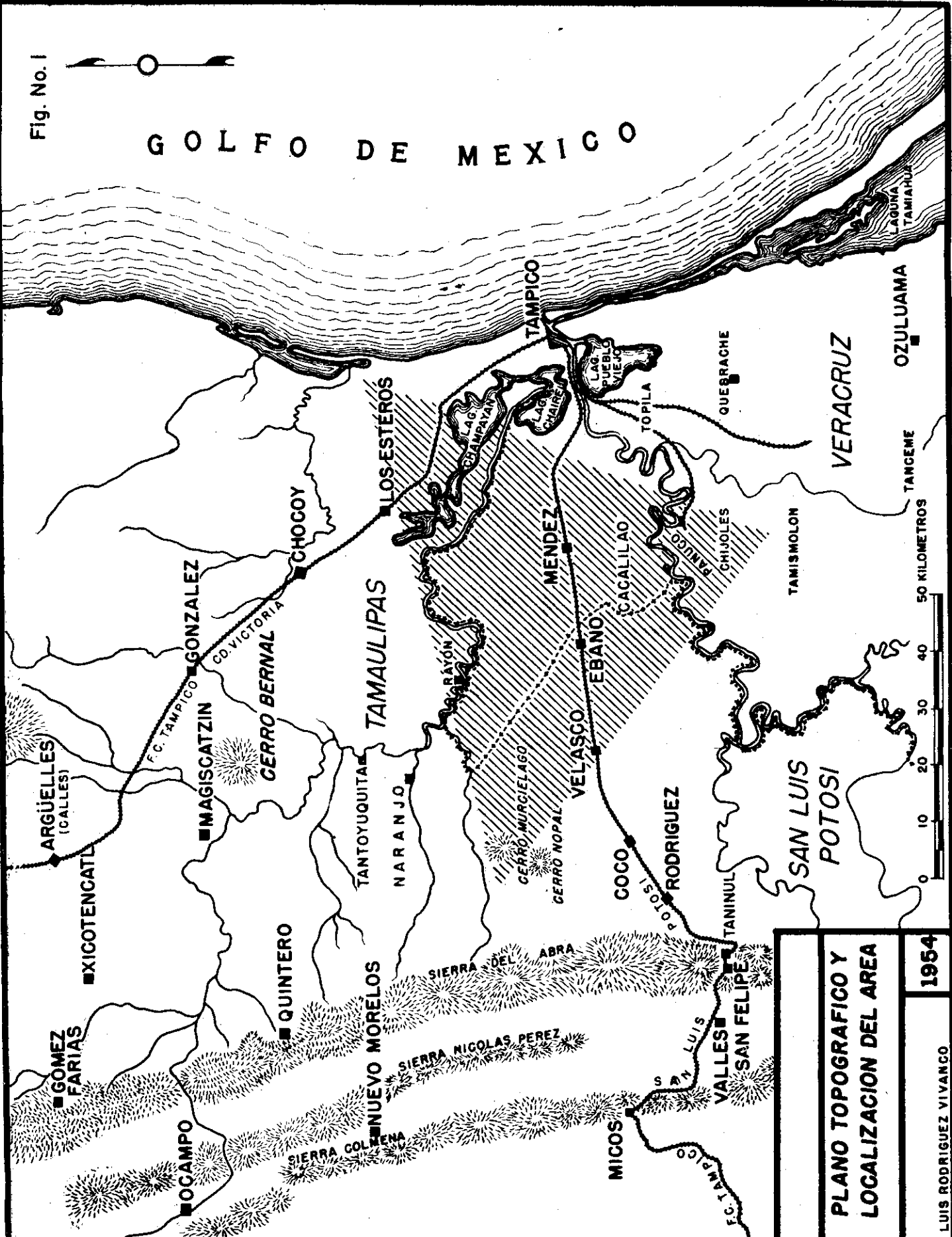


I N T R O D U C C I O N

El tema que se va a desarrollar no es un tema novedoso, por el contrario, mucho se ha escrito y hablado de la región de Ebano-Pánuco, y poco es lo que puede añadirse; sin embargo, se trata de presentar, desde un punto de vista personal, un bosquejo de las condiciones de acumulación de hidrocarburos y el posible origen de las fracturas en las cuales tiene lugar dicha acumulación.

Este trabajo se basa, tanto en las apreciaciones personales que tuve oportunidad de hacer durante mi estancia en la región, como en estudios efectuados en informes inéditos de diversos autores, informes que se encuentran en los archivos de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos y finalmente, en las pláticas tenidas con diferentes geólogos que han trabajado en la zona a que se refiere el presente trabajo.

Fig. No. I



PLANO TOPOGRAFICO Y LOCALIZACION DEL AREA

1954

LUIS RODRIGUEZ VIVANGO

LOCALIZACION, TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACION

LOCALIZACION:

La región de Ebano-Pánuco se encuentra localizada geográficamente entre los 22° y los 22°30' de latitud norte y entre los 98° y los 98°30' longitud oeste de Greenwich; en términos generales puede decirse que comprende una pequeña porción de la parte central de la Planicie Costera del Golfo de México.

El centro del área productora se encuentra localizada a 37 Km. directamente al oeste de la Ciudad-Puerto de Tampico.

El área en cuestión, tiene la forma aproximada de un triángulo, cuya base es una línea que partiendo un poco al norte de Altamira, tiene una dirección este-oeste, pasando en su recorrido hacia el oeste, por Champayán, La Culebra, Magiscatzin, hasta la porción noroeste de Tullillo; el triángulo de esta manera imaginado, tiene un vértice hacia el sur, precisamente en el campo de Chijoles; el lado que une al vértice de Chijoles con el de Tullillo, queda por tanto orientado de noroeste a sureste y pasa por Velasco y Limón, el tercer lado, que es el que une Chijoles con Altamira, pasa por Topila y Chunca.

La región en estudio cubre de esta suerte, una superficie aproximada de tres mil kilómetros cuadrados, incluyendo las partes posiblemente petrolíferas aunque no probadas.

La mayor parte del Distrito se encuentra en el Estado de Veracruz (Cantón de Ozuluama), abarcando las porciones norte y este casi en su totalidad, pues la parte noroeste corresponde al Municipio de Altamira, en el Estado de Tamaulipas, finalmente, la porción suroccidental, corresponde al Municipio de Tamuín, Estado de San Luis Potosí.

En la figura N° 1, puede observarse que la región de Ebano-Pánuco se encuentra ubicada precisamente donde se unen los tres Estados ya mencionados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí, cubriendo por tanto una porción de cada uno de ellos, de los cuales, como ya quedo dicho, corresponde la mayor al Estado de Veracruz.

La dirección técnica y administrativa del Distrito, radica en la población de Ebano, S.L.P., que se encuentra en el kilómetro número ochenta de la carretera Valles-Tampico, a sesenta kilómetros del propio puerto de Tampico.

La región de Ebano-Pánuco toma este nombre por ser Ebano el lugar donde se localizó el primer pozo productor, no sólo de la región, sino de nuestra República, y por ser Pánuco el campo más prolífico de la zona.

La región de Ebano-Pánuco se encuentra ubicada geológicamente, en la porción norte de la Cenobahía de Tampico-Tuxpan y constituye en general la parte central de la Plataforma Tamaulipeca.

Debido principalmente a su situación geográfica, la zona en estudio tiene un clima subtropical, con un período de lluvia y otro de estiaje, húmedo en invierno y seco en primavera. La temperatura máxima que se registra en el verano es alrededor de los 40°C y en invierno llega a bajar, aunque en raros casos, a 0° C.

TOPOGRAFIA:

Los campos petroleros de Ebano-Pánuco, se encuentran en una penillanura en la última etapa del ciclo erosivo; sus rasgos morfológicos más notables son unos cuantos levantamientos con sus correspondientes depresiones que reflejan la estructura del subsuelo.

Los campos de Ebano-Pánuco se encuentran en una estructura de anticlinorium, cuyos levantamientos y depresiones disminuyen gradualmente en intensidad hacia el este para formar la planicie costera del Golfo.

La región está drenada por los ríos Tamesí y Pánuco; el primero atraviesa toda la cuenca de Magiscatzin con el nombre de río Guayalejo, que a su vez está formado por los ríos Naranjo y Tantoán, este último, nace en la Sierra de Tanchipa y baja al norte de la Sierra de Chapacao, casi de oeste a este.

El río Tamesí se une al Pánuco a sólo 13 kilómetros de la desembocadura de este último.

El río Pánuco está alimentado por tres tributarios: el río Moctezuma, que con el Tempoal forma una "Y" muy abierta, para recibir posteriormente por su margen izquierda al río Tamuín.

Al este de la región, se encuentra una zona lacustre en la que se cuentan como principales constituyentes, las lagunas de Champayán, Chairel, Tamós, Tortuga y la Laguna de las Olas.

En términos generales, la región puede considerarse morfológicamente como un área plana, pues sólo se encuentran tres prominencias que son cuellos ígenos, que han quedado como remanentes de erosión y que se conocen con los nombres de: Cerro de La Pez, Cerro de Dicha y Cerro de Auza.

El sistema orográfico es como sigue: al oeste, la Sierra de Tanchipa, también conocida con el nombre de Boca del Abra, que atraviesa del Estado de Tamaulipas al de San Luis Potosí, con una dirección aproximada de norte a sur. Las laderas orientales de esta sierra, disminuyen su pendiente para formar una planicie que empieza en Limón y continúa por Auza, Ebano, Chijol y Tampico, siguiendo finalmente al Golfo de México.

Hacia el noroeste de Limón y al este de Tulillo, se levanta sobre la planicie antes mencionada, la Sierra de Chapacao, que es una sierra de poca elevación (300 metros sobre el nivel del mar, como promedio y 350 metros sobre el nivel del mar, como máxima elevación); dicha sierra se prolonga con un rumbo suroeste-noreste, desde Tulillo hasta el sur de Rayón, o sea una distancia aproximada de 20 kilómetros.

Al este de la Sierra de Chapacao se encuentran los cerros de Nopal, Peñitas y San Francisco. Las laderas de esta misma sierra descienden hacia el sur y sureste a Velasco, Auza y Ebano.

Al norte de la Laguna de Tamós, se encuentran las colinas de Chijol, Tortuga y Corcovado.

Al este y sur de Ebano se encuentran los cerros de La Pez y de Soledad o de Auza.

VÍAS DE COMUNICACION:

La zona se encuentra en general bien comunicada, pues existen dos líneas aéreas que comunican la Ciudad de México con la de Tampico, por otra parte, la línea aérea México-Monterrey tiene una escala en la población de Tamuín, S.L.P., a 50 kilómetros del poblado de Ebano habiendo en el propio Ebano, un campo aéreo con pista de asfalto. Existen además, dos vías férreas, una que parte de la Ciudad-Puerto de Tampico y pasa por los poblados de Tamós, Méndez, Chijol, Ebano, Auza, Velasco y continúa hasta la Ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., que es su otra terminal; la segunda parte de Tampico, pasa por los poblados de Altamira, Manuel, González y continúa hasta la Ciudad de Monterrey. Análogamente, la carretera Tampico-Ciudad Valles, pasa por

Cacalilao, Ebano, Tamuín, etc., y la carretera Tampico-Ciudad Mante, toca los mismos puntos que la vía férrea a Monterrey.

Existen además caminos recubiertos de grava y brechas (no transitables en tiempo de lluvias), que entroncan con las carreteras principales; por otra parte, los ríos Pánuco y Tamesí son navegables a través de toda la región por embarcaciones de poco calado, como chalanes y barcas pesqueras.

CARACTERISTICAS E HISTORIA DE LOS CAMPOS

HISTORIA:

El conocimiento del área de Ebano-Pánuco, en lo que a Geología se refiere, se debe principalmente a la búsqueda de petróleo, por lo que resulta por demás interesante hacer un resumen del desarrollo petrolero, tanto de la parte técnica como de la humana, en dicha región.

En este distrito se han perforado, hasta diciembre de 1952, 4622 pozos, de los cuales, 1763 o sea el 37.8%, han sido productores de hidrocarburos, principalmente de aceite.

Los campos petroleros de Ebano-Pánuco, se catalogan entre los diez primeros campos petroleros del mundo, por lo que respecta a producción total acumulada.

La cifra promedio de 47,578 metros cúbicos de petróleo producido por pozo en el área en estudio, no tiene un significado preciso, pues debido a que la producción se deriva, como ya se dijo en el capítulo anterior, de fracturas, de la intensidad y distribución de éstas, depende cuantitativamente aquélla; no es por tanto de extrañar, que la producción inicial sea en unos pozos del orden de los 10,000 metros cúbicos diarios, como en el pozo Barberena N° 2, perforado en 1918; mientras en otros pozos, dicha producción sólo sea de menos de un metro cúbico por día; por otra parte, la recuperación individual resulta así mismo muy variable.

La historia de la región de Ebano-Pánuco, en lo que a la economía de México se refiere, comienza en el año de 1899, en que los señores Doheny y Canfield, compraron la hacienda de Tulillo y parte de la de Chapacao, con una superficie aproximada de 115,000 y 57,000 hectáreas, respectivamente, basados principalmente en la existencia de chapopoterías vivas en la región, las cuales indicaban sin género de dudas, la existencia de petróleo en el subsuelo. En el año de 1901, formaron la Mexican Petroleum Company of California, estableciendo su campamento en Ebano, S.L.P., para iniciar la perforación de su primer pozo, el 1° de mayo del mismo año de 1901, el cual localizaron a dos kilómetros al sur de la estación de Ebano, dándolo por terminado como productor de aceite a la profundidad de 166 metros, en las lutitas

calcáreas de la formación Méndez, con una producción de 25 barriles diarios. Este pozo constituyó un éxito para la naciente compañía, que procedió a perforar varios pozos en las cercanías del descubridor, habiendo encontrado producción aunque modesta, la mayor parte de ellos; sin embargo, al finalizar el año de 1901, la producción de estos pozos alcanzaba ya la suma de 18,000 barriles, para alcanzar la cifra de 40,000, durante los siguientes dos años.

Fué realmente el día 3 de abril de 1904, al terminarse el pozo Cerro de la Pez N° 1, a la profundidad de 503 metros, en la base de la formación San Felipe, cuando tuvo su principio el desarrollo petrolero de la región, extendiéndose de inmediato las perforaciones, a los campos de Raya, Rincón, Chijolito, Chijol, Méndez, Paciencia y Llano de Silva, en la hacienda de Chapacao; así mismo se perforaron varios pozos en la de Corcovado, aunque no fué sino hasta 1924, cuando se terminó el pozo Corona N° 1, a la profundidad de 540 metros, en la formación Agua Nueva, con un potencial de 400 barriles diarios, cuando se inició la producción comercial en este campo de Corcovado.

En el año de 1908, se perforó en los campos de El Barco y Salinas, obteniendo solamente pozos invadidos por agua salada.

En 1909, se perforó en Topila el pozo Santa Fe N° 7, el cual resultó productor de aceite, con un potencial de 50 barriles diarios, a la profundidad de 710 metros.

En Pánuco, en el año de 1910, se perforó el pozo Tierra Blanca N° 401, que resultó productor de aceite a la profundidad de 543 metros, en la formación Agua Nueva, por lo cual la perforación se extendió a los campos de Salvasuchi, Ojital, San Manuel, Barberena, Las Piedras, Zurita, Tanantoro y Minerva.

En Cacalilao se perforó el pozo Corona N° 1, en el año de 1924, rindiendo una producción de 8,000 barriles diarios de las calizas de la formación San Felipe, casi en el contacto con la formación Agua Nueva.

En Limón, aunque ya en el año de 1910, la Compañía Franco-Española, había perforado algunos pozos, no continuó su desarrollo sino hasta después de la expropiación petrolera (1938), que determinó una nueva era en la historia de nuestro País, afectando consecuentemente, en primer lugar, a la industria del petróleo. Por ser muy viscoso el aceite que se encuentra en dichos campos de Limón y no alcanzar a fluir, se explota casi en su totalidad por bombeo mecánico, sistema implantado por Petróleos Mexicanos en el año de 1948.

En la hacienda de Tullillo, se comenzaron a perforar en 1952 los

pozos Velasco, habiéndose terminado a la fecha sólo cinco pozos, de los cuales, solamente resultó productor el pozo Velasco N° 4, con un potencial de 8 metros cúbicos diarios y que se explota por bombeo.

Al comprar Petróleos Mexicanos la Mexican Gulf en el año de 1952, se perforaron en sus concesiones los pozos Champayán N° 101, Mata del Muerto N° 15, Mezquite N° 7, Chunca N° 1 y Chila Nos. 101 y 102 "A"; los cuales resultaron improductivos, aunque algunos presentaron buenas manifestaciones.

Es interesante hacer notar que Petróleos Mexicanos, mediante una técnica adecuada, ha conseguido la subsistencia y aún el desarrollo de campos antiguos que fueron trabajados en las condiciones más despiadadas, en donde lo único que importaba, era obtener el máximo de producción en el mínimo de tiempo.

CARACTERISTICAS:

Los campos petroleros de Ebano-Pánuco considerados desde el punto de vista geológico y estructural, representan una de las acumulaciones de petróleo más notables del mundo, ya que por formar parte de un anticlinorium que ha sido el resultado de la combinación de esfuerzos verticales y de compresión, dió lugar a la formación de un sistema de fracturamiento, que vino a crear en las rocas almacenantes una porosidad secundaria (porosidad inducida, como la llama Muir), dotándolas de las características necesarias de que carecían originalmente, para servir de receptáculos.

Toca a nuestros geólogos (Ing. Ezequiel Ordóñez), el honor de haber reconocido la importancia de los receptáculos fracturados, por lo menos un cuarto de siglo antes que en otras partes del mundo, ya que los campos de Ebano-Pánuco, descubiertos en el año de 1901) producían las fracturas con bastante anterioridad al descubrimiento de los campos de Spraberry en el oeste de Texas, descubierto hasta el 22 de enero de 1949, así como de otros campos que también producen de fracturas.

Una de las características principales de los citados campos, es la acumulación de hidrocarburos tanto en altos como en bajos estructurales (siendo más prolífica en los flancos), por otra parte, la producción no queda confinada a un solo horizonte, sino que se encuentra en rocas tanto del Cretácico Superior (formaciones Méndez, San Felipe y Agua Nueva), como en rocas del Cretácico Medio (formación Tamaulipas Superior); aunque actualmente esta última, la Tamaulipas Superior, se encuentra en su mayor parte invadida por agua salada.

Cabe además citar, entre las características de estos campos, las intrusiones basálticas asociadas con chapopoterías, como puede observarse en cerro de La Pez, cerro de Dicha, cerro de Margaritas y cerro de Soledad.

Otra característica notable de estos campos, es el hecho de que por derivarse la producción de fracturas, ésta es inicialmente alta, mientras se agota el aceite acumulado en la fractura, decreciendo después para mantenerse constante, debiéndose esta producción baja pero constante, a que la fractura drenará una gran área, compensando de este modo, la escasa porosidad y baja permeabilidad de la roca almacenante, como se verá con más detalle en el capítulo correspondiente.

ESTRATIGRAFIA

En términos generales puede decirse que, en la región en estudio, la columna estratigráfica abarca desde la formación Velasco del Paleoceno (1), hasta rocas del Jurásico Superior, como se indica en el cuadro de la Fig. 2, exceptuando la región de Topila, en la parte oriental del área, en la cual se encuentran rocas terciarias de un espesor considerable, suprayacentes a la formación Velasco, como pudo ser observado en los pozos Chunca y Chila, en donde se encontró aflorando la formación Mesón del Oligoceno.

Lo más probable es que ningún pozo haya sido perforado aún hasta las rocas del complejo basal, aunque en el pozo Chijol N° 1012, se perforaron 885 metros bajo la cima del Jurásico, en rocas de edad desconocida, este pozo alcanzó la profundidad total de 2052 metros, mientras la capa reflejante más profunda, determinada por sismología, se encuentra aproximadamente a 2700 metros de profundidad, pudiendo corresponder, dicho horizonte reflejante, al complejo basal.

La mayor parte de la producción de petróleo en esta región, proviene de las capas inferiores del Cretácico Superior y de las superiores del Cretácico Medio, las cuales se encuentran a profundidades que varían entre los 300 y los 700 metros.

JURASICO:

No obstante que en el área de Ebano-Pánuco y de una manera general en la Cenobahía de Tampico-Tuxpan, se considera como Jurásica la edad del petróleo, la falta de información de este período geológico, impide el poder hacer de él una descripción completa; por tanto, se tratará de dar solamente una idea aproximada de sus características litológicas, deducidas de los pozos Altamira N° 11, San Manuel N° 82, Chijol N° 1012, Chocoy N° 2 y Tullillo N° 131 que en estos campos han alcanzado rocas jurásicas.

La parte superior del Jurásico está constituida por una caliza cristalina dura de color gris, crema y blanca, cretosa, ocasionalmente oolítica, obscureciéndose hacia la parte sur del área, para aparecer como

PERIODO	EPOCA	FORMACION	CARACTERISTICAS
TERCIARIO	OLIGOCENO	MESON	Arcillas arenosas amarillentas.
	PALEOCENO	VELASCO	Lutitas.
	SUPERIOR	MENDEZ SAN FELIPE AGUA NUEVA	Lutitas y margas. Clzs. densas, en partes margosa. Clzs. densas c/interc. lta. y pedernal.
CRETACICO	MEDIO	TAMAULIPAS SUPERIOR	Clza. densa aporcelanada, microcristalina, en partes cretosa.
	INFERIOR	HORIZONTE OTATES TAMAULIPAS INFERIOR	Clza. gris obsc. a negra, arcillosa y lta. negra. Clza. densa, en partes arcillosa c/interc. lta. y nódulos de pedernal.
JURASICO SUPERIOR	KIMMERIDGIANO DIVESIANO	TAMAN? HUIZACHAL	Su parte superior está constituida por una serie de clzas. gris obsc. densas, arcillosas, c/interc. de lta. ocasionalmente se encuentra clza. dolomítica café. En su parte inferior (capas rojas) se encuentran areniscas rojas y lts. rojas.

Fig. No. 2

una caliza café obscura a negra, con intercalaciones de caliza arcillosa negra y lutita calcárea negra.

En los pozos Altamira N° 11 y Tullillo N° 131, apareció una caliza dolomítica, así como dolomita pura, de las cuales, por su ausencia absoluta en el resto de la columna geológica, en opinión de Millison es una de las características de las rocas del Jurásico Superior; sin embargo, tales dolomitas no se encontraron en los pozos Chijol N° 1012, San Manuel N° 82 y Chocoy N° 2.

En la parte correspondiente a lo que se conoce con el nombre de Huizachal, el Jurásico está representado al Norte del área, por un conglomerao rojo y arena café ligeramente rojizo, no consolidada; en la parte central se encontró una arenisca gris a gris claro, bien consolidada con intercalaciones de lutita negra carbonosa; finalmente, en la parte sur se encontraron unas capas rojas de arcillas arenosas y arenisca arcillosa gris; ocasionalmente, arena cuarcífera roja y verde con algo de mica muscovita.

CRETACICO INFERIOR:

El Cretácico Inferior está representado por la formación Tamaulipas Inferior, que se conoce a través de los mismos cinco pozos de que se hizo mención al tratar del Jurásico y que son los únicos que la han atravesado; habiéndose identificado como una caliza cretosa, dura, de color blanco limpio a crema muy claro.

Un cambio en las características litológicas, acompañado de la presencia de una caliza glauconítica, indica la base de esta formación y por consiguiente, la proximidad de la cima del Jurásico Superior.

HORIZONTE OTATES:

El Horizonte Otates determina la separación estratigráfica entre la formación Tamaulipas Superior y la Tamaulipas Inferior. Este horizonte está constituido por lutitas negras bituminosas y carbonosas, con intercalaciones de caliza dura de color café muy oscuro a negro; su espesor varía entre los nueve y quince metros.

CRETACICO MEDIO:

El Cretácico Medio está representado por la parte superior de la formación Tamaulipas. Esta formación, tanto en los afloramientos, como en las muestras litológicas obtenidas de pozos está constituida por

capas gruesas de caliza dura, de color blanco a gris crema, aporcelanada, principalmente en su base, con abundante pedernal gris ahumado y escasas intercalaciones de lutita negra.

La cima de la formación Tamaulipas se determina con relativa facilidad, en primer lugar por la aparición de los horizontes de lutita negra ("Calizas Negras") y de lutita bentonítica verde esmeralda, que son características de la base de la formación Agua Nueva, de las cuales se hablará al tratar de esta formación; por otra parte la determinación del contacto Agua Nueva-Tamaulipas resulta fácil por ser muy marcado el cambio litológico, tanto en textura como en coloración; la aparición del pedernal es también un buen índice, quizá mejor que los anteriores, pues cuando la caliza aparece manchada por impregnación de aceite, puede crear un factor de confusión.

La formación Tamaulipas Superior tiene un espesor promedio de 140 metros, como puede observarse por los datos obtenidos de los siguientes pozos:

<i>Pozo</i>	<i>Espesor</i>
Raya N° 105	140 metros
Chila N° 101	140 metros
Chila N° 102	170 metros
Chunca N° 101	105 metros
Chijol N° 1012	187 metros
Tulillo N° 131	125 metros

CRETACICO SUPERIOR.

El Cretácico Superior comprende las formaciones: Méndez, San Felipe y Agua Nueva. Su importancia desde el punto de vista de la industria petrolera es muy grande, pues basta tener en cuenta que de él debe derivarse la producción futura de los campos de Ebano-Pánuco, pues como ya se dijo, el Cretácico Medio se encuentra casi en su totalidad, invadido por agua salada.

FORMACION AGUA NUEVA.

La cima de la formación Agua Nueva se determina con la apari-

ción de la primera capa de lutita negra laminada, que es característica de esta formación.

Litológicamente, la formación Agua Nueva se encuentra constituida por una serie de calizas, generalmente arcillosas, de color gris azul, gris y gris oscuro, con intercalaciones de lutita negra laminada.

En la base de la formación aparece una capa de lutita negra laminada, muy compacta, a la cual se ha dado el nombre de "Horizonte de las Calizas Negras"; bajo este horizonte, en el contacto con la formación Tamaulipas, aparece una capa de lutita bentonítica de color verde esmeralda, que es un índice bastante seguro y constante para determinar el contacto entre las formaciones Agua Nueva y Tamaulipas.

La formación Agua Nueva tiene también un espesor muy variable, pues se encuentran pozos como el Mezquite N° 7, que se encuentra al noreste del área en estudio, con 195 metros de espesor en esta formación, mientras que en el pozo Tepanchao N° 1110, se encontró la formación Tamaulipas inmediatamente debajo de la Méndez; sin embargo, en la generalidad de los pozos del área en estudio, el espesor de la formación Agua Nueva, es del orden de los 80 ó 90 metros.

FORMACION SAN FELIPE.

La formación San Felipe, de acuerdo con sus características litológicas se divide en dos miembros: San Felipe Superior, que está constituido por una serie de calizas grises, duras, con intercalaciones de lutitas y margas; San Felipe Inferior, que está constituido por la "Serie de las Calizas Verdes", nombre con el que se le conoce más generalmente. Es probable que la formación San Felipe Inferior deba su coloración, a la disolución de ceniza volcánica, que en la época de la deposición debe haber fungido como colorante. De dicha ceniza volcánica se tienen muestras más o menos abundantes en intercalaciones a lo largo de la columna geológica.

El espesor de la formación San Felipe es también muy irregular, pues se observa que las estructuras presentan un engrosamiento en los flancos y un adelgazamiento en los altos; la cifra de 150 metros, como promedio para el espesor de esta formación, se acepta en general como correcta.

En algunas regiones del área estudiada (2), aparece un horizonte de calizas de color lila dividiendo la formación San Felipe Superior, de la Inferior; dicho horizonte es bastante constante y sirve como ín-

dice para determinar la cima de la Serie de las Calizas Verdes (San Felipe Inferior).

FORMACION MENDEZ.

La formación Méndez, como ya se dijo, se encuentra aflorando en la parte central y al norte de los campos de Ebano-Pánuco, donde debido a la erosión, en algunas regiones ha desaparecido la coloración café rojizo o rojo pardusco, que es característica de su cima; encontrándose en su lugar, una coloración verde olivo o gris azul. El espesor de esta formación varía de los 150 a los 400 metros, debiéndose principalmente esta variación, a un cambio litológico transicional entre la formación Méndez y la San Felipe.

La formación Méndez se encuentra constituida litológicamente, por una serie de lutitas calcáreas y margas semiduras a duras respectivamente, de una coloración café rojizo en su cima, como ya se dijo anteriormente, y gris a gris verdoso en el resto de la formación. En su parte inferior, la formación Méndez está constituida por lutitas calcáreas y margas con intercalaciones de caliza; se observa por tanto, un incremento gradual en el contenido de carbonato de calcio, de la cima a la base de la formación, para encontrar lechos de caliza más o menos pura en la formación San Felipe.

Obviamente, por ser una zona transicional, la determinación del contacto Méndez-San Felipe no es fácil, tomándose en general esta cima, como la aparición de un mayor porcentaje de calizas puras con respecto a lutitas y margas, dado que la formación está constituida por calizas duras con intercalaciones de margas y lutitas; en algunas regiones puede tomarse como índice para la determinación de la cima de la formación San Felipe, la presencia de una marga verde claro a gris verdoso, que obviamente aparece en la base de la formación Méndez.

FAUNA CARACTERISTICA DE LA FORMACION MENDEZ.

Para su estudio micropaleontológico, la formación Méndez se ha dividido en cinco biozonas, de la manera siguiente:

Méndez 1:

Esta biozona puede distinguirse de las subyacentes, además de faunísticamente, por su litología, pues por corresponder a la cima de la

formación, presenta, como ya se dijo, una coloración café rojiza que le es característica, encontrándose así mismo, que los caparazones de los fósiles presentan en su gran mayoría una coloración rojiza.

En esta biozona es notable la ausencia de *Eouvigerina cretacea* (Heron-Allen & Earland), encontrándose en cambio en gran abundancia las siguientes especies:

Pseudotextularia varians (Rzehak).

Pseudotextularia varians (Rzehak var. mendezensis White).

Méndez 2:

Al contrario de la biozona anterior, ésta se distingue por la presencia de *Eouvigerina cretacea* (Heron-Allen & Earland), la cual es notablemente restringida en rango estratigráfico a este horizonte.

Litológicamente puede diferenciarse esta biozona de la Méndez 1, por la desaparición del color café-rojizo para quedar formada principalmente por lutitas de color gris y gris claro, ligeramente verdoso.

Méndez 3:

El contenido faunístico de esta biozona es igual en términos generales, a la Méndez 2, diferenciándose solamente por la ausencia de *Eouvigerina cretacea* (Heron-Allen & Earland).

Méndez 4:

Como en el caso anterior, no existe una diferencia notable en el conjunto faunístico de esta biozona, distinguiéndose de las demás, solamente por la presencia de *Globotruncana calcarata* Cushman, que le sirve de índice.

Méndez 5:

Este horizonte propiamente no es una biozona, pues su determinación es de carácter litológico, correspondiendo a la base de la formación Méndez o "Serie de las Primeras Calizas" y como su nombre indica, su cima se determina por la aparición de las primeras interestratificaciones de calizas puras en la columna geológica.

TERCIARIO.

Con excepción de la región de Topila, donde se encuentra aflo-

rando la formación Mesón del Oligoceno; el Terciario está representado en general, por la formación Velasco, que aflora al oriente, poniente y sur de los campos de Ebano-Pánuco, suprayaciendo en forma discordante a la formación Méndez, que debido al buzamiento hacia el sur que observa en general la estructura, esta última formación, la Méndez, ocupará la parte central, así como la norte, del área en estudio, para a su vez ir perdiendo potencia hacia el norte y dejar al descubierto a la formación San Felipe.

FORMACION VELASCO.

La formación Velasco alcanza su máximo espesor en la porción sur-occidental de los campos de Ebano-Pánuco, siendo éste del orden de los 240 metros, para ir adelgazándose hacia el norte, hasta dejar al descubierto a la formación Méndez; un espesor promedio de 100 metros puede asignarse para la formación Velasco.

Litológicamente, la formación Velasco está constituida por lutitas puras, suaves y plásticas, de color gris azul, gris y gris verdoso; ocasionalmente con intercalaciones de bentonita.

Para determinar el contacto entre las formaciones Velasco y Méndez, se utiliza el incremento en el contenido de carbonato de calcio, que caracteriza a los materiales de esta última formación, así como también una marga de color café rojizo que aparece en la cima de la formación Méndez; los registros eléctricos y de rayos gama se pueden utilizar con éxito para comprobar la determinación hecha por litología. Este contacto puede también determinarse con auxilio de la Micropaleontología, aunque en la región en estudio, este método se ha dejado sólo para comprobación en caso de duda, o para correlaciones de detalle, para lo cual son particularmente útiles los sistemas de biozonificación.

FAUNA CARACTERISTICA DE LA FORMACION VELASCO:

Análogamente a como se vió al tratar de la formación Méndez, la formación Velasco se ha dividido para su estudio micropaleontológico en tres biozonas: Velasco Superior, Velasco Inferior y Velasco Base.

Velasco Superior:

La biozona que corresponde a la formación Velasco Superior se

distingue de la Velasco Inferior, principalmente por la ausencia de *Globorotalia membranacea* (Ehrenberg). Su fauna característica es como sigue:

- Gümbelina* cf. *G. wilcoxensis* Cushman & Ponton. (índice)
- Buliminella* aff. *B. colonensis* Cushman (índice)
- Ammodiscus cretacea* (Reuss)
- Globorotalia crassaeformis* (Galloway & Wissler)
- Nuttallides trümpyi* (Nuttall)
- Globorotalia velascoensis* (Cushman)
- Lenticulina vortex* White
- Ammodiscus polygyrus* (Reuss)
- Glomospira charoides* (Parker & Jones)
- Pullenia puentapiedraensis* Galloway & Morrey
- Globorotalia topilensis* (Cushman)
- Lenticulina velascoensis* White
- Bulimina elegans* d'Orbigny
- Haplophragmoides coronata* (Brady)
- Globigerina belli* White
- Globigerina triangularis* White
- Globigerina cretacea* d'Orbigny

Velasco Inferior:

Como ya se dijo, esta biozona se distingue principalmente por la presencia de *Globorotalia membranacea* (Ehrenberg), además de poseer un mayor número de géneros y especies. Su fauna es la siguiente:

- Globorotalia velascoensis* (Cushman)
- Globorotalia membranacea* (Ehrenberg)
- Ammodiscus incertus* d'Orbigny
- Astacolus crepidulus* (Fichtel & Moll)
- Gümbelina* sp.
- Parrella velascoensis* (Cushman)
- Haplophragmoides coronata* (Brady)
- Pleurostomella clavata* Cushman
- Textularia eocaena* (Gümbel) Cole
- Nodosaria fontannesi* (Gerthelin) var. *velascoensis* Cushman
- Pullenia sphaeroides* d'Orbigny
- Nodellum velascoensis* (Cushman)
- Bulimina incisa* (Cushman)

- Bolivinopsis clotho* (Grzybowski)
Anomalina rubiginosa Cushman
Clavulinoides aspera (Cushman)
Nodosaria limbata d'Orbigny
Dentalina bottcheri (Reuss)
Nodosaria tenuicollis (Reuss)
Anomalina velascoensis Cushman
Clavulinoides trilatera (Cushman)
Globigerina cretacea d'Orbigny
Lagena orbignyana (Seguenza)
Rzehakina epigona (Rzehak) var. lata Cushman & Jarvis
Cibicides naranjoensis White
Discorbis inornatus (Cole)
Planulina dayi (White)
Nodosaria velascoensis (Cushman)
Marssonella indentata (Cushman & Jarvis)
Nuttallides florealis (White)
Marssonella oxycona (Reuss)
Bulimina tabascoensis Galloway & Morrey
Gyroidina globosa (Hagenow)
Gyroidina octocamerata Cushman & Hanna
Robulus incomtus (Reuss)
Pseudoclavulina clavata (Cushman)
Palmula reticulata (Reuss)
Pseudoglandulina manifesta (Reuss)
Pleurostomella subnodosa Reuss
Pelosina complanata Franke
Palmula rugosa d'Orbigny
Palmula semireticulata (Cushman & Jarvis)
Gyroidina comma White
Bulimina aculeata d'Orbigny
Bolivina colemani Galloway & Morrey
Quadrinorphina allomorphinoides (Reuss)

Velasco Base:

Esta biozona se caracteriza por ser un verdadero legamo de globigerinas, entre las cuales destaca por su supremacía numérica, la *Globigerina cretacea* d'Orbigny. Su fauna característica es la siguiente:

Globigerina cretacea d'Orbigny

Gümbelina globulosa (Ehrenberg)
Guttulina communis d'Orbigny
Globigerina belli White
Globigerina triangularis White
Cyroidina globosa (Hagenow)

FORMACION MESON:

Como ya se dijo anteriormente, el Oligoceno está representado en los campos en estudio, por la formación Mesón, la cual está constituida litológicamente por lutitas arenosas y areniscas de grano fino a medio; de color amarillento en la cima, tomando gradualmente una coloración café grisácea a gris claro en la base. La fauna que caracteriza a esta formación es la siguiente:

Angulogerina byramensis (Cushman)
Archais aduncus (Fishtell y Moll)
Eponides byramensis (Cushman)
Lepidocyclina gigas Cushman var. *mexicana* Cushman
Lepidocyclina (Lepidocyclina) waylandvaughni Cole
Liebussella mesonensis Cole y Gillespie
Marginulina mexicana Cushman
Nonion mesonense Cole y Gillespie

Para complementar la información sobre las características de los campos de Ebano-Pánuco se incluyen las siguientes gráficas con sus tablas respectivas, de la producción mensual de los pozos Ferronales Nos. 7, 20, 6, 11, 12, 21 y 23, en cuyas gráficas puede apreciarse tanto la declinación de la producción, como lo variable de ésta, ya de un pozo a otro o en un mismo pozo en las diferentes épocas del año.

Resulta particularmente notable la gráfica de producción del pozo Ferronales N° 20, que adopta la forma de una parábola, pues tal gráfica muestra la curva ideal de declinación de un pozo que produce de fracturas, o sea, como ya se dijo en otra ocasión, alta en un principio, mientras se agota el aceite almacenado en la fractura, con un descenso más o menos rápido para tender a normalizarse en una producción baja pero constante, que provendrá del aceite drenado por la fractura a lo largo de su extensión; es fácil ver, que una función tal, quedará representada gráficamente, por una curva que tiende a ser asintótica a un eje, el de los tiempos.

Se observa también, que ocasionalmente con la época de lluvias o con grandes perturbaciones atmosféricas, la producción aumenta, en ocasiones muy considerablemente, hecho observado por Muir en diferentes campos del área.

PRODUCCION DEL POZO "FERRONALES" N° 7

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Metros cúbicos</i>
1925	Marzo	527 000
	Abril	203 000
	Mayo	210 000
	Junio	310 000
	Julio	401 215
	Agosto	385 000
	Septiembre	310 000
	Octubre	55 000

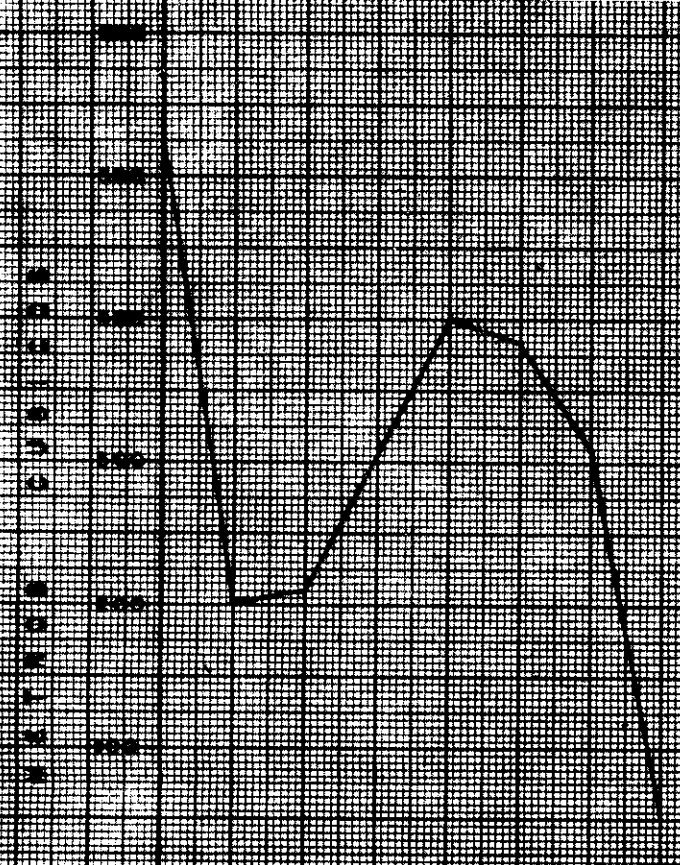
PRODUCCION DEL POZO "FERRONALES" N° 20

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Metros cúbicos</i>
1925	Febrero	61 000
	Marzo	41 000
	Junio	21 000
	Octubre	14 000

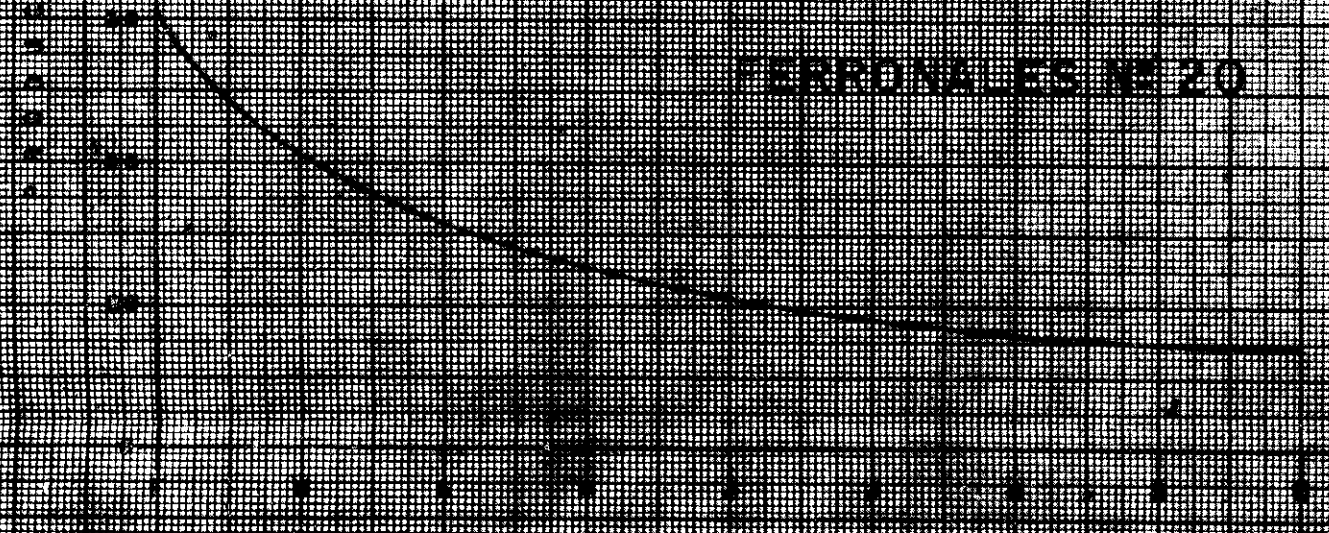
PRODUCCION DEL POZO "FERRONALES" N° 6

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Metros cúbicos</i>
1924	Marzo	4 036 287
	Abril	3 677 299
	Mayo	2 381 008
	Junio	2 271 000
	Julio	2 214 000
	Agosto	2 678 000
	Septiembre	1 937 000
	Octubre	1 987 000
	Noviembre	2 066 000
	Diciembre	2 506 000

FERRONALES Nº 7



FERRONALES Nº 20



1925	Enero	2 647 000
	Febrero	1 255 000
	Marzo	1 445 000
	Abril	1 374 000
	Mayo	1 288 000
	Junio	1 073 250
	Julio	1 073 000
	Agosto	1 192 000
	Septiembre	1 073 000
	Octubre	1 073 000
	Noviembre	1 073 000
	Diciembre	1 076 000

PRODUCCION DEL POZO "FERRONALES" N° 11

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Metros cúbicos</i>
1924	Noviembre	404 000
	Diciembre	471 000
1925	Enero	580 000
	Febrero	374 000
	Marzo	158 000
	Abril	167 000
	Mayo	155 000
	Junio	150 000
	Julio	150 000
	Agosto	72 000
	Septiembre	72 000
	Octubre	72 000
	Noviembre	72 000
	Diciembre	72 000

PRODUCCION DEL POZO "FERRONALES" N° 12

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Metros cúbicos</i>
1925	Abril	11 444 000
	Mayo	3 910 000
	Junio	5 873 508
	Julio	5 898 743
	Agosto	2 356 000

Septiembre	1 329 000
Octubre	1 719 000
Noviembre	1 235 000
Diciembre	1 049 000

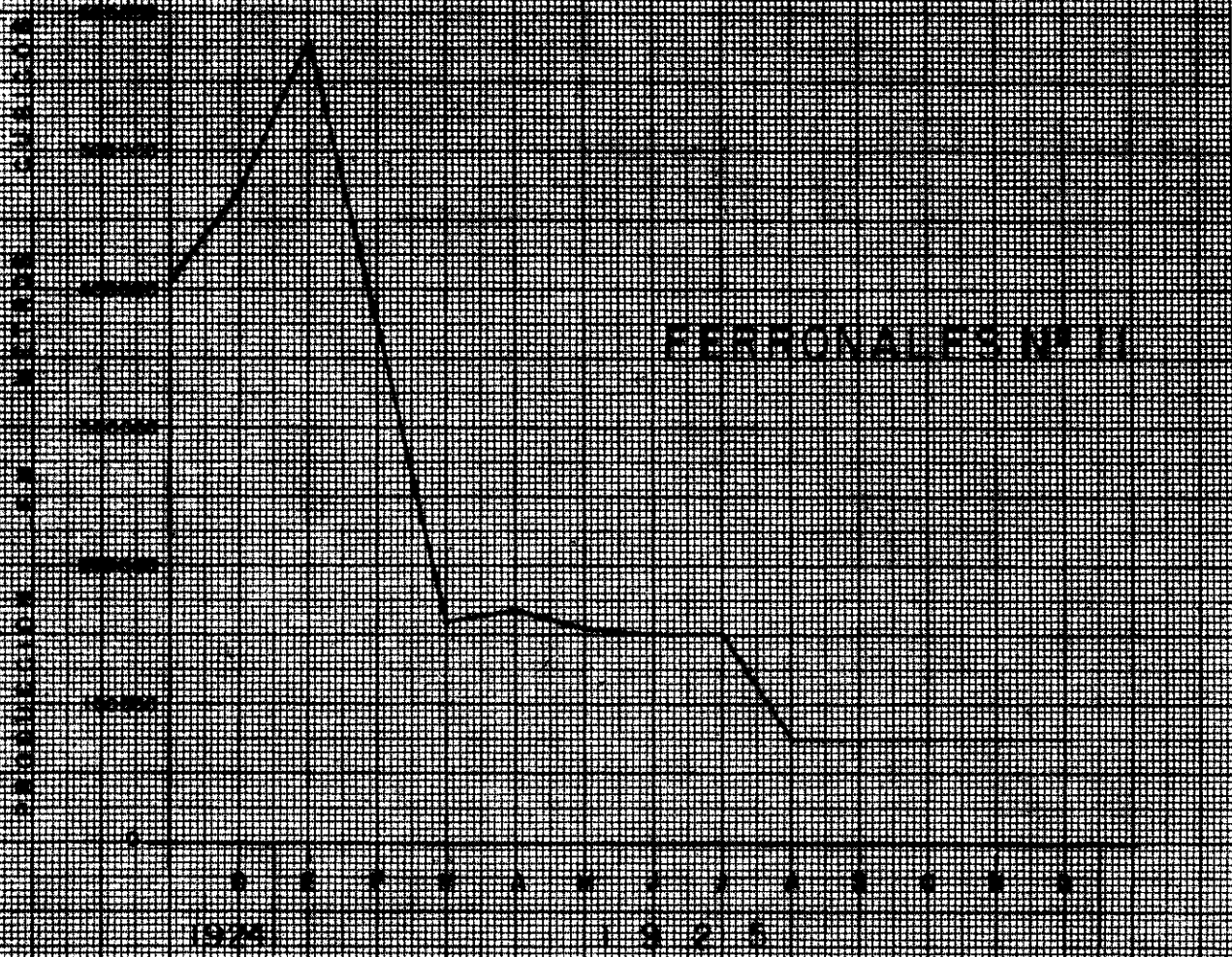
PRODUCCION DEL POZO "FERRONALES" N° 21

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Metros cúbicos</i>
1925	Marzo	285 000
	Abril	1 609 000
	Mayo	1 650 000
	Junio	1 497 000
	Julio	1 644 000
	Agosto	1 448 000
	Septiembre	1 550 000
	Octubre	1 254 000
	Noviembre	1 152 000
	Diciembre	1 011 000
1926	Enero	511 000

PRODUCCION DEL POZO "FERRONALES" N° 23

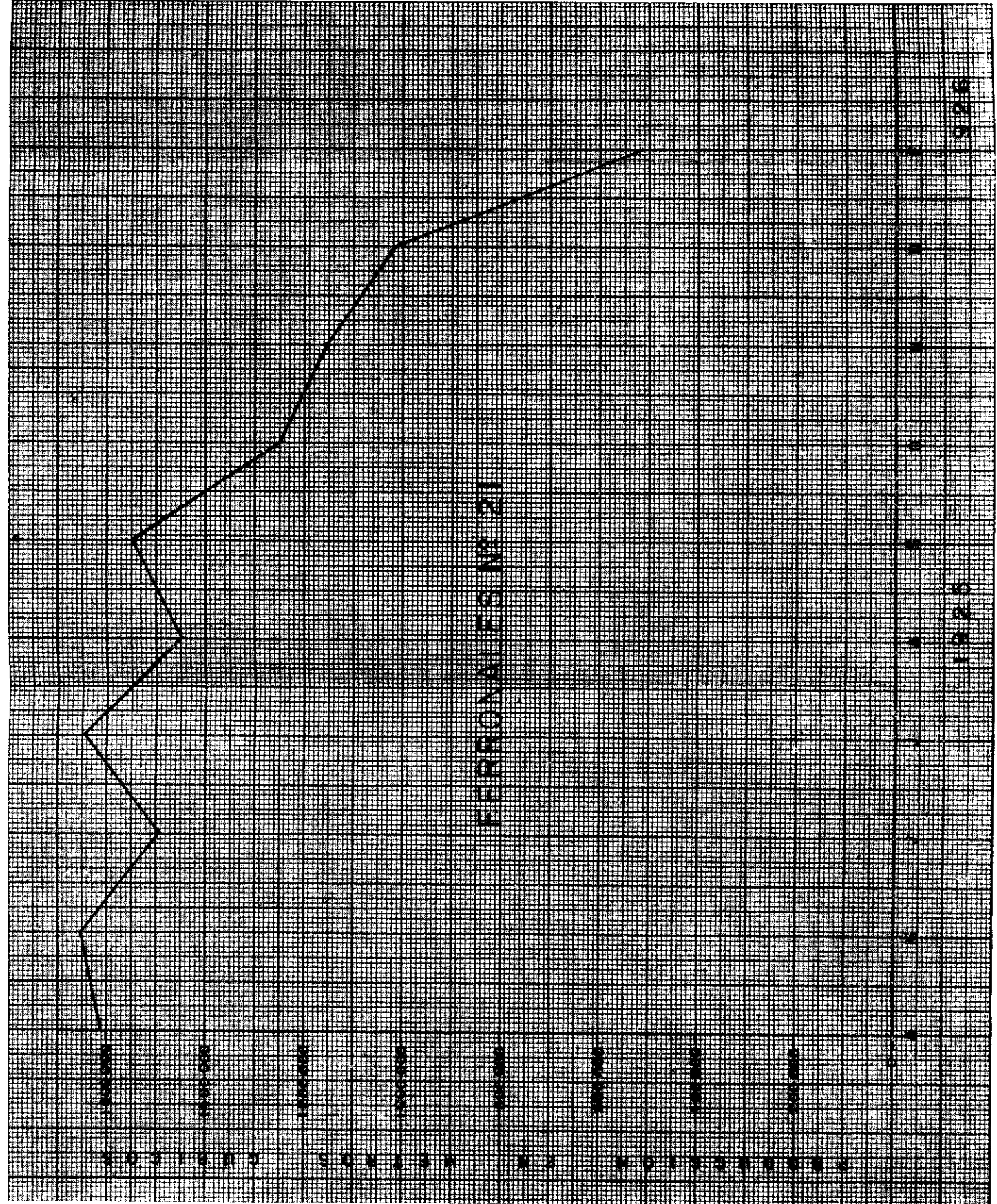
<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Metros cúbicos</i>
1925	Abril	79 000
	Mayo	365 000
	Junio	286 000
	Julio	296 000
	Agosto	238 000
	Septiembre	193 000
	Octubre	171 000
	Noviembre	86 000
	Diciembre	86 000

FERRONALES Nº II



REPRODUCTION OF THE ORIGINAL

15 MINUTE FORECAST



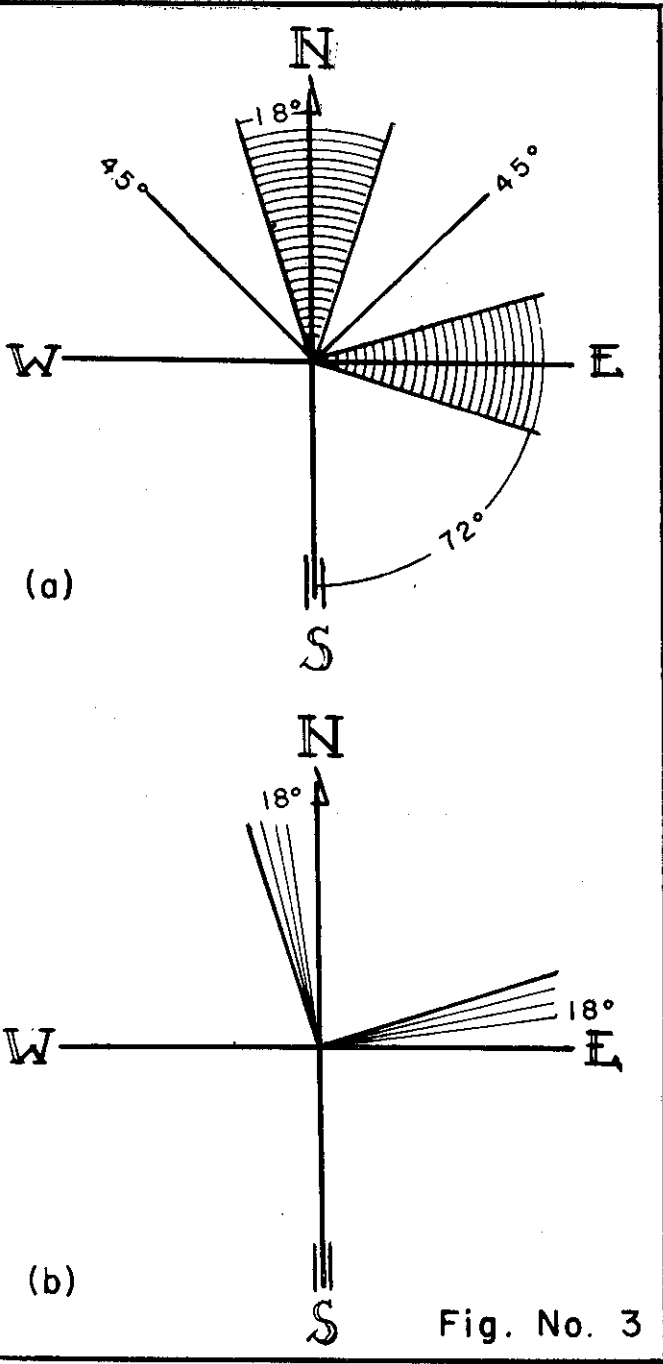
1965

1970

PERSONALLES NR 23



PERSONEN PERSONEN PERSONEN PERSONEN PERSONEN PERSONEN PERSONEN PERSONEN PERSONEN PERSONEN



RELACION ENTRE LA SIERRA DE TAMAULIPAS Y LOS CAMPOS DE EBANO-PÁNUCO

ORIGEN DE AMBAS ESTRUCTURAS

La relación que existe entre la Sierra de Tamaulipas y los campos de Ebano-Pánuco es muy estrecha, pues dichos campos no son sino la prolongación en el subuelo, de aquélla, como lo prueba el buzamiento general de las formaciones que constituyen el anticlinorium de dicha Sierra.

La formación Tamaulipas toma este nombre, por encontrarse aflorando, al norte del área en estudio, precisamente donde se encuentra el anticlinorium de la citada Sierra de Tamaulipas; esta formación buza suavemente hacia el sur, para encontrarse en los campos de Ebano-Pánuco descansando bajo las formaciones del Cretácico Superior, las cuales a su vez subyacen a las del Terciario, cuando estas rocas están presentes.

El estudio de la Sierra de Tamaulipas es por demás interesante, pues existe una gran semejanza geológico-estructural, entre ésta y los campos de Ebano-Pánuco, pudiendo estudiarse directamente sobre el terreno los sistemas de fracturas y la orientación de las mismas, las características de las rocas que en los campos de Ebano-Pánuco fungen como almacenadoras y quizá parte de las que fueran generadoras de hidrocarburos; y por lo tanto, deducir la clase de esfuerzos que dieron lugar a la formación de dichas fracturas, datos que aplicados a los campos en estudio, serán útiles para determinar la posición y dirección de posibles fracturas, que por consiguiente servirán para obtener un mayor número de pozos productores.

Relaciones genéticas:

Por su origen, la estructura que constituye la Sierra de Tamaulipas y la que da lugar a la acumulación de hidrocarburos en los campos de Ebano-Pánuco, están también, sin duda alguna, íntimamente relacionadas, ya que probablemente fueron producidas por esfuerzos semejantes y contemporáneos, aunque actuaron con mayor intensidad en la región donde se encuentra ubicada la Sierra de Tamaulipas, puesto que

las deformaciones en ésta son más exageradas y complejas que las de la estructura de Ebano-Pánuco.

Los esfuerzos que produjeron ambas estructuras se debieron probablemente a una combinación de empujes verticales y tangenciales a profundidad, que tuvieron lugar durante el principio del Cenozoico, coincidiendo dichos esfuerzos, probablemente, con los movimientos producidos por la Revolución Laramide, que dieron lugar también a la formación de la Sierra Madre Oriental.

En la Sierra de Tamaulipas se han encontrado las fracturas agrupadas en tres sistemas. El más importante, por ser el más desarrollado, está orientado entre los N 18° E y los N 18° W, como puede apreciarse, tanto para este grupo como para los dos restantes, en el esquema (a) de la figura N° 3; el sistema que le sigue en importancia, aunque casi se encuentra tan desarrollado como el anterior, está orientado entre los N 72° E y los S 72° E; el tercer grupo de planos de fractura, frecuentemente ausente y nunca tan intensamente desarrollado como los anteriores, presenta un rumbo N 45° E ó N 45° W.

Cuando el rumbo de la fracturas del primer grupo (cuyas trazas están orientadas aproximadamente Norte-Sur) se encuentra predominando hacia el noroeste, el rumbo de los otros dos sistemas se encuentra predominando en el cuadrante noreste. Por el contrario, cuando los rumbos de dichas fracturas del primer grupo, se encuentran predominando hacia el noreste, los otros dos sistemas se encontrarán en el cuadrante noroeste, esto es más notable entre los dos grupos más importantes, a los cuales se les encuentra tratando de conservar entre sí un ángulo de 90°.

La Sierra de Tamaulipas se considera como un anticlinorium, con las trazas de los planos axiales de sus pliegues, con rumbo generalmente norte-sur, que es en términos generales el mismo rumbo que sigue, debido a su forma alargada, la propia sierra de Tamaulipas en su extensión de 80 kilómetros poco más o menos.

Los campos de Ebano-Pánuco están constituidos, análogamente con la Sierra de Tamaulipas, por un anticlinorium; su parte más alta se encuentra entre Chijol y Cacalilao; tanto al este como al oeste de este alto, se encuentra una serie de plegamientos que forman un sistema de ejes anticlinales y sinclinales, dichos plegamientos son más exagerados en la porción oeste del área en estudio y disminuyen gradualmente hacia el Golfo de México, tanto estructuralmente, como en lo que toca a su expresión topográfica.

En forma análoga a como se encuentran los sistemas de ejes anti-

clinales y sinclinales, también se encuentra una serie de fracturas, que de la misma manera a las encontradas en las sierras de Tamaulipas, forman tres sistemas, el más desarrollado se encuentra orientado casi norte-sur (Chijol y Cacalilao Occidental). De los sistemas accesorios, el más importante presenta una orientación que varía entre los N 30° E y los N 45° E (como puede observarse en Monte y Ebano); el más pobremente desarrollado, está orientado entre los N 70° E y los N 80° E.

Por encontrarse los sistemas de pliegues y fracturas anteriormente mencionados, conservando entre sí un cierto paralelismo y a ambos lados, este y oeste del alto de Chijol-Cacalilao, se infiere que dichos pliegues y fracturas fueron originados por esfuerzos ascendentes, cuyo centro se encuentra precisamente en el mencionado alto de Chijol-Cacalilao.

Se infiere, por todo lo anterior, que el origen de ambas estructuras es semejante, considerándose además, como ya se dijo anteriormente, a los campos de Ebano-Pánuco, como la continuación estructural de la Sierra de Tamaulipas.

LOS SISTEMAS DE FRACTURAS Y FALLAS DE LOS CAMPOS DE EBANO-PANUCO Y SU ORIGEN Y DISTRIBUCION

En los Campos de Ebano-Pánuco se han determinado tres sistemas predominantes de fracturas, como ya quedó dicho, aunque someramente, en el capítulo anterior.

Por seguir estas fracturas una dirección casi paralela al eje del anticlinorium y por presentar toda la evidencia de deberse a esfuerzos de tensión, no obstante el existir en la región plegamientos que atestiguan la existencia de esfuerzos compresionales, se infiere que el origen de dichas tensiones, tuvo que haber sido ascendente, debiéndose probablemente a una intrusión ígnea, como parece estar demostrado por la forma general del anticlinorium, cuya parte más alta se encuentra en Chijol-Cacalilao, correspondiendo probablemente dicho alto, al centro de la intrusión.

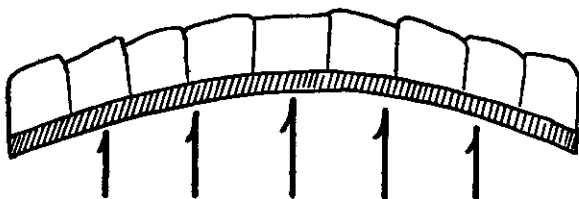
El sistema más importante, por ser el más desarrollado, sigue un marcado paralelismo con la flexión de Altamira-Menudillo, cuya orientación es N 6° E, variando ocasionalmente unos cuantos grados en uno u otro sentido.

Además de estas fracturas principales o maestras, se encuentran otras secundarias, con las siguientes orientaciones en orden decreciente de importancia: el segundo sistema se encuentra comprendido entre los N 30° E y los N 45° E, finalmente, el tercero y último, presenta una orientación que varía entre los N 70° E y los N 80° E.

En la figura N° 4, que representa un plano de los campos de Ebano-Pánuco, pueden apreciarse con bastante claridad, los tres sistemas de fracturamiento de que se ha hecho mención.

Por otra parte, de la comparación de dicho plano de la figura N° 4, con el plano representado por la figura N° 5, que muestra una configuración de la cima de la caliza Tamaulipas (4), se obtiene la apreciación de la homología que siguen los sistemas de fracturas con respecto a los plegamientos, de lo cual se infiere que los esfuerzos que produjeron éstos, dieron lugar también al fracturamiento de las capas competentes.

PLEGAMIENTO SUAVE



PLEGAMIENTO PRONUNCIADO

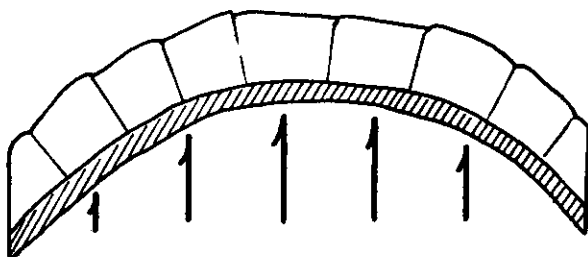


Fig. No. 6

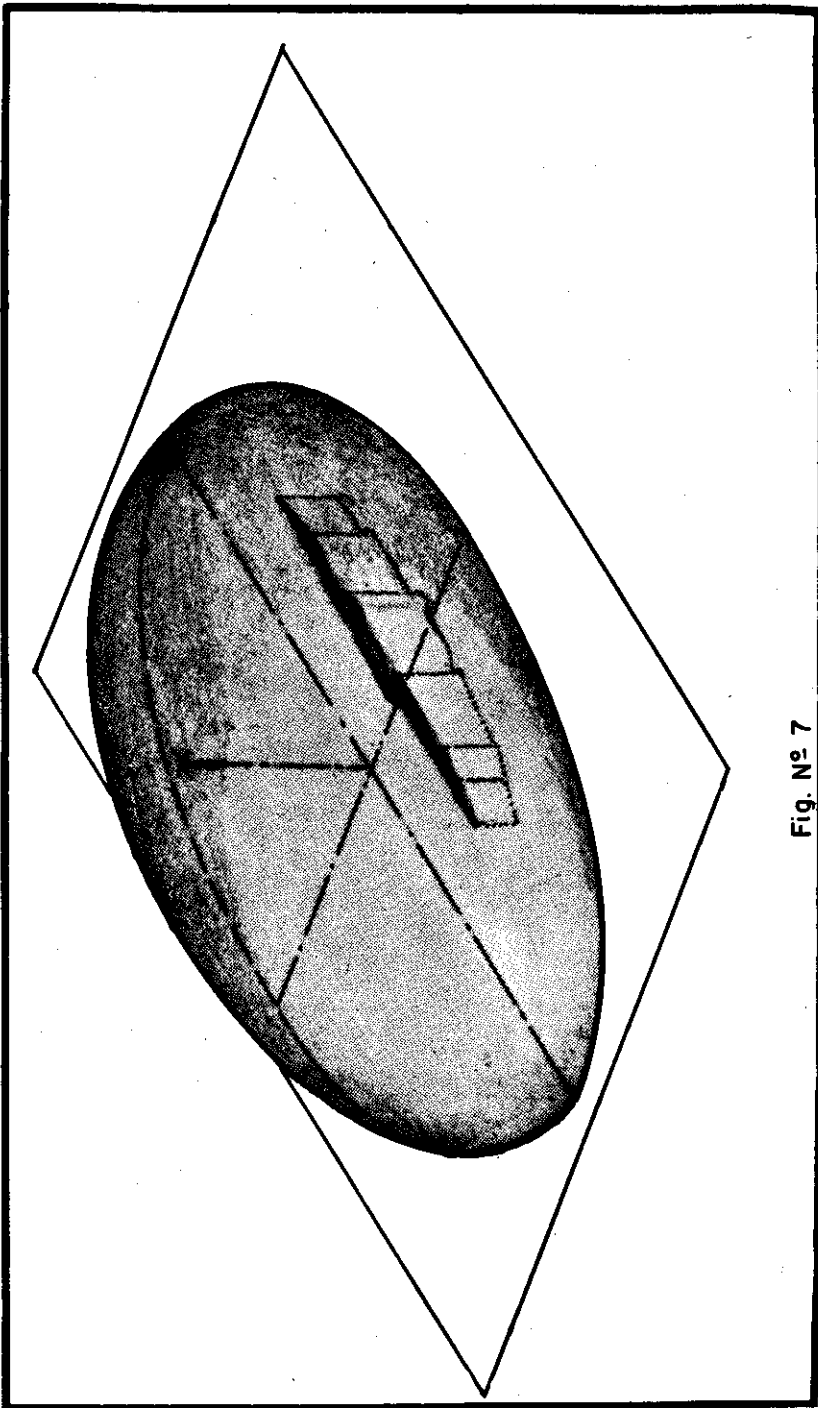


Fig. № 7

Es lógico suponer, que si las fracturas fueron, como ya se dijo, producidas por esfuerzos de tensión, su mayor amplitud se encuentra hacia la parte media y superior de las formaciones, adoptando la forma de una "V", es decir: con su mayor amplitud en la cima de las formaciones competentes, como lo son las calizas y tendiendo a desaparecer al intersectar las margas y lutitas suprayacentes, ya que dichas formaciones, por ser menos competentes que las calizas, absorbieron los esfuerzos, impidiendo en la mayoría de los casos, la continuación de las fracturas hasta la superficie. La presencia de chapopoterías en el área estudiada, es precisamente un indicio de la continuación de alguna fractura a través de las formaciones constituídas por lutitas y margas, hasta alcanzar la superficie, aunque por otra parte, pueden también ser indicio de la existencia de alguna falla.

En lo que respecta al sistema de fallas existentes en la región de Ebano-Pánuco, podría decirse lo mismo que se ha dicho con respecto a los sistemas de fracturas, ya que el "tren" principal de fallas, coincide con el "tren" principal de fracturas.

La supremacía numérica de fallas normales, indica claramente que los esfuerzos principales fueron de tensión; por otra parte, de la casi verticalidad de las fallas y planos de fractura, pueden inferirse algunas características de las estructuras, como son su extensión y la intensidad de su arqueamiento, como puede observarse en los esquemas de la figura N° 6.

La existencia de fallas transversales al "tren" principal de afallamiento, no es mayormente notable, ya sea porque estén ausentes, o porque no se hayan determinado.

En la región en estudio sólo han sido encontradas muy ocasionalmente algunas fallas inversas, como en el pozo Laguna de la Milpa N° 22, así como en los pozos Nos. 76 y 115 de Cacalilao; dichas fallas inversas son probablemente testigos de la influencia, aunque remota, de los esfuerzos que dieron lugar a la formación de la Sierra Madre Oriental.

ORIGEN PROBABLE DE LOS SISTEMAS DE FRACTURAS Y FALLAS

Las fracturas orientadas en términos generales norte-sur siguen, como ya quedó dicho, una dirección paralela a los ejes de la estructura, ahora bien, lo más probable es que dichas fracturas se hayan originado

al desarrollarse un esfuerzo de tensión en los flancos del anticlinal, que debido a su forma un tanto alargada, creó zonas de debilidad paralelamente a su dirección longitudinal, pues los máximos esfuerzos tuvieron que haberse resentido a lo largo de su eje transversal o de menor dimensión, pues tratándose de la misma deformación, el esfuerzo resultará tanto mayor, cuanto menor sea el claro afectado por dicha deformación.

Demostración:

Sea (dl) la deformación sufrida en una cierta dirección.

Sea (l) la longitud afectada por dicha deformación.

Se tiene que: $\frac{dl}{l}$ es la deformación unitaria.

Si denominamos (f) al esfuerzo a lo largo de una fibra de deformación y (u) a una unidad de longitud, se tiene que $\frac{f}{u}$ es el esfuerzo unitario.

De la ley de Hooke que nos dice que las deformaciones son directamente proporcionales a los esfuerzos que las producen, se tiene: $\frac{dl}{l} = K \frac{f}{u}$; como (K) es constante, se aprecia claramente que el esfuerzo unitario $\frac{f}{u}$ es inversamente proporcional a la longitud (l) y por lo tanto, el esfuerzo resultará tanto mayor, cuanto menor sea la longitud de la fibra deformada, que es lo que se había dicho anteriormente y que se ilustra de una manera gráfica por medio de la figura N^o 7.

ZONAS POROSAS DE LA CALIZA TAMAULIPAS Y SU ORIGEN PROBABLE

No obstante la escasez de datos existentes respecto a las posibles zonas porosas de la caliza Tamaulipas, se tratará en el presente capítulo de una manera muy somera y general de dichas posibles zonas porosas, así como de su origen probable, a través de deducciones hechas por las observaciones llevadas a cabo tanto en muestras de canal, como en núcleos y láminas delgadas, así como por la interpretación de registros eléctricos y radioactivos.

En la región de Ebano-Pánuco se han encontrado tres zonas porosas en la caliza Tamaulipas (5); las dos primeras se presentan como zonas no continuas, irregularmente distribuidas, una alrededor de los 60 metros bajo la cima de la formación Tamaulipas y otra alrededor de 90 metros bajo la misma cima; finalmente, una última zona porosa, con distribución más homogénea, aunque no mayormente desarrollada y que se encuentra entre los 200 y los 225 metros, también bajo la cima de la formación Tamaulipas Superior y por lo tanto, dentro ya de la formación Tamaulipas Inferior.

El estudio de datos obtenidos de pozos antiguos perforados hasta la caliza Tamaulipas, demuestra que los pozos que encontraron petróleo, gas o agua salada, dentro de esta formación, lo hicieron aproximadamente a la misma profundidad bajo la cima de la propia formación Tamaulipas Superior, lo cual sugiere la existencia de un horizonte poroso a esa profundidad.

Debido a la discordancia que parece existir entre la cima de la formación Tamaulipas y la base de la formación Agua Nueva las zonas porosas no son continuas y debido a que parece que estas zonas porosas son horizontes estratigráficos dentro de la formación Tamaulipas, la profundidad a que dicho horizonte se encontraría de un lugar a otro, no sería exactamente la misma, pero se encontraría dentro de los 10 a los 30 metros del mismo intervalo. Se supone la existencia de una zona de este tipo, particularmente en los campos de La Dicha y Dicha Oriental, pues la compañía que operaba en dichos campos, había establecido la costumbre de perforar hasta una profundidad de 90 metros bajo la

cima de la formación Tamaulipas, a menos que se encontrara petróleo, gas o agua salada a una profundidad menor, lo que equivaldría a haber intersectado alguna fractura.

La segunda zona porosa sugerida por el estudio de datos de pozos antiguos y que como ya se dijo, se encuentra alrededor de los 90 metros bajo la cima de la formación Tamaulipas, es particularmente evidente en Cacalilao Oriental, donde salvo verdaderas excepciones, todos los pozos encontraron la producción en un mismo intervalo que varía de los 90 a los 110 metros bajo la cima de la formación Tamaulipas; como es más difícil de explicar la concurrencia de fracturas y juntas en tal intervalo, resulta más lógico suponer la presencia de una zona porosa.

El tercer horizonte poroso sugerido por el estudio de datos de pozos antiguos, no ha sido tan probado como los dos anteriores, pues el número de pozos que lo han alcanzado en la región en estudio, es mucho menor que en los dos casos anteriores. Este horizonte poroso y permeable se encuentra bajo el Horizonte Otates, en el intervalo comprendido aproximadamente entre los 225 y los 250 metros bajo la cima de la formación Tamaulipas Superior; como pudo ser observado en el pozo Chijol N° 1012, en el cual, a la profundidad de 796 metros, se encontró una caliza saturada de petróleo, que se perforaba más rápidamente que la caliza densa que se encontró suprayaciéndole; Millison, que hizo el estudio de dichas muestras, opina que aunque no es posible determinar virtualmente la porosidad en esta caliza, deben encontrarse sin embargo poros microscópicos a juzgar por la uniformidad de su saturación y por el incremento de autopotencial que aparece en el registro eléctrico. En el mismo pozo Chijol N° 1012, a la profundidad de 834 metros, una disminución en la resistencia de la formación a la barrena, indicó una formación más suave y en concordancia con esto, los registros eléctricos mostraron un autopotencial más negativo a la misma profundidad. Las muestras presentaron a esta profundidad, una caliza saturada de petróleo con porosidad de cabeza de alfiler, cuyos poros eran perfectamente visibles y aún se observaron en algunas muestras pequeñas cavidades. Es probable que este horizonte poroso continuo en la parte superior de la formación Tamaulipas Inferior podría deberse al cambio en la sedimentación, de la caliza crema densa, sin pedernal, de esta formación, a las lutitas negras del Horizonte Otates y las calizas aporcelanadas con pedernal de la formación Tamaulipas Superior.

Millison cree que se encuentran otras zonas porosas cerca de la base de la formación Tamaulipas Inferior, debido a que a tal profun-

dididad se perdió circulación en el pozo Chijol N° 1012; horizonte que parece haberse encontrado en los pozos Altamira N° 11 y San Manuel N° 82 como portador de grandes cantidades de agua. Por no haberse recuperado muestras en el intervalo en que se perdió circulación, se desconocen las características litológicas de esa parte de la formación; sin embargo, inmediatamente arriba de dicho intervalo en que se perdió circulación, desde los 1005 a los 1025 metros, se observó en las muestras una caliza granular cristalina, con porosidad entre los cristales. En este mismo pozo se encontró una dolomita cristalina gris en el intervalo de 1245 a 1270 metros. Las muestras aparecieron manchadas de aceite y presentaron cavidades de solución, las cuales indican porosidad y permeabilidad.

En resumen, en la caliza Tamaulipas se han encontrado tres zonas porosas, las dos primeras en la formación Tamaulipas Superior son mejor conocidas por haberse perforado en el área en estudio un número mayor de pozos hasta la profundidad a que dichas zonas se encuentran; la tercera, en la parte superior de la formación Tamaulipas Inferior, la han alcanzado muy pocos pozos por lo que obviamente, es poco e incierto lo que de ella se sabe; finalmente, Millison supone que se encuentran más zonas porosas cerca de la base de la formación Tamaulipas Inferior, debido a que, como se dijo anteriormente, se perdió circulación a esa profundidad en el pozo Chijol N° 1012.

Es interesante hacer notar que los campos más proíficos, han sido aquellos en los cuales las zonas porosas anteriormente mencionadas, se han encontrado mejor desarrolladas.

ORIGEN DE LA POROSIDAD

Es muy probable que la porosidad encontrada en la formación Tamaulipas, en la región de Ebano-Pánuco, se deba principalmente a una recristalización de la roca y en lo que se refiere a la porosidad encontrada en la formación Tamaulipas Inferior, es muy posible que se trate de una dolomitización, pues se ha observado que las rocas que presentan una mayor impregnación de aceite, se encuentran más dolomitizadas, por lo tanto, no es muy aventurado suponer que dicho aceite se acumule en una porosidad debida a disminución de volumen por dolomitización.

Las dolomititas están compuestas predominantemente de carbonato doble de calcio y magnesio, como un componente distinto, siendo las propor-

ciones del carbonato de calcio al carbonato de magnesio, de 54.35 a 45.65% indistintamente.

Se ha demostrado que la dolomita es un compuesto químico distinto de la caliza y la magnesita. En muchos casos, el magnesio de la dolomita es reemplazado por manganeso y fierro ferroso, los cuales pueden formar parte del mineral sin alterar sus propiedades.

La dolomitización puede realizarse de dos maneras: una molécula a molécula y la otra volumen a volumen, que es la más común.

La dolomitización consiste en la sustitución del carbonato de calcio de la caliza, por carbonato de magnesio. Una reducción en el volumen original tiene lugar, en proporción de 100 a 88, o sea del 12%, al reemplazarse el calcio por el magnesio molécula a molécula, lo cual trae consigo un consecuente aumento en la porosidad de la roca afectada por este fenómeno.

Muy poco es en realidad lo que se sabe acerca del reemplazamiento de calizas por dolomita, pues se ha observado que dicho reemplazamiento puede llevarse a cabo bajo muy distintas condiciones y muy diferentes medios; esto es: puede verificarse tanto en el medio ambiente de depositación, pero antes de que nuevos materiales cubran a los ya existentes, como después de que este cubrimiento ha tenido lugar. También puede verificarse en cualquiera de las condiciones anteriores, pero antes de que tenga lugar un levantamiento o plegamiento; finalmente, aún en el menos favorable de los casos, la dolomitización se ha llevado a cabo, esto es: después de la depositación de nuevos materiales y no obstante la existencia de algún plegamiento o levantamiento.

En el pozo Tullillo N° 131, a una profundidad comprendida entre los 965 y los 975 metros, se encuentra una caliza dolomítica cristalina, la cual puede tener una porosidad relativamente buena, que constituye un horizonte prometedor, ya que por otra parte, en algunos lugares se encuentra con inclusiones de gilsonita. Dicho desarrollo cristalino, probablemente poroso, está además bien comprobado en los pozos Altamira N° 11 y Chocoy N° 1, ambos, como en el caso del Tullillo No 131, en la base del Neocomiano.

Por lo anterior se ve que no es poco probable que la porosidad encontrada en la caliza Tamaulipas, en la región de Ebano-Pánuco, tenga su origen en la disminución de volumen que trae como consecuencia una recristalización y que en el caso de la formación Tamaulipas Inferior, lo más probable es que ésta sea una dolomitización, como ya quedó dicho con anterioridad.

En la figura N° 9, puede observarse el registro radioactivo del pozo Tullillo N° 131 y a su derecha, una amplificación del intervalo comprendido entre los 500 y los 764 metros del mismo registro; dicho intervalo, comprende una zona posiblemente porosa; finalmente, a la derecha de esta amplificación y a la misma escala, se ha adjuntado un registro típico de porosidad en calizas, lo que permite, por comparación entre ambos, ver que en efecto, las dos curvas son muy semejantes; sin embargo, del estudio de láminas delgadas elaboradas con el fin de comprobar la existencia de recristalización a las profundidades indicadas por el registro radioactivo como más favorables por presentar mayor porosidad, no se obtuvo ninguna evidencia, pues la dolomita, cuando estuvo presente, fué encontrada a profundidades diferentes de aquellas indicadas como porosas en el registro radioactivo, aunque esto podría deberse en parte a falta de precisión en las profundidades a las cuales se obtuvieron las muestras, tanto de perforación, como núcleos.

PAPEL QUE DESEMPEÑAN LAS FRACTURAS Y LAS ZONAS POROSAS EN LA ACUMULACION DE PETROLEO

Es indudable, que para suministrar una acumulación de petróleo tan prolífica como la que se ha obtenido en los campos de Ebano-Pánuco, serían necesarias fracturas enormes, cuya existencia es dudosa; por lo tanto, es necesario tomar en cuenta el papel que, asociada con las fracturas, debe jugar la porosidad, pues aunque está ampliamente comprobado que en la región de que se trata, la producción proviene de fracturas, no hay que olvidar que uno de los principales papeles que éstas desempeñan, es proporcionar un área de drene para las zonas porosas, debiéndose tener presente que en el área en estudio existe, aunque en forma muy restringida, lo que generalmente se entiende por porosidad y además la porosidad secundaria que de hecho es fracturamiento.

Un hecho muy significativo en la comprobación de que en el área en estudio, la producción proviene de fracturas, es la alta producción inicial que se observa en los pozos de la región, producción que después decrece en forma muy considerable, hasta normalizarse, dando al final una producción baja pero constante, como puede observarse en la gráfica de producción del pozo Ferronales N° 20, que presenta una curva ideal de declinación de producción cuando ésta proviene de fracturas, sin que se observen en ella incrementos de producción ocasionados por perturbaciones atmosféricas o por la época de lluvias, como puede verse en las otras gráficas adjuntas. La forma que adopta la gráfica, puede interpretarse de la siguiente manera: la alta producción inicial, corresponde al aceite almacedano en la fractura, la cual se vaciará al ser intersectada por un pozo; dicha producción más o menos alta, irá decreciendo conforme se vaya agotando el aceite almacenado en la fractura o fracturas adyacentes, pero una vez agotado, el pozo se abastecerá solamente del que la fractura drene de la roca almacenante, ya sea de zonas porosas o de microfracturas fungiendo como zonas porosas, proporcionando de esta manera una producción baja pero constante.

Por lo anteriormente expuesto, es fácil darse cuenta que las fracturas compensan con una gran área de drene, la escasa permeabilidad original de la roca almacenante.

Hay que hacer notar que esta asociación entre fracturas y zonas porosas, se ha postulado para las condiciones que se encuentran prevaleciendo en las zonas porosas de la caliza Tamaulipas, aunque puede hacerse extensiva para aquellas formaciones en las cuales un fracturamiento intenso suple a la porosidad.

Otro de los principales papeles que desempeñan las fracturas en la región de Ebano-Pánuco es, sin duda alguna, el permitir el paso de los hidrocarburos de la roca madre o generadora, a la roca almacenante, ya que dichas fracturas presentan entre sí una intercomunicación, que por imperfecta que sea, siempre tendrá una eficiencia mayor que la permeabilidad natural de la roca, máxime si se está de acuerdo con la teoría que postula la migración del petróleo y en general de los hidrocarburos, en forma de gases; dichos gases, provenientes de la descomposición del Neokerógeno, en el cual la mayor parte de los autores suponen que tiene su origen el petróleo, al encontrar una trampa, unos se condensarán y otros permanecerán en estado gaseoso, pero de cualquier modo, al no poder continuar su migración se acumularán y formarán por lo tanto un yacimiento.

ESQUEMA QUE MUESTRA LAS VENTAJAS
QUE PRESENTA UN POZO DIRECCIONAL SOBRE
UNO VERTICAL.

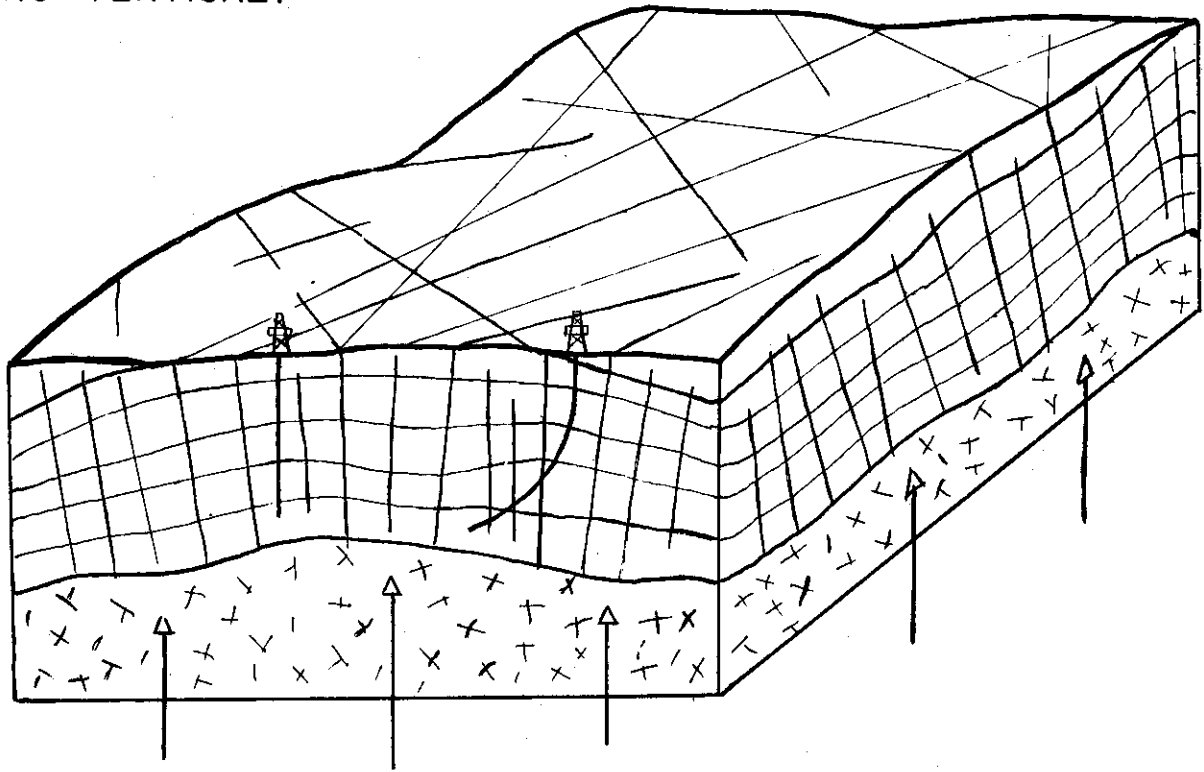


Fig No. 12

ANALOGIAS ENTRE LOS CAMPOS DE EBANO-PANUCO Y LOS DE MASJID-I-SULAIMAN

Con objeto de tratar de aprovechar en los campos de Ebano-Pánuco, las conclusiones a que se ha llegado después de varios años de estudios (principalmente en el período de 1930 a 1937) haciendo costosos experimentos en los campos iraneses de Masjid-i-Sulaiman, se ha buscado el mayor número posible de analogías entre ambos campos; cabiendo hacer notar, que si se buscan los conocimientos aportados por un campo extranjero, a pesar de que de los campos de Ebano-Pánuco debía saberse más, por ser más antiguos, sólo se debe a que la estructura de Masjid-i-Sulaiman, ha resultado ideal para la investigación; por ejemplo: de 229 pozos perforados en Masjid-i-Sulaiman, el número mayor de pozos que se han tenido produciendo al mismo tiempo, es de 31; este corto número de pozos permite el observar variaciones en las presiones a pozo cerrado en todo el yacimiento; abrir los pozos de una sección y ver la influencia que puede tener este hecho en el resto del yacimiento, etc., lo cual no es posible llevar a cabo en Ebano-Pánuco, tanto por su mayor extensión territorial, como por la superioridad numérica de sus pozos (ya se dijo que a la fecha se han perforado 4662 pozos, de los cuales 1763 han sido productores).

La analogía más importante existente entre ambos campos, es que los dos producen de calizas. La roca almacenante en el campo de Masjid-i-Sulaiman, es una caliza marina, llamada caliza Asmari, que, como en el caso de la caliza Tamaulipas, toma su nombre por encontrarse aflorando en una montaña, la de Asmari, a sólo unos kilómetros del campo de Masjid-i-Sulaiman.

La montaña de Asmari es muy semejante, tanto en su forma como en dimensiones, al yacimiento de Masjid-i-Sulaiman y suministra por tanto un modelo a escala natural de dicho yacimiento, que debido a su fácil acceso, puede examinarse en todo momento.

El estudio de la formación almacenadora, del campo de Masjid-i-Sulaiman, al aflorar en la montaña de Asmari y en particular el estudio de las pequeñas fisuras en la caliza, ha permitido la solución de varios

problemas relacionados con el comportamiento del petróleo, gas y agua en dicho yacimiento de Masjid-i-Sulaiman.

La caliza Asmari es de una edad que abarca desde el Mioceno Inferior, al Oligoceno Superior y presenta un espesor del orden de los 350 metros.

De la misma manera que en los campos de Ebano-Pánuco, en Masjid-i-Sulaiman, al perforar un pozo, sólo se obtiene producción si se intersecta una fisura, sin importar qué tan buenas aparezcan las manifestaciones por impregnación de la caliza, en las muestras.

Una analogía entre estos campos, que quizá represente más importancia de lo que a primera vista podría creerse, la constituye el hecho de que ambos campos hayan sido descubiertos a partir de exudaciones o chapopoterías.

Aunque como se ha visto, los campos de Ebano-Pánuco guardan ciertas analogías con los de Masjid-i-Sulaiman, por otra parte presentan también diferencias muy notables; en primer lugar, estructuralmente difieren en que el fracturamiento en Ebano-Pánuco se debe principalmente a esfuerzos ascendentes, en cambio, en Masjid-i-Sulaiman, se debe a esfuerzos tangenciales, como lo prueba la serie de cobijaduras que se presentan en toda el área, así como el hecho de que en la mayoría de los pliegues, los echados son del orden de los 35° ó 40° (ver las figuras Nos. 10 y 11); en cambio, en Ebano-Pánuco los echados en los flancos del plegamiento, tienen un promedio de 3° y es muy raro que lleguen a 7° , lo cual viene a demostrar la escasa influencia que los esfuerzos tangenciales tuvieron en el fracturamiento de dichos campos; puede reforzarse esta aseveración por el hecho de que no existan plegamientos proporcionales al ceste de Ebano-Pánuco que atestigüen la propagación de esfuerzos tangenciales originados en la Sierra Madre Oriental; aunque por otra parte, la ausencia de tales plegamientos podría muy bien deberse sólo a la competencia de los materiales que se encuentran en la mencionada región occidental del área en estudio.

En resumen: mientras en Ebano-Pánuco encontramos que el fracturamiento se debe principalmente a esfuerzos verticales, en Masjid-i-Sulaiman encontramos una preponderancia absoluta de los esfuerzos tangenciales.

Otra diferencia muy notable entre los campos de Ebano-Pánuco y los de Masjid-i-Sulaiman, se encuentra en la relación que guarda la porosidad con respecto a la producción. Por experimentos llevados a cabo en Masjid-i-Sulaiman, se ha encontrado que el 80% de la producción se

debe a la porosidad de la caliza, atribuyéndose tan sólo el 20% restante a las fracturas; por el contrario, en Ebano-Pánuco, la producción se debe casi en su totalidad al fracturamiento, pues como ya se dijo con anterioridad, la producción en el área en estudio no se debe a cavidades o lo que se entiende generalmente por porosidad, sino que el aceite se almacena en una vasta red de fracturas, que por suplir a la porosidad, ha sido llamada por Muir "porosidad inducida"; probablemente esta porosidad represente en capacidad almacenante el 80%, en tanto que las zonas porosas sólo almacenarán el 20% restante.

Por otra parte, en Masjid-i-Sulaiman, se observa una intercomunicación bastante notable en todo el yacimiento, esto es: se encontró que la presión a pozo cerrado de un pozo determinado, era afectada por la apertura o cierre de pozos a 5 kilómetros de distancia, cosa que en Ebano-Pánuco nunca ha ocurrido por una distancia mayor de 500 metros y no en un gran número de casos, aunque no son pocos los ejemplos que podrían citarse a este respecto, principalmente en fracturas de gran extensión, como la de Altamira-Menudillo; en Cacalilao por ejemplo, se perforó el pozo N° 2043, alineado con los pozos Nos. 147 y 216, para buscar la continuación de la fractura que suministra la producción de estos últimos; dicho pozo N° 2043, resultó productor de aceite con un potencial de 16 metros cúbicos diarios, pero al perforar el pozo N° 2044, también alineado a los anteriores, a una distancia de 300 metros del pozo N° 2043, éste disminuyó su producción en un 50%, por lo cual se decidió no explotar el último pozo perforado. Era de esperarse, sin embargo que siendo muy considerablemente mayor el número de pozos perforados en Ebano-Pánuco, pues guardan una relación numérica aproximada de 20 a 1 con respecto a los de Masjid-i-Sulaiman, se encontrara un mayor número de casos en que un pozo interfiera en la producción de otro, de donde se deduce que en efecto, la intercomunicación en Ebano-Pánuco es bastante restringida, lo cual tiene hasta cierto punto la ventaja de poder explotar estos campos como yacimientos aislados, sin tener que equilibrar presiones para mantener a un nivel constante el contacto agua-aceite, etc.

CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LOS CAMPOS DE MASJID-I-SULAIMAN

Los campos de Masjid-i-Sulaiman quedan en una zona de extrema complicación estructural, como puede apreciarse en la figura N° 11.

La discordancia entre las formaciones superficiales y la masa rígida de calizas, en la cual quedan incluídas la caliza Asmari y las margas y calizas subyacentes a ésta, es el resultado del movimiento independiente de grandes masas de sal dentro de la formación Fars Inferior y del deslizamiento de los grupos superiores en este miembro móvil.

Como resultado del plegamiento ligero durante la primera parte de la Fars Inferior, las condiciones se complican posteriormente, por el hecho de que hubo grandes diferencias de espesor y particularmente, en la cantidad de sal depositada en anticlinales y sinclinales; esto es: en la parte axial de la mitad nor-occidental de Masjid-i-Sulaiman, o Asiab, las divisiones I y II de la formación Fars Inferior, se encuentran ausentes y la división III descansa directamente en el "cap-rock" de anhidrita, suprayaciendo inmediatamente a la caliza Asmari (como puede también apreciarse en la figura N° 11). El trabajo estratigráfico detallado sobre este problema, ha indicado a su vez, que esta condición es original y no debida a atenuación tectónica. Más al sureste, la formación Fars Inferior se encuentra aflorando y parece haber tenido originalmente un espesor mayor que el que aparece en la sección, resultando en consecuencia, mayores también las complicaciones estructurales.

Las observaciones hechas acerca de la tectónica de la formación Fars Inferior, han mostrado que en aquellas áreas donde esta formación es delgada, hay una concordancia estructural aproximada entre la Fars Inferior y la caliza Asmari, pero conforme la Fars Inferior aumenta en espesor hacia los flancos, las complicaciones estructurales aparecen.

La sección de la figura N° 11 muestra tres ejes anticlinales mayores, en los que el desarrollo más delgado de la Fars Inferior ha ocasionado que la estructura superior se encuentre más o menos adherida a la caliza Asmari subyacente; dichos ejes son: el Haft Kel Tulkhayat, el Masjid-i-Sulaiman y el Kuh-i-Kamerun.

La compresión subsecuente de esta zona formó una serie de anticlinales notablemente asimétricos en la caliza Asmari, pero la movilidad de la sal, por su gran espesor en los sinclinales de mayor dimensión, impidió que las rocas suprayacentes se depositaran en forma exactamente concordante.

El campo de Masjid-i-Sulaiman es en términos generales, un anticlinal de la forma más simple en la caliza Asmari, dicha estructura se encuentra separada de la montaña de Asmari, por una simple depresión.

CONCLUSIONES

Como ya quedó definido en capítulos anteriores, el problema que se presenta en la región de Ebano-Pánuco para la obtención de petróleo, es encontrar zonas fracturadas dentro de las calizas del Cretácico Superior y esto hasta la presente fecha sólo es posible por medio de la perforación; por tanto, es necesario reducir el costo de ésta al mínimo, para poder perforar un mayor número de pozos con el mismo presupuesto y que el nuevo petróleo encontrado, resulte económicamente costeable.

El problema es muy difícil, dado que se trata de fracturas angostas que no están conectadas entre sí, ni presentan algún indicio de su existencia al exterior.

La región de Ebano-Pánuco, por ser muy extensa, comprende zonas casi vírgenes, por tanto es lógico suponer que si se encuentra un procedimiento que permita localizar zonas de fracturamiento, se volverán a encontrar pozos gigantes, como los que dieron fama mundial a la región y a nuestro País, a través de la segunda década del presente siglo.

Dicho procedimiento, podría ser una combinación inteligente de los procedimientos de exploración con que cuentan la Geofísica y la Geología del subsuelo, ya que no obstante la abundancia de afloramientos, la información que puede proporcionar la Geología superficial, es muy restringida en el área en estudio, debido principalmente a las discordancias que existen en el Terciario, lo que hace imposible en muchos casos, conocer las condiciones que prevalecen en el subsuelo.

Se ha visto por las observaciones hechas en los campos de Masjid-i-Sulaiman, que se pueden hacer extensivas las conclusiones obtenidas de efectos regionales, a áreas mayores; de este modo, los resultados a que se llegó del estudio de la montaña de Asmari, particularmente de la forma y orientación de las pequeñas fisuras en la caliza, se aplicaron con resultados óptimos a los campos de Masjid-i-Sulaiman en primer lugar y después al campo de Haft Kel (figura N° 11) con no menos buenos resultados. Del mismo modo se podrían aplicar en los campos de Ebano-Pánuco, las conclusiones a que se llegara del estudio de la Sierra de Tamaulipas; estudios que pondrían de manifiesto la orientación de las

fracturas y quizá la distribución de las zonas porosas de la caliza Tamaulipas y al combinar estos conocimientos con los datos suministrados por la Geofísica, principalmente la Sismología, que nos permite conocer la existencia de estructuras, se disminuiría la probabilidad de obtener pozos secos.

RECOMENDACIONES:

Se considera, en primer lugar, que vale la pena hacer un estudio detallado de la Sierra de Tamaulipas, comenzando por hacer un levantamiento fotogeológico, que permitiría determinar los sistemas de fracturas y juntas que puedan ser identificados. Al combinar la Fotogeología con la Geología de detalle, se completarían los datos ya existentes del levantamiento aéreo del área de San José de las Rusias.

Para abaratar la perforación en los campos de Ebano-Pánuco, deberán perforarse más pozos en menos tiempo, con lo cual el costo de la mano de obra por pozo será menor; para esto deberán utilizarse perforadoras de tipo ligero, con capacidad para perforar hasta 600 metros (3), que por otra parte ofrecerán la ventaja de ser fácilmente transportables de un lugar a otro; en segundo lugar, los pozos podrán ademarse con tubería de plástico, que además de ser muy ligera, de muy rápido y fácil manejo, es muy económica, pues su costo es alrededor de la quinta parte de lo que cuesta la tubería de acero, por lo que no constituye problema su recuperación, pues en el peor de los casos, si se pierde toda, equivaldría a que se lograra recuperar el 80% de tubería de acero. La tubería de plástico está garantizada para presiones de 150 Kg/cm². por lo que resulta ideal para los campos en estudio, en los cuales, en términos generales, las presiones pueden considerarse bajas, ya que varían de 0 a 15 Kg/cm².

Como en la región en estudio las fracturas son casi verticales, la perforación con pozos direccionales queda indicada, pues existe una probabilidad mayor de intersectar una fractura o quizá varias, si la perforación se hace perpendicularmente a los planos de fractura y no paralelamente a ellos, como es el caso de los pozos verticales. Ahora bien, sabemos que existen dos grupos de fracturas principales, uno orientado casi norte-sur y el otro casi este-oeste, por lo que si los pozos direccionales se orientan noreste-suroeste o por el contrario noroeste-sureste, se tiene la misma probabilidad de intersectar fracturas indistintamente de uno o del otro sistema, excepción hecha naturalmente, de casos en

que se conozca con mayor precisión la dirección del plano de fractura que se desea intersectar.

Si se tiene en cuenta que en el área en estudio la invasión de agua salada ha alcanzado casi la cima de la formación Tamaulipas Superior, se ve que es innecesario llevar la perforación más allá de dicha cima, la cual se encuentra alrededor de los 550 metros; excepción hecha de casos especiales, como es el de un pozo de exploración, donde antes que la producción lo que se busca es el conocimiento del subsuelo.

Es necesario por otra parte, compenetrarse de la idea de que no es posible que una exploración pueda contar de antemano con la seguridad del éxito económico, aún dentro de las condiciones más favorables, esto es: si la exploración tiene por objeto la búsqueda de petróleo, y se encuentra una estructura favorable en rocas sedimentarias porosas, que deba encontrarse necesariamente petróleo en dicha estructura; pero en compensación, desde el punto de vista técnico, nunca constituirá un fracaso, ya que aún en el caso de llegar a resultados negativos, el conocimiento obtenido, si puede considerarse como seguro, bastará para que la exploración haya alcanzado el éxito más completo.

Para obtener buenos resultados de una exploración hacen falta mucha paciencia y perseverancia; Doheny y Pearson, tuvieron que sufrir muchos fracasos técnicos y trastornos financieros, antes de disfrutar de sus grandes éxitos. Ahora, a pesar de tener nuevos y más precisos medios de investigación y de existir, no sólo en el área en estudio, sino a través de la vasta extensión territorial de nuestro País, muchas áreas eminentemente prospectivas, es muy probable que el descubrimiento de un nuevo yacimiento importante, cueste mucho tiempo, mucho dinero y no menos paciencia y tenacidad.

AREAS RECOMENDABLES PARA LOCALIZACIONES FUTURAS

En primer lugar, se consideran como buen prospecto las continuaciones, tanto al norte como al sur, de la fractura de Altamira-Menudillo, así como la búsqueda de diaclasas paralelas a ésta, teniendo en cuenta que, como las fracturas tuvieron su origen en un levantamiento, es en los flancos donde se desarrolló el máximo fracturamiento y consecuentemente, donde se encuentran las mejores acumulaciones.

Drake puso de manifiesto desde hace varios años la importancia del contacto Velasco-Méndez; 18 campos se encuentran localizados a lo largo de este contacto; parece por lo tanto lógico suponer la existencia de yacimientos petrolíferos en la parte occidental de Tullillo, en donde la

formación Velasco se encuentra también dejando al descubierto a la Méndez; y de preferencia, en donde este contacto sigue una dirección aproximadamente norte-sur.

En la figura N° 5, que representa un plano de la configuración de la caliza Tamaulipas, se han marcado seis zonas prospectivas, en algunas de las cuales ya existen localizaciones que por una causa u otra se han dejado sin perforar; sin embargo, se consideran como buenas localizaciones.

Tres de estas zonas marcadas como prospectivos se encuentran en la hacienda de El Limón; otra en el predio de Camino y aproximadamente al sur de ésta, entre los predios de Dicha, Ebano y Margaritas una quinta zona se ha propuesto; finalmente, la sexta y última está localizada en el lote N° 1 de Cacalilao.

NOTAS

(1).—Durante mucho tiempo se consideró a la facies Velasco como la parte superior de la formación Méndez, que se denominaba entonces Papagayos, debido a que se presentaba en facies muy semejantes, lutitas, y a que está prácticamente desprovista de microfósiles.

Con el desarrollo de la Micropaleontología, pudo separarse de la formación Méndez, pues los micropaleontólogos, Dres. Galloway y Cushman, que estudiaron su microfauna, encontraron que difería mucho de la de la formación Méndez; de aquí que Cushman, en una reunión de la Sociedad Geológica de América, que tuvo lugar en diciembre de 1923, le diera el nombre de formación Velasco, asignándole como localidad típica los afloramientos alrededor de la estación de Velasco, del ferrocarril Tampico-San Luis Potosí; la cual consideró diferente de la formación Chicontepec, por el carácter dudoso y la escasez de fósiles de esta última, que no estaba aún bien estudiada. Sin embargo, ya desde entonces el Dr. Galloway consideraba a la formación Velasco equivalente, en parte cuando menos, a la formación Chicontepec.

En 1925, Putnam creyó observar que la formación Velasco se encontraba entre las formaciones Méndez y Midway, en los alrededores de San Carlos; y la Sra. Plummer, basándose en el contacto Navarro-Midway, en el anticlinal de Escalera, consideró la fauna de la formación Velasco, más antigua que la de la Midway y más moderna que la de la Navarro. Sin embargo, el Dr. Hegewin, que efectuó trabajos de detalle en la vecindad de San Carlos y Barker que estudió numerosas muestras y localidades, consideran a la formación Velasco como equivalente en edad a la Chicontepec Inferior; pues ambas facies presentan los mismos foraminíferos como índices, los cuales pertenecen decididamente al Eoceno Inferior.

Ahora bien, el término Paleoceno, se estableció en California para agrupar las formaciones de la base del Eoceno que presentaban características comunes y faunas con caracteres más antiguos que las formaciones del Eoceno suprayacentes a ellas, pero este término no ha sido aceptado ni siquiera en muchas otras regiones de los Estados Unidos y además siempre ha sido considerado como base del Terciario, por lo

cual sólo es cuestión de nombre la diferencia que existe entre que se consideren las facies Velasco y Chicontepec Inferior, como pertenecientes al Paleoceno o bien al Eoceno basal si no se acepta el Paleoceno.

Por lo que respecta a la diferencia que presenta la fauna de estas facies con la de la Midway, puede explicarse considerando que esta última fué depositada en condiciones normales, en tanto que las facies Velasco y Chicontepec, no lo fueron, por lo cual pueden presentar faunas retrasadas, aunque los estudios posteriores de ambas faunas, indican que la diferencia existente entre una y otra, carece de la importancia que se le daba.

Por otra parte, Paul L. Applin y Esther R. Applin (Bull. A.A.P.G. Vol. Nº 28), consideran la unidad faunística de la formación Velasco y la facies clásica de la Midway, equivalentes a la caliza Cedar Keys del Paleoceno.

Desde el punto de vista micropaleontológico, se demuestra que el principal quiebre ocurre entre la formación Méndez (que sin duda alguna es Cretácico Superior) y la formación Velasco, sugiriendo por lo tanto que esta última es Paleoceno, como puede observarse en la tabla adjunta.

(2).—La formación San Felipe se encuentra claramente dividida por el índice de calizas lila, en el distrito de Pánuco-Topila.

(3).—Se fija la cifra de 600 metros como profundidad máxima para los pozos de explotación en el área de Ebano-Pánuco, teniendo en cuenta que la formación Tamaulipas se encuentra casi en su totalidad invadida por agua salada. Sin embargo, en tratándose de un pozo de exploración, este deberá llevarse a tanta profundidad como sea posible.

(4).—Tesis profesional del Ing. Sergio de los Santos.

(5).—Estudio del subsuelo de los Campos Petroleros de Ebano-Pánuco por Clark Millison.

FORAMINIFEROS INDICES COMUNES A LAS FORMACIONES CHICONTEPEC INFERIOR,
VELASCO Y MENDEZ.

Foraminiferos Indices.	Chic. Inf.	Velasco	Méndez
<u>Ammodiscus polygyrus</u> (Reuss)	X	X	
<u>Anomalina dorri</u> Cole var. <u>aragonensis</u> Nuttall	X	X	
<u>Anomalina beccariformis</u> (White)	X	X	
<u>Anomalina velascoensis</u> Cushman	X	X	
<u>Astaculus crepidulus</u> (Fischel y Moll)	X	X	
<u>Bolivinooides velascoensis</u> (Cushman)	X	X	
<u>Gibicides risseri</u> White	X	X	
<u>Clavulinoides trilatera</u> (Cushman)	X	X	
<u>Gaudryina</u> (<u>Pseudogaudryina</u>) <u>pyramidata</u> Cushman	X	X	
<u>Globigerina velascoensis</u> Cushman	X	X	
<u>Globorotalia velascoensis</u> (Cushman)	X	X	
<u>Globorotalia wilcoxensis</u> Cushman y Ponton var. <u>acuta</u> Toulain	X	X	
<u>Globorotalia membranacea</u> (Ehrenberg)	X	X	
<u>Glomospira charoides</u> (Jones y Parker) var. <u>corona</u> Cushman y Jarvis	X	X	
<u>Gömbelina globulosa</u> (Ehrenberg)	X	X	
<u>Gyroldina naranjoensis</u> White	X	X	
<u>Haplophragmoides coronata</u> (Brady)	X	X	
<u>Lenticulina velascoensis</u> White	X	X	
<u>Nodelius velascoense</u> (Cushman)	X	X	
<u>Nuttallides trümpy</u> (Nuttall)	X	X	
<u>Palmula reticulata</u> (Reuss)	X	X	
<u>Palmula rugosa</u> (d'Orbigny)	X	X	
<u>Rzehakina epigona</u> (Rzehak) var. <u>lata</u> Cushman y Jarvis	X	X	
<u>Textularia nacataensis</u> White	X	X	
<u>Vaginulina trilobata</u> Cushman	X	X	
<u>Bolivinoopsis clothe</u> (Grzybowski)	X	X	X
<u>Bolivinooides decorata</u> (Jones) var. <u>delicatula</u> Cushman	X	X	X
<u>Dorothyia retusa</u> (Cushman)	X	X	X
<u>Fronicularia elongata</u> Cushman	X	X	X
<u>Gaudryina lasvigata</u> Frenke	X	X	X
<u>Globigerina cretacea</u> d'Orbigny	X	X	X
<u>Ferreria fallax</u> Rzehak	X	X	X
<u>Palmula delicatissima</u> (Plummer)	X	X	X
<u>Palmula jarvisi</u> (Cushman)	X	X	X
<u>Planulina dayi</u> White	X	X	X
<u>Polvinulinella velascoensis</u> (Cushman)	X	X	X
<u>Ramulina globifera</u> Brady	X	X	X
<u>Bolivina incompressa</u> Reuss			X
<u>Bulimina limbata</u> White			X
<u>Clavulinoides insignis</u> (Plummer)			X
<u>Globotruncana arca</u> (Cushman)			X
<u>Globotruncana rosetta</u> (Carsey)			X
<u>Globotruncana contusa</u> (Cushman)			X
<u>Globotruncana canaliculata</u> (Reuss)			X
<u>Globotruncana ventricosa</u> White			X
<u>Globotruncana conica</u> var. <u>plicata</u> White			X
<u>Globotruncana calcarata</u> Cushman			X
<u>Planoglobulina acervulinoides</u> (Egger)			X
<u>Pseudotextularia varians</u> Rzehak			X
<u>Pseudotextularia varians</u> Rzehak var. <u>textulariformis</u> White			X

BIBLIOGRAFIA

Alvarez Jr. Manuel: Informes de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos. Tectónica de la República Mexicana.

Muir Jhon M.: Geology of the Tampico Region Mexico.

Millison Clark: Estudio sobre la región de Ebano-Pánuco.

López Vázquez Andrés: La región de Ebano, S.L.P., y sus posibilidades futuras como productora de Petróleo.

Rodríguez Aguilar Manuel: Los problemas de la Exploración Petrolera en México.

Twenhofel W. H.: Principles of Sedimentation (1950).

Ordóñez Ezequiel: Apuntes de Geología del Petróleo.

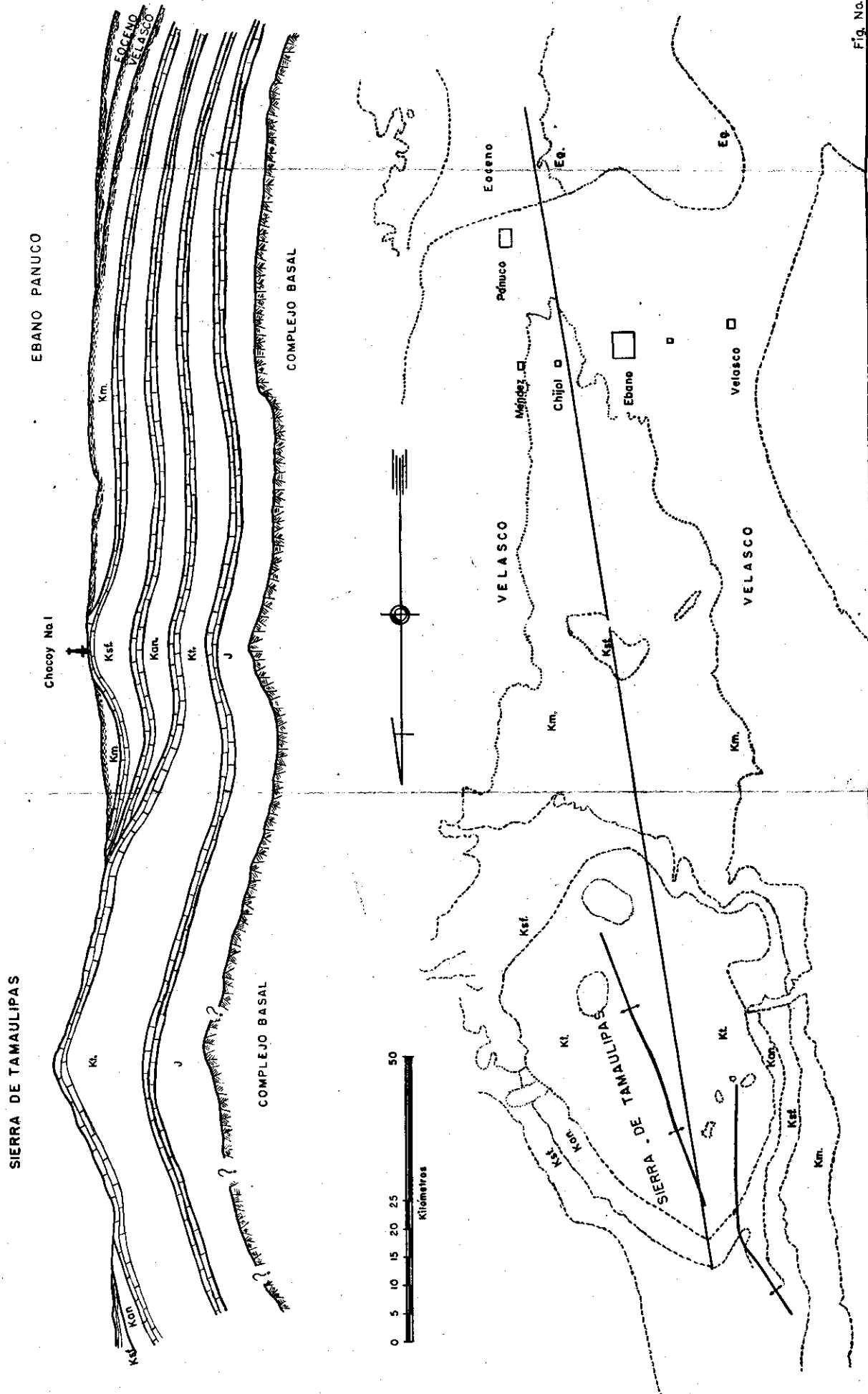
De los Santos V. Sergio: Tesis Profesional.

Artículos publicados en el Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.

Informes geológicos y expedientes de los archivos de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos.

The science of Petroleum (Vol. I).

SECCION ESQUEMATICA DESDE LA SIERRA DE TAMAULIPAS HASTA EBANO-PANUCO



S E

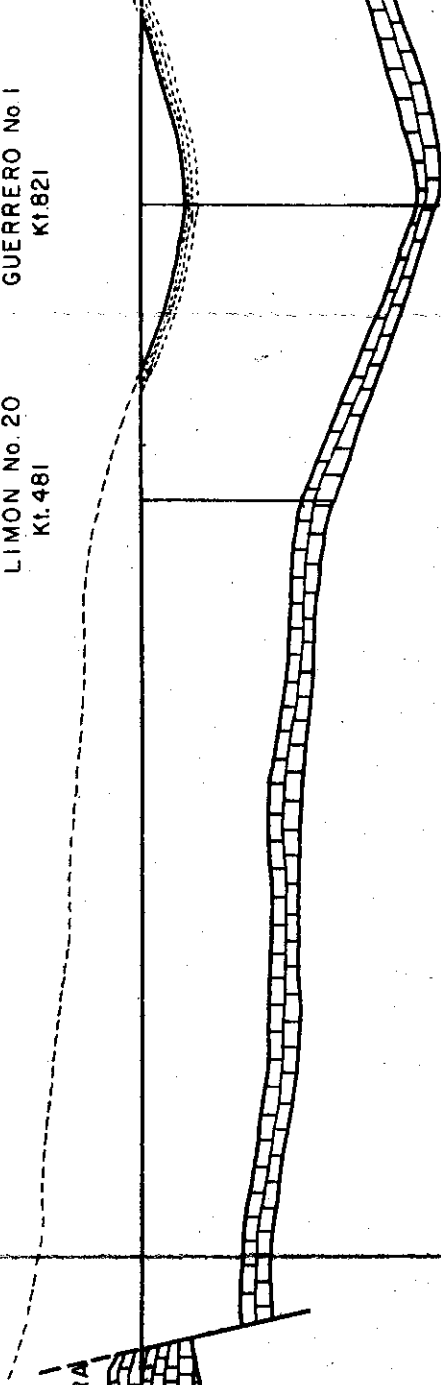
LIMON No. 20
Kt. 481

GUERRERO No. 1
Kt. 1821

S. de EL ABRA

Nivel del Mar.

W



ECCION TRANSVERSAL DEL FRENTE DE LA SIERRA DEL ABRA

LIMON No. 22
KI. 634

TULILLO No. 131
KI. 475

VELASCO No. 1
KI. 720

AUZA No. 1
KI. 763

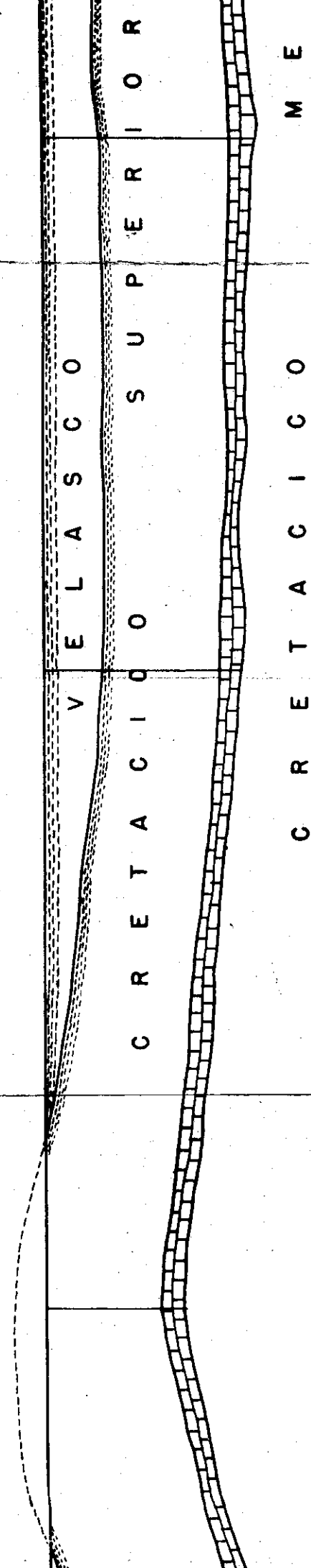


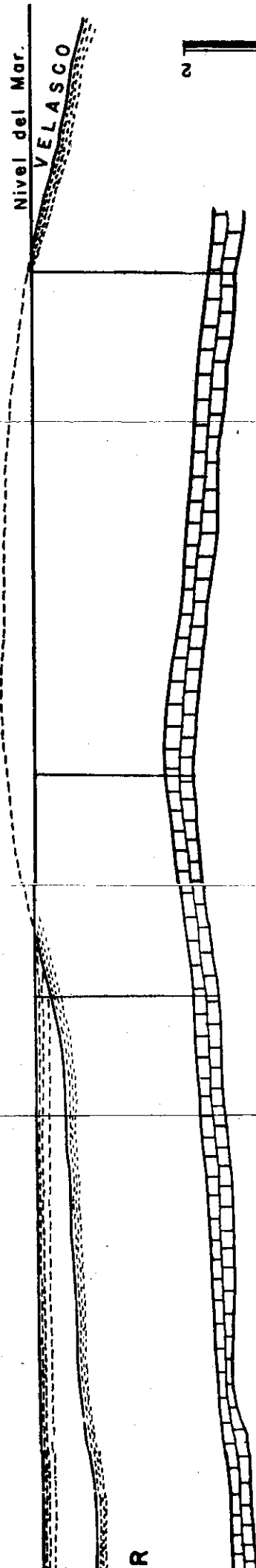
Fig. No. 10

BRA A EBANO

DICHA No. 165
Kt. 637

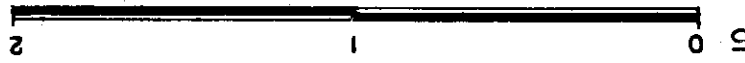
CHIJOL No. 1012
Kt. 519

CORCOVADO No. 101
Kt. 641



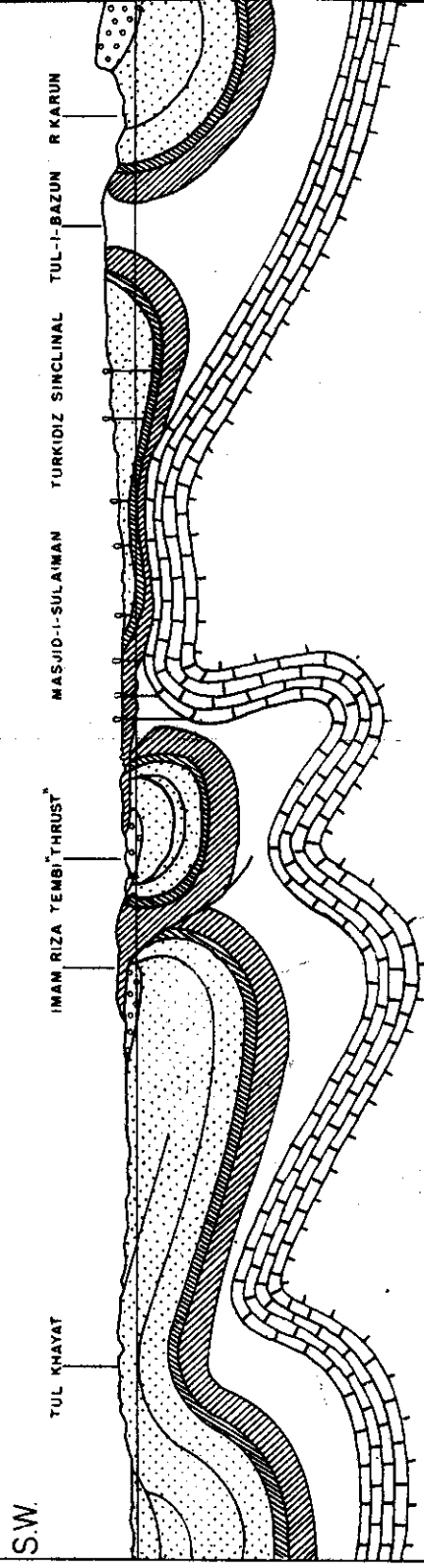
D I O

Kilómetros









Kilómetros

SECCION GEOLOGICA A TRAVES DE LOS



LEYENDA

-  Conglomerados Bakhtiari
-  Fars superior y Bakhtiari inferior
-  Fars Medio
-  Fars Inferior divisiones II y III
-  Fars Inferior division I
-  Asmori y rocas más antiguas

CARRETERA A TRAVES DE LOS CAMPOS DE IRAN

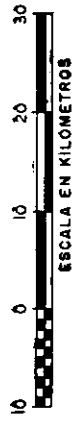
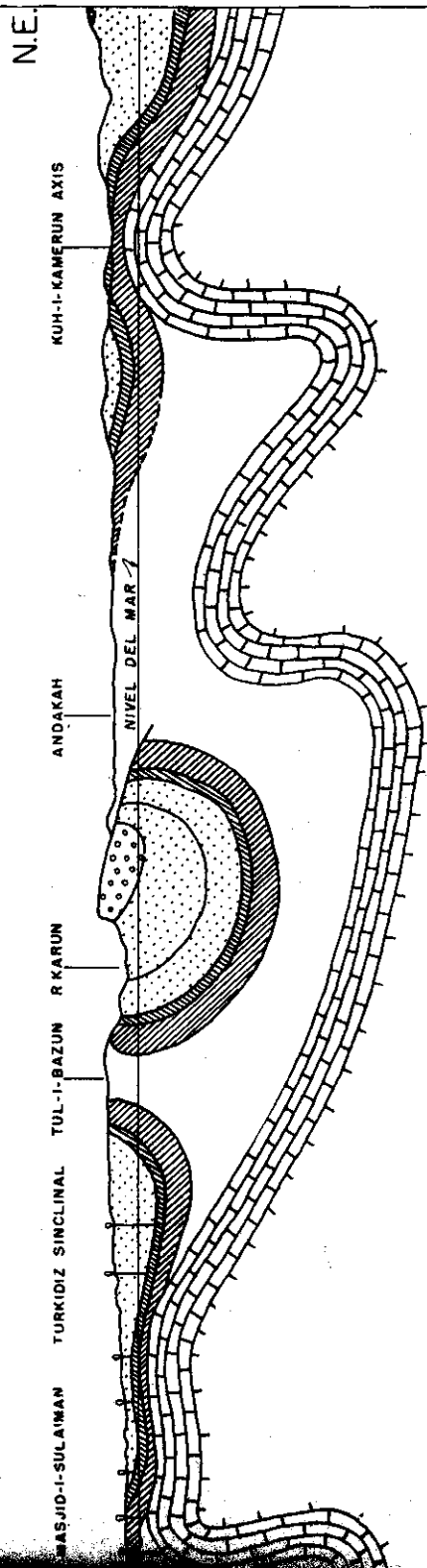


Fig. No. II