia del petróleo en grandes cantidades, siendo allí las chapopoterías casi insignificantes; no pudiéndose localizar los pozos con seguridad: el inconveniente señalado por algunos de que se deberá encontrar agua salada, porque la inclinación de los estratos es hacia el Oriente, no es tan peligroso como a primera vista aparece, porque el petróleo se puede hallar en la parte alta de las fracturas, mientras que el agua salada se reunirá en las partes más bajas, siendo posible que la vida de dichos pozos sea relativamente corta.

En general, se tiene la creencia de que México es actualmente, el segundo productor de aceites en el mundo entero, pudiendo aumentar mucho más su producción en lo futuro, llegando a ocupar probablemente el primer lugar.

En resumen, el trabajo de Huntley pone de manifiesto que existen cuatro formaciones sedimentarias distintas: las formaciones pertenecientes al Terciario superior, caracterizados por sus fósiles, Numulites y Orbitoides; las margas de Méndez; las formaciones de San Felipe; y las calizas de Tamasopo, encontrándose generalmente las grandes acumulaciones de petróleo en las capas de San Felipe o en la parte alta de las formaciones de Tamasopo, siendo en esta zona en donde se encuentran las dislocaciones más grandes y en donde ha habido una amplia circulación de aguas subterráneas calientes que ha abierto grandes canales y huecos en las calizas: estando todas estas formaciones atravesadas por diques e intrusiones que han modificado la estructura de las rocas sedimentarias, comunicándoles cierta porosidad que hace posible la acumulación del petróleo en grandes cantidades. Según Huntley, el petróleo se encuentra en el subsuelo de las llanuras de la costa del Golfo de México en abundancia y su formación se debe a la transformación de la materia orgánica marina que se encontraba en las formaciones de San Felipe o de Méndez, el cual posteriormente ha emigrado a la base de la formación de San Felipe o a las calizas superiores de Tamasopo.

La localización de los grandes pozos productivos de la región, se ha hecho en los lugares en donde se presenta una combinación de anticlinal y domo; según este autor los diques basálticos, las intrusiones ígneas, así como la circulación de las aguas calientes, que tanto han influido en determinar, en ciertos lugares, las acumulaciones de petróleo en grandes cantidades; son difíciles de determinar en la superficie, apareciendo únicamente los nudos o cruzamientos marcados por cerros cónicos de basalto o por el metamorfismo de las rocas sedimentarias superficiales; en una multitud de casos se encuentran estas señales cubiertas por rocas

sedimentarias no alteradas o por las formaciones recientes, no siendo prudente localizar los pozos guiándose por la existencia única de las chapopoterías. Según Huntley los diques de basalto o de la roca ígnea no se oponen a la circulación del petróleo en el sentido horizontal, sino en los lugares en donde se encuentra una roca apropiada para el almacenamiento del aceite, desecha por completo la teoría del clavo propuesto por Garfías y la persistencia de la forma cónica en la profundidad de los conos basálticos que existen en la región, pues las perforaciones hechas ponen de manifiesto que la forma que afectan estos derrames son las de una sombrilla de hongo.

Considera a México, como siendo actualmente el segundo productor de petróleo del mundo, poniendo de relieve, que su capacidad productora puede ser mucho más grande, que la que aparece en el cuadro de las exportaciones, pudiendo llegar a ocupar el verdadero lugar que le corresponde cuando se mejoren las vías de comunicación y terminen las dificultades políticas por las que atraviesa el país.





Fig. 10. Dolerita de Olivino.—Aumento de 22 diámetros.



Fig. 11. Muestra de un basalto tomado de un pequeño dique, conteniendo una gran proporción de Augita.



Fig. 12. Dolerita de Olivino.