

E. CEPEDA DE LA G.

DE.
39

UNAM



31

TESIS-BCCT

1939

467
C080

T-31

INST. DE GEOLOGIA



INSTITUTO DE GEOLOGIA
BIBLIOTECA

1961

31

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

Bosquejo
Geológico
de los
Campos
Petroleros
del
Norte

T
E
S
I
S

que para su examen profes-
sional de Ingeniero Geólogo
presenta - - - - -
EDMUNDO CEPEDA
DE LA GARZA - - -



BIBLIOTECA

México, D. F.
1939

03(300)
e8b

31

CLASIF. CDE 1939 I 1

ADQUIS. I-61

FECHA

PROCESO 2/4/1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS

Bosquejo
Geológico
de los
Campos
Petroleros
del
Norte

T
E
S
I
S

que para su examen profes-
sional de Ingeniero Geólogo
presenta - - - - -
EDMUNDO CEPEDA
DE LA GARZA - - -



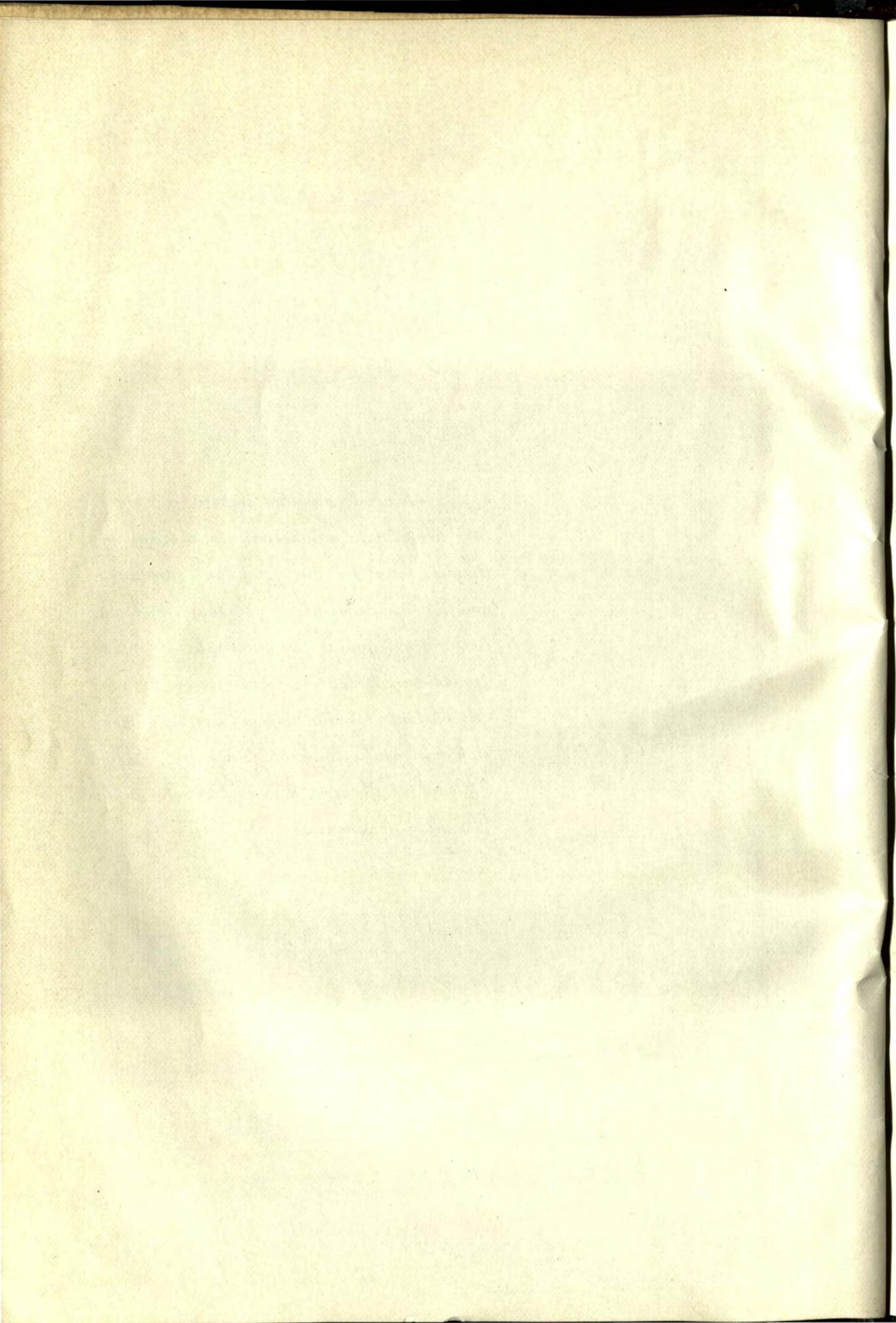
165
México, D. F.
1939

203(300)

Ce 8 b

A mis padres señor Manuel Cepeda Medrano y señora Luz de la Garza de Cepeda Medrano, con mi cariño, y respeto.

Dedico este humilde trabajo, con sincero y profundo agradecimiento, a todos mis dignos maestros que con su enseñanza, amplios conocimientos y sabia dirección, consiguieron que yo terminara la carrera de Ingeniero Geólogo, a través de varios años de constante estudio, haciendo especial mención del culto profesor Ingeniero Don Ricardo Monges López, Director de la Facultad de Ciencias.



INDICE SINTETICO

Capítulo I.—Generalidades. Situación Geográfica, Fisiográfica, Hidrología, etc.

Observaciones tomadas en el lugar, durante las prácticas parciales de los años 1936 y 1937.

Capítulo II.—Geología Superficial, Correlación, Estratigrafía, Características Petrográficas y Paleontológicas de cada Formación.

La descripción petrográfica se debe a observaciones tomadas en el campo durante las prácticas finales del año 1937, llevadas a cabo con la cooperación de la Cía. Mexicana de Petróleo "El Aguila" bajo la atinada dirección del Dr. K. T. Golshmid.

La fauna microfósil alguna fué observada por el autor en las dichas prácticas, y la mayoría es extracto de las siguientes publicaciones.

Adkins, W. S.—"New Rudistids from the Texas and Mexican Cretaceous".

Böse, Emil.—"Fauna de Moluscos del Senoniano de Cárdenas, S. L. P.

"Sobre algunas Faunas Tercianas de México" y otras varias publicaciones del mismo autor y que me facilitaron galantemente en el Instituto Geológico de México.

Burkhardt, C.—"Étude synthétique sur le Mésozoïque mexican" y otras varias del mismo Instituto.

Cushman J. A., y E. A. Trager.—"New Formation in the Tampico Embayment Region".

Los microfósiles fueron extractados de las siguientes publicaciones facilitadas por el Instituto Geológico de México.

Cole W. Storrs.—"A Foraminiferal Fauna from the Guayobal Formation in Mexico".

Cushman J. A.—Varias publicaciones al respecto.

Muir J. M.—"Tampico Embayment Region" y especialmente de Regional Wright Barker, en su publicación del Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Vol 20, No. 4 (abril 1936).

Capítulo III.—Zona Norte, Estructuras, Distritos, Campos.

Capítulo IV.—Franja de Oro.

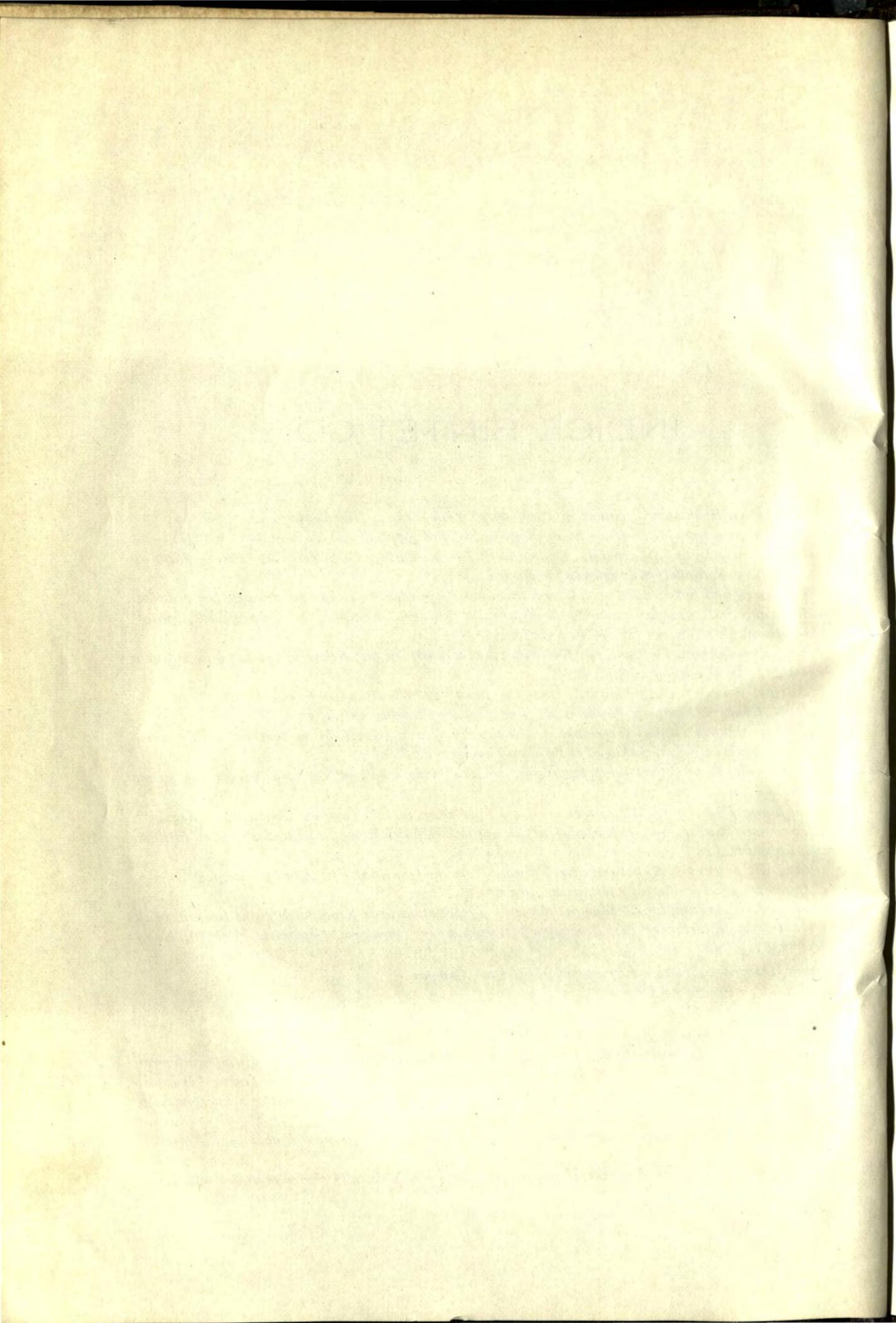
Capítulo V.—Poza Rica.

Capítulo VI.—Características generales del petróleo de los distintos campos.

Los datos para la formación de estos cuatro últimos capítulos fueron tomados de distintos informes Geológicos y Técnicos de "Petróleos Mexicanos" por cortesía del Ing. Jesús de la Garza Cárdenas, actual Gerente de Producción, quien dió toda clase de facilidades para la compilación e interpretación de ellos.

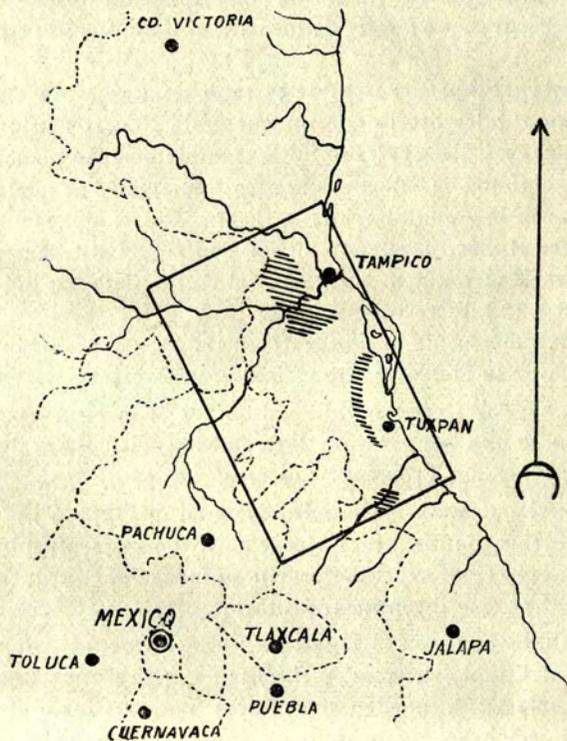
Las dos primeros fueron completados de la publicación "Tampico Embayment Region", by J. M. Muir.

Capítulo VII.—Interpretaciones tomando como base todo lo descrito en los capítulos anteriores.



CAPITULO I

Situación geográfica.—Antes de entrar en detalle, el plano de la fig. No. 1 nos dará una idea clara del lugar geográfico en que se encuentra la zona estudiada, y la cual completaremos con la explicación que después sigue.



Escala 1 : 6 000 000

Plano geográfico de la región. Fig. No. 1

Esta zona está comprendida por un rectángulo que en el plano de la figura aparece limitado con líneas llenas, y cuyos lados orientados en una dirección N. 65° E. tienen una extensión de 160 kms., y los lados en sentido N. 25° O. se extienden durante 240 kms., abarcando terrenos de los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo y San Luis Potosí, comprendidos entre la cima de la Sierra Madre Oriental, y el Golfo de México por un lado, y por el otro, por dos líneas orientadas como queda dicho, en la dirección N. 25° O., que pase la una por un punto situado a 50 kms. al norte de Tampico, y la otra a 5 kms. al sur del casco de la Hda. de Poza Rica, con una área, este rectángulo de 38,400 kms. cuadrados.

Fisiografía.—La topografía de la región es montañosa en lo que se refiere a la Sierra Madre Oriental y sus estribaciones del este, encontrándose la cresta de la Sierra, a alturas comprendidas entre 3000 y 3500 metros sobre el nivel del mar. De esta cresta o cima, hacia el este, las pendientes son abruptas y empinadas, y en el transcurso de 20 kilómetros por término medio en la susodicha dirección, se baja de la altura antes citada hasta una de 100 metros sobre el mismo nivel, entrando aquí en una región más llana llamada La Huasteca.

Esta fuerte pendiente de la Sierra Madre Oriental⁽¹⁾ hacia el este, ha obligado a los procesos de erosión a efectuar un trabajo imponente, generando agudos picachos y altas montañas, al lado de profundos cañones, por cuyos fondos se precipitan tumultuosas y ensordecedoras corrientes, cargadas de peñascos y detritus abrasivos después de cada tormenta tan comunes en tiempo de aguas, o aun después de cada simple lluvia.

Estas corrientes siguen su curso impetuoso, hasta llegar a la falda de la Sierra, y entrar en la Huasteca, donde las pendientes son mucho más suaves, y donde los ríos corren lentamente en comparación con los arroyos de la Sierra, con una dirección este-oeste hacia el Golfo de México, formando en su transcurso una serie de meandros y ampliando continuamente su valle de inundación.

La Huasteca.—Es esta región una faja de terreno comprendida entre la falda de la Sierra Madre y el Golfo de México, faja costera con un ancho de 70 á 100 kilómetros, e inclinada hacia el Golfo con pendiente suave. Este terreno no es completamente plano, sino que está salpicado de abundantes lomeríos, algunos de ellos orientados semejanado pequeñas serranías, y todos de escasa altura comparados con las montañas de la Sierra Madre, alcanzando los más grandes, una altura de 500 metros sobre el mar, perdiendo altura paulatinamente hasta desaparecer, conforme nos separamos de la Sierra Madre y nos acercamos al Golfo, dejando lugar a una planicie costera sin protuberancias, de 20 á 30 kilómetros de ancho.

Para completar la idea acerca de la fisiografía de la región, insertamos la fig. No. 2, y en la cual aparecen una porción de la Sierra Madre Oriental, los lomeríos del este, y la planicie costera.

Clima, precipitación pluvial y vegetación.—El clima de la Huasteca es caluroso en verano y cálido en invierno, siendo de una temperatura ligeramente más baja el de la Sierra Madre, climas estos que pueden catalogarse como Tropical-Senegales.

La precipitación pluvial alcanza un promedio anual de 1200 á 1500 milímetros de altura, siendo la temporada de lluvias, de los meses desde abril, hasta septiembre, y en estos meses del año, los escasos caminos carreteros se transforman en lodazales intransitables, y en los cuales se atascan hasta el eje los carros que intentan transitarlos.

La vegetación es exuberante en la Huasteca, y poco menos tupida en la Sierra Madre, debido al menor espesor del suelo agrícola y rigolita en este último lugar, existiendo sitios en ambas partes, los cuales solamente pueden atravesarse por veredas o abriendo brechas entre la vegetación, con hachas y machetes, avanzando en este último caso lentamente y con mucha dificultad. La vegetación es la propia del clima, pudiendo decirse en pocas palabras que pertenece al tipo de vegetación tropical, encontrándose centenares de especies silvestres, tanto entre las hiedras como en los arbustos y árboles, y entre la gran variedad de formas cultivadas se desta-

Notas.—1. En esta tesis solamente se trata una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental, con este motivo, y para abreviar, de aquí en adelante solamente la llamaremos Sierra Madre, quedando entendido que se trata de la Oriental.

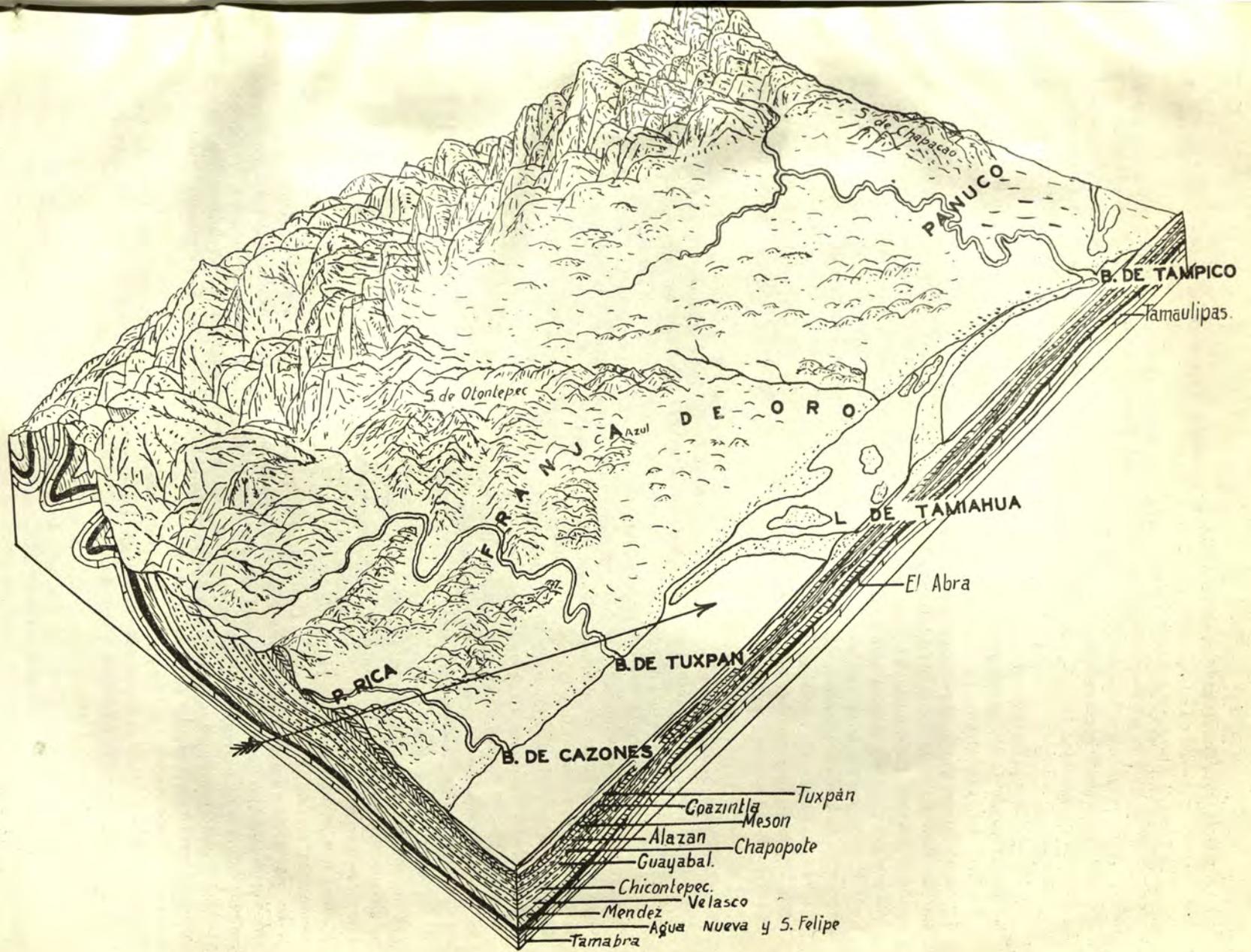


Fig No.. 2

can el maíz, la caña de azúcar, el café, cacao, plátano, papayo, etc., y otras formas menos comunes e imposible de enumerar por su gran variación.

Ciudades y pueblos de importancia.—En la región tratada existen ciudades de primera categoría como el puerto de Tampico, en el Edo. de Tamaulipas, con 80,000 habitantes, y otras poblaciones de menor importancia, como los pueblos de Tantoyuca, Amatlán, Chicontepec, Pánuco, Tantima y otras de menor categoría en el Estado de Veracruz; y en el Estado de San Luis Potosí tenemos los poblados de Ciudad Valles, Tamazunchale, Tancanhuitz, Tanquian, Axtla, etc.

Ríos.—El sistema fluvial corre en una dirección del oeste al este, hasta desembocar por varios ríos en el Golfo de México, en un sentido casi perpendicular al del que tiene la costa.

Este sistema está formado por infinidad de arroyos de todas dimensiones que se precipitan en forma de rápidos con paredes laterales casi verticales, y un fondo de gran pendiente, desde las partes elevadas de la Sierra Madre, hasta su falda, aumentando continuamente el caudal, por la unión de los arroyos formados en las partes altas, con los formados por las lluvias que caen en las partes más bajas de la misma Sierra Madre, de tal manera que algunos de estos arroyos, al entrar en la Huasteca, ya son verdaderos ríos, como sucede con los ríos Huichihuayan, Comoca, Tampacon, etc., formando ya en esta última región un cauce mucho más amplio, y una corriente menos rápida, siendo más notable esta diferencia, mientras más, nos acercamos al Golfo, en cuya vecindad los ríos forman una serie de meandros, lagos aislados, etc., y todos los fenómenos característicos de los ríos en las zonas planas o casi planas.

Los ríos de mayor caudal entre todos los que desembocan en el Golfo de México, en el área comprendida por la zona que estudiamos, son, empezando de norte a sur: el Tamesí, el Pánuco, los cuales se unen unos cuantos kilómetros antes de desembocar al mar, el Tuxpan, y el Cazonos, todos ellos de gran caudal, y navegables por lanchones durante varios kilómetros de la costa al interior. Todos estos ríos están formados por un gran número de afluentes entre los que se encuentran desde pequeños arroyos hasta grandes ríos, así por ejemplo, la continuada unión de arroyos en la Sierra Madre, dan nacimiento, como ya lo dijimos, a los ríos Huichihuayan, Comoca, Axtla, etc., los cuales al unirse entre sí, y más adelante con el Moctezuma y el Calabozo, ya en la Huasteca, y cerca de Tanquian, S. L. P., dan origen al gran caudal del río Pánuco, aconteciendo algo semejante con todos los otros ríos citados.

Estos ríos en tiempo de secas o invierno, llevan poco material detrítico en suspensión, pero en verano, en tiempo de lluvias, su poder de acarreo aumenta considerablemente con el aumento de su caudal, y sus aguas se vuelven turbias.

Vías de Comunicación.—Las principales vías de comunicación que se encuentran en esta región, son un tramo de la carretera México-Laredo que corre en un sentido norte-sur, y une los pueblos entre Valles y Tamazunchale, ciudades estas que se encuentran en los extremos de este tramo de carretera, y el cual sigue la falda de la Sierra Madre. La línea férrea de Tampico a Valles y que se prolonga hasta la Ciudad de San Luis Potosí. La carretera de Pujal a Tampico pasando por Guerrero. Un tramo del F. C. de Monterrey a Tampico y la carretera de Axtla a Xilitla. Estas vías de comunicación están expeditas durante todo el año, pero los caminos carreteros que unen a los pueblos de la Huasteca, son transitables solamente en los meses de seca, lo mismo que los caminos de herradura de la Sierra Madre y que conectan a los distintos poblados y rancharías del lugar, transformándose en lodazales intransitables en la temporada de lluvias. También en los lugares cercanos a la costa, y donde los ríos son más caudalosos, se emplean estos como medios de comunicación para los pueblos que se encuentran en sus riberas. Así pues, la zona petrolífera del norte, tiene abundantes vías de comunicación, no así en la Franja de Oro, y en Poza Rica, donde estos medios de unión son escasos.

Afloramientos.—Los afloramientos de roca en forma de crestas, son abundantes en la Sierra Madre, pudiéndose distinguir con claridad y medir con precisión, el rumbo y echado de los planos de estratificación y de los planos de contacto de una formación estratigráfica con otra de distinta época geológica, planos estos últimos la mayoría de las veces notables y fáciles de percibir a sim-

ple vista. Estos afloramientos pueden encontrarse en las carreteras, caminos de herradura, cañones, arroyos, etc., que atraviesan y cruzan esta parte de la Sierra Madre, y aun en las simples veredas y el mismo monte

En la Huasteca sucede precisamente lo contrario. Conforme nos separamos de la falda de la Sierra Madre, hacia el este, la rigolita residual y el suelo agrícola van siendo cada vez más gruesos en sentido vertical, y van cubriendo cada vez mayores extensiones, haciendo que los afloramientos de roca sean paulatinamente más escasos hasta llegar a extinguirse por estar la roca totalmente cubierta de un manto residual y aluvión, sucediendo esto último a cosa de 30 kilómetros de la costa, hasta la misma costa, siendo necesario en esta faja de terreno hacer uso de métodos indirectos para llegar a conocer la geología y estructuras de la región, tales como someras perforaciones para interpretar las estructuras superficiales, o de los métodos geofísicos para conocer las profundas.

CAPITULO II

Geología Superficial.—En el plano de la fig. No. 3 aparecen con distintintas representaciones, las formaciones que afloran en la región, y en la leyenda de la derecha su edad geológica respectiva.

El contacto entre las formaciones más recientes es difícil determinarlo en el campo, debido a las grandes áreas de terreno que se encuentran cubiertas por rigolita residual o de acarreo, y la cual no aparece en la fig. No. 3.

Estratigrafía.—La columna Geológica de la región abarca desde el Jurásico hasta el Pleistoceno, pero en realidad es bien conocida desde el Cretacico Inferior hasta el Mioceno Inferior. En la tabla de la Fig. No. 4, aparecen las distintas formaciones que llenan los períodos Geológicos, en un sentido generalizado para Europa, Texas, Zona Norte, Franja de Oro y Poza Rica.

Las características Petrográficas, Paleontológicas y Paleomicrográficas que a continuación enumero, son simplemente generalidades que atañen a cada una de las formaciones, las cuales en distintos lugares pueden presentar varios cambios locales tendientes a facies diferentes de la misma formación, como son el aumento en porcentaje de componentes calcáreos en las areniscas y margas, o de arena y detritus gruesos en las calizas, así como la presencia local de concreciones, conglomerados, etc., y la ausencia total de ellos en otros sitios, datos estos de particularidad y detalle que no menciono por existirlos en abundancia en una área tan extensa como son los 38,000 kilómetros cuadrados que describo, y cuyo simple inventario abarcaría numerosas hojas escritas y quedaría incompleto.

Liásico.—El Liásico es descrita por Burckhardt, quien lo encontró aflorando en la barranca de Huayacocotla, Ver., constituido en su base, que corresponde al Sinemuriano Inferior, de lutitas de color gris con cefalópodos de los géneros **Coroniceras** y **Arietites** que lo caracterizan, tambien en el Liásico inferior, pero correspondiendo al Sinemuriano Superior, de lutitas más arcillosas que las anteriores, con color en la base gris, más arriba verdoso, y por último de un color café oscuro abundante en hierro y con fósiles característicos de los géneros, por orden ascendente, de **Oxynoticeras**, **Arietites** y **Echioceras**. Entre el Liásico Medio y el Superior tenemos estratos de lutitas gris oscuro con fósiles algunas veces piritizados de **Microderoceras**, y por último, en la cima del Liásico de lutitas grises y negras alternando con areniscas de color gris y verde, y algunos mantos de cuarzitas, se encuentran restos de plantas terrestres fosilizadas, y las que han sido descritas por el Ing. E. Díaz Lozano.

Jurásico Superior.—Inmediatamente arriba del Liásico Medio viene la forma transgresiva que corresponde al Jurásico Sup. y que consta en su base de un conglomerado seguido de areniscas rojas y lutitas de color también rojizo del Oxfordiano Inf. seguido hacia arriba de calizas grises compactas con **Nerineas** fósiles alternando con lutitas de distinto color oscuro, según sea su porcentaje de materias bituminosas, y termina con calizas compactas de color gris oscuro que corresponden al Portlandiano, cima del Jurásico, y conocido en la Zona Norte por perforaciones que lo alcanzaron en los campos de Altamira, Chocoy y San Manuel. Consta en su base de caliza

gris a negra, y con especies fósiles de los géneros **Perisphinctes** sp. y **Aptychus** sp. Entre el Portlandiano Inferior y el Medio se encuentra una delgada capa de rocas eruptivas con lutitas y areniscas más o menos metamorizadas y en el Medio nuevamente la caliza compacta con fósiles

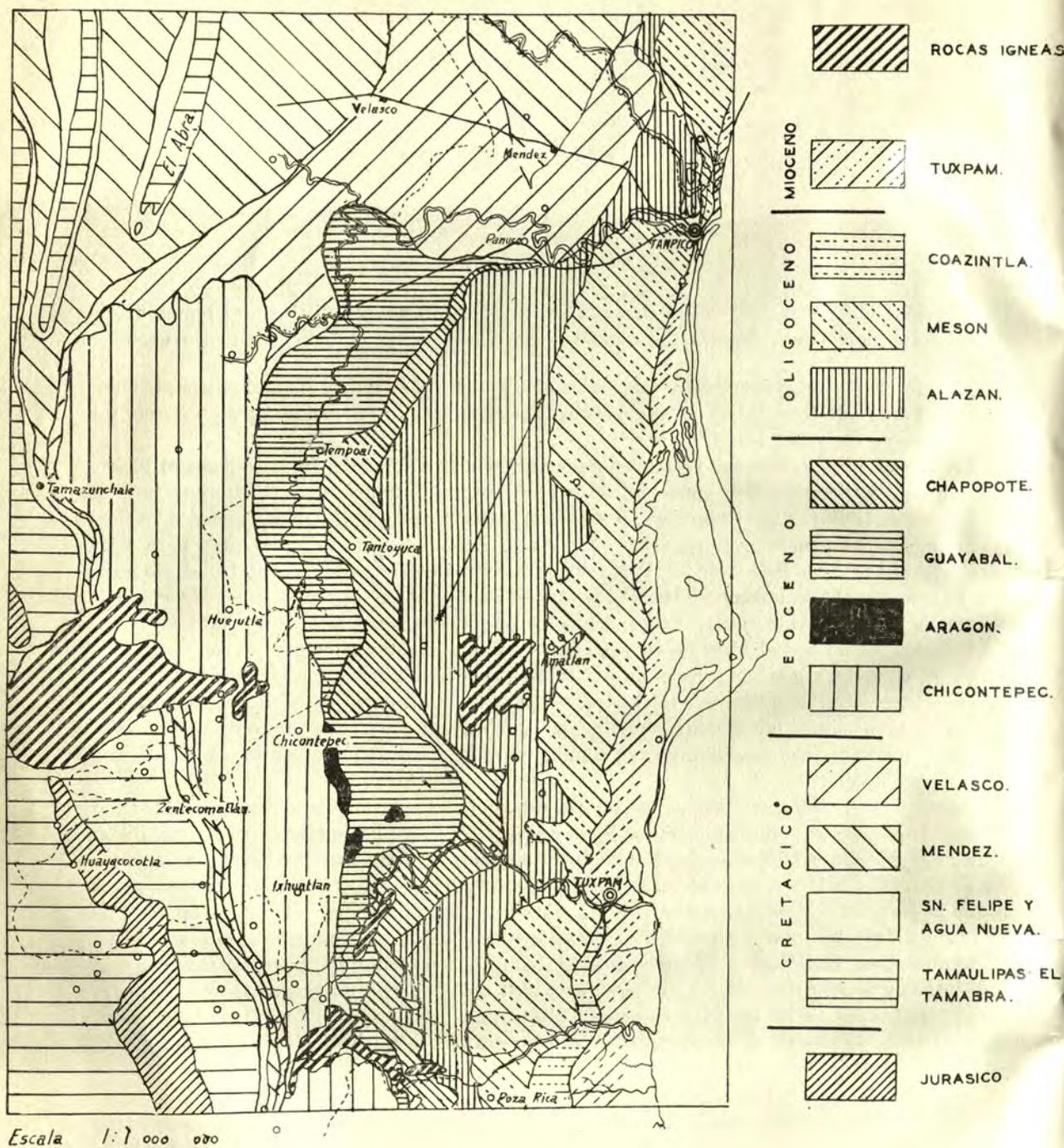


Fig. No. 3. (Geología superficial.)

de los géneros **Haploceras**, **Perisphinctes**, **Inoceramus**, y algunos Briozoarios con numerosas escamas de pescados. El Portlandiano Sup. consta de calizas colíticas de aguas agitadas en la base de color gris, y termina en calizas margosas con partículas de glauconita.

	EUROPA	TEXAS	Z. NORTE	F. DE ORO	P. RICA	
MIO	BURDIGALEANO			TUXPAN		
	AQUITANIANO				COAZINTLA.	
OLIGOC	STAMPIANO	MESON	MESON	MESON	MESON	
	SANNOISIANO	AUSENTE	ALAZAN <i>Huasteca.</i>	ALAZAN <i>Inf.</i>	ALAZAN <i>Palma Real.</i>	
EOCENO	LUDIANO	JACKSON	^{Sup.} CHAPOPOTE <i>Inf.</i>	^{Sup.} CHAPOPOTE <i>Inf.</i>	^{Sup.} CHAPOPOTE <i>Tantoyuca.</i>	
	BARTONIANO	YEGUA	GUAYABAL	GUAYABAL	GUAYABAL <i>Tempoal.</i>	
		CARRIZO INDIO	AUSENTE	ARAGON		
	LUTETIANO	MIDWAY	AUSENTE	CHICONTEPEC	CHICONTEPEC	
CRETACICO SUP.	DANIANO	TORNILLO	VELASCO	VELASCO	VELASCO	
	MAESTRICHTIANO	ESCONDIDO	HUECO	HUECO	HUECO	
		NAVARRO				
	SENONIANO	CAMPANIANO	TAYLOR	MENDEZ	AUSENTE	MENDEZ
		SANTONIANO			MENDEZ INF.	
	CONIACIANO	AUSTIN	S. FELIPE SUP.	S. FELIPE SUP.	S. FELIPE	
TURONIANO	EAGLE FORD	S. FELIPE INF.	S. FELIPE INF.			
CRET. ME.	CENOMANIANO	WOODBINE		HUECO		
	ALBIANO	WASHITA	TAMAULIPAS SUP.	EL ABRA	TAMABRA	
		FREDERICKSBURG				
CRET. INF.	APTIANO	COMANCHE				
	BARREMIANO	TRINITY				
	URGONIANO		TAMAULIPAS		DESCONOCIDO	
	HAUTERIVIANO VALANGINIANO BERRIASIANO	AUSENTE				
JURASICO SUP.	PURBECKIANO		PURBECKIANO			
	PORTLANDIANO		PORTLANDIANO			
	KIMMERIDGIAN	MALONE	KIMMERIDGIAN			

Fig. No. 4, Columna Geológica en general, correlacionada con las formaciones de Texas, E. U. A. y Europa.

Entre las formas fósiles más abundantes tenemos, siguiendo un sentido ascendente; **Nerinea**, **Idoceras**, **Aulacomyela**, **Exegura**, y **Perisphinctes** sp.

Cretacico Inf.—Es esta Formación de un tipo transgresivo que descansa sobre el anterior y

está formada por la división inferior de la Tamaulipas. Está compuesta de calizas compactas de color más claro que la Superior, variando en color desde el casi blanco hasta el gris oscuro sin llegar al negro y dentro de ella no se encuentran ni aun delgadas capas de pedernal calcáreo. La separación de la Formación Tamaulipas Superior en la mayoría de los casos no es notable, y en otros se observa por un horizonte delgado de pedernal calcáreo negro, alternando con delgadas capas de lutitas del mismo color, y al que se le da el nombre de horizonte Otates. En la base de esta Formación y separándola del Jurásico Sup., algunas veces se encuentra una delgada capa de glauconita con otras también delgadas de lutitas negras, e inmediatamente arriba de ellas los estratos de caliza compacta.

Cretácico Medio.—Las Formaciones de este Período, y las de los Períodos superiores, son las más estudiadas en toda la República, debido a la importancia económica que tienen, pues son en las Formaciones del Cretácico Medio donde se encuentra la inmensa mayoría de las acumulaciones petrolíferas, y las superyacentes las que les sirven de cubierta.

El Cretácico Medio puede estudiarse ampliamente a través de toda la Sierra Madre Oriental, donde aflora en forma de pliegues recostados y sumamente complicados por los intensos fenómenos distróficos que le dieron origen. Consta de tres faces principales como puede verse en la tabla estratigráfica de la fig. 4, llamadas Formación Tamaulipas, Formación El Abra y Formación Tamabra, las cuales se encuentran en el Subsuelo de la Zona Norte, de la Franja de Oro y Poza Rica respectivamente.

Formación Tamaulipas.—Consta esta Formación de calizas muy compactas, de un color generalmente gris oscuro, pero que varía desde el muy claro hasta el negro completamente, según la cantidad de residuos orgánicos transformados en hidrocarburos dispersos que contenga. Al golpe del martillo despiden un fuerte olor característico de la caliza bituminosa, y tanto en sus planos de estratificación como en su sistema de grietas se encuentran residuos asfálticos en forma de Gilonita, Grahamita, y en más raras ocasiones de Ozokerita.

La porosidad de la roca puede considerarse prácticamente como nula, pero los estratos, separados por planos de estratificación con un espesor medio de cuarenta a sesenta centímetros, así como los sistemas de juntas, estos últimos íntimamente ligados con el crucero de la roca, aumentan considerablemente la porosidad de la Formación en tipo llamado porosidad inducida. Esta porosidad es aumentada aun por la disolución de la roca como efecto del agua llovediza infiltrante, fenómeno este que se lleva a cabo principalmente en las juntas, las cuales de formas ejecutadas por la deshidratación propia de la roca, y con sus paredes juntas una a la otra, son transformadas en grietas, de paredes separadas varios centímetros. Estas juntas se encuentran en sistemas que como ya dijimos están íntimamente relacionados con el crucero de la roca, en planos casi normales a los de estratificación, formando entre sí ángulos de 70 a 80 grados y que con los planos estratigráficos dejan bloques de forma paralelepípeda, con dimensiones variables en todos sentidos, pero que no pasan de metro y medio. En algunos lugares, debido a fenómenos diastróficos como agrietamiento por tensión, afallamiento, etc., y otras veces por tectónicos como la intrusión de magmas en forma de diques y cuellos, el desquebrajamiento de la roca es más intenso, y la consiguiente circulación de aguas y disolución de roca, es o fué mucho mayor que en los otros lugares de la misma Formación, dando así origen a verdaderos sistemas de grietas con varios centenares de metros de longitud, y aun kilómetros otras veces, por decenas y aún centenares de metros de ancho, y que cuando se encuentran en el subsuelo en una estructura favorable, son magníficos como receptáculos almacenantes de petróleo.

Otra forma de porosidad inducida en esta Formación de compacta caliza, es la de cavernas, aún cuando no es tan común como la anterior. Estas cavernas son formadas únicamente por la disolución de la roca como efecto de la circulación de aguas saturadas con bióxido de carbono, variando en su tamaño desde unos cuantos milímetros de alto y ancho, por centímetros de largo, hasta las que llegan a tener centenares de metros de largo por decenas de alto y ancho y cuya mayor dimensión sigue un sistema de juntas favorable a la disolución.

La Tamaulipas Superior es la Formación por excelencia productora de petróleo en la Zona

Norte, en la cual se han encontrado el mayor número de yacimientos y los más abundantes. Está formada de caliza compacta de estratos ligeramente más delgados que la Tamaulipas Inf., de color gris hasta negro, con sistemas de grietas y cavernas en las cuales se acumula el aceite, y de cuya formación hablamos con anterioridad. Su espesor en esta Zona abarca de 200 a 300 metros, y a través de todos ellos pueden encontrarse acumulaciones, encontrándose en raras ocasiones otros bajo el horizonte Otates. Ambas partes de la Formación Tamaulipas, son calizas formadas por los detritus y residuos de esqueletos y conchas calcáreas, que pertenecieron a organismos que en gran abundancia cubrieron el fondo marino de esta Etapa Geológica, aún cuando sea sumamente rara la preservación de fósiles completos, encontrándose en este último caso algunas especies de **Amonitas, Inoceramus, Crinoides y Equinodermos.**

A la misma edad geológica de la Tamaulipas Superior corresponden las facies de El Abra y Tamabra, en la Franja de Oro y Poza Rica respectivamente.

El Abra.—Se distingue esta Formación de la Tamaulipas Snp., en los afloramientos por su apariencia brechiforme y mal estratificada, que corresponde a un maciso coralino rico en fósiles macroscópicos y microscópicos.

El Abra constituye por completo la estructura anticlinal y sepultada de la Franja de Oro, y en la cual se han encontrado las mayores acumulaciones petrolíferas de México, y aún del mundo. Debe su porosidad principalmente a dos factores: 1º A la porosidad propia de los arrecifes coralinos y 2º. A su textura brechiforme. Así pues, la porosidad en esta Formación no es de la del tipo de la Tamaulipas, aún cuando en ocasiones se encuentran localidades en que las conchas de los moluscos han sido disueltas, conservándose dentro de la masa rocosa, el hueco en el lugar que ocuparon. La porosidad en este anticlinal varía del 5 al 12%, aún cuando en algunos lugares es aumentada por afallamientos en echelon.

Entre la microfauna se encuentran especies de la sub-familia **Miliolina**, y entre los macrofósiles de los pelecípodos sub géneros **Toucasia, Caprinula y Pecten**, así como distintas especies de Hidrozoarios y Antozoarios que constituyen propiamente el arrecife coralino caracterizador de esta fase junto con restos de algas **Litotamnion** y **Halimeda.**

Tamabra.—La Formación Tamabra es la menos conocida de los horizontes petrolíferos debido a que no se han encontrado afloramientos de ella en la Sierra Madre, y a su más reciente descubrimiento por las perforaciones de Poza Rica, en cuyo subsuelo se encuentra. La porosidad de la Formación es debida a agrietamiento efectuado por disolución, y principalmente a la dolomitización de las capas superiores, y las cuales contienen de un 8 a 10% de MgO, disminuyendo este porcentaje junto con la porosidad, hacia el Suroeste de la estructura sepultada.

La cima de la Tamabra es poco porosa, aumentando esta característica paulatinamente conforme se profundiza, alcanzando su máximo en un término medio de 150 metros abajo del contacto con la Formación inmediata superior, profundidad ésta en que se encuentran las mayores acumulaciones. A partir de esta profundidad, rápidamente pierde su porosidad hasta transformarse en una caliza compacta, cristalina y dura, de color gris mucho más claro que la parte superior que llega casi al negro. El pozo No. 10 de Poza Rica, alcanzó esta caliza a la profundidad de 2350 metros, y aún cuando dista mucho de ser la base de la Formación, si se considera esta profundidad como la base del manto aceítífero y principio del manto de agua salada.

Agua Nueva.—La base del Cretácico Sup. en México, está constituida por la Formación, Agua Nueva, que corresponde en edad al Eagle Ford de Texas y al Turoniano Europeo. Está compuesta de calizas de color gris a negro, predominando este último color por su riqueza en residuos bituminosos, de potencia estratigráfica mucho menor que la Tamaulipas, variando el espesor de los estratos entre 10 y 15 centímetros y alternando con delgadas láminas de pedernal calcáreo con espesor de 2 a 5 centímetros, características para determinar esta formación en los afloramientos y perforaciones de la Zona Norte donde es ampliamente conocida, no existiendo en la Franja de Oro por ser estructura emergida en esta etapa geológica, y falta por determinarse en Poza Rica, en donde probablemente se presenta en una delgada capa actualmente considerada como Tamabra Superior.

Entre los fósiles más abundantes se encuentran el **Inoceramus labiatus** y el **I. hercynicus**.

El contacto con las Formaciones superior e inferior no presenta ninguna discordancia en la Sierra Madre, pero en las perforaciones de Pánuco se observa que no siempre se encuentra esta condición. Cuando esta Formación es competente con la inferior de Tamaulipas en los campos petrolíferos del Norte, el agrietamiento se prolonga en ella, y de este modo se transforma en horizonte favorable para acumulaciones, habiéndose encontrado numerosos yacimientos en este caso, desde la cima hasta la base, un término medio de 20 metros. Al este de la Franja de Oro, en el pozo Penn-Mex No. 2 de Molino, se ha extraído petróleo con densidad de 12 grados A. P. I. de esta formación.

San Felipe.—Corresponde en edad geológica al Conaciano y Santoniano. Sus características petrográficas son las siguientes: se trata de lutitas y margas sumamente calcáreas de color gris azulado en la base, y azul claro en la cima, alternando en la Sn. Felipe Inf. con delgadas capas de bentonita y en raras ocasiones de pedernal calcáreo. La bentonita está formada por ceniza volcánica alterada, sumamente húmeda y de un color desde blanco hasta verde pálido, pasando por todos los matices intermedios. Estas capas de bentonita son características de la formación y sirven para separarla de la Agua Nueva, juntamente con las abundantes escamas fosilizadas de peces que se encuentran en los primeros estratos inferiores de su base.

En algunos lugares, y especialmente en la parte inferior de la Formación, el porcentaje de carbonatos de calcio es preponderante, y la roca propiamente cae en la clasificación de caliza arcillosa, siendo en estos casos sumamente notable la estratificación. Conforme nos acercamos a la Méndez, Formación inmediata superior, el color va siendo más azulado y las proporciones de arcilla en aumento, sucediendo que en las cercanías del contacto, los planos de estratificación son difíciles de distinguir, y la forma de erosionarse en los afloramientos es idéntica a la de la Méndez, aún cuando las aristas de las partículas son más agudas.

Entre los fósiles más característicos tenemos en el Sn. Felipe Inf., a varias especies **Nautilus**, así como al **Mortoniceras roemeri** y **M. texanum**, y en la Sup. al **Inoceramus undulatopectatus**, y varias especies de **Peroniceras**, **Escafites** y **Nautilus**, y en la cima de **Barroisiceras**.

Méndez.—Lutitas del grupo pelítico, o sea rocas arcillosas cuyas dimensiones del grano no son perceptibles a la simple vista, por ser menores al centésimo de milímetro. La formación está compuesta exclusivamente por lutitas de esta clase, de color principalmente café o gris oscuro, es de gran potencia y en los afloramientos no se distingue ni ligeramente su estratificación. Tiene una manera típica de erosionarse desquebrajándose en partículas ovoides con dimensiones que varían entre dos y cinco centímetros.

Los macrofósiles son sumamente escasos y raros de encontrar, y en cuanto a la microfauna su pobreza es característica en los afloramientos, o sea en la falda de la Sierra Madre, no sucediendo lo mismo en las muestras recogidas de las perforaciones, en las cuales ha llegado ocasión en que un 25% y aun ligeramente mayor porcentaje de la roca está constituida por los caparachones de Foraminíferas, siendo estos de una gran variedad de especies, y entre las cuales se toman como guías o índices las siguientes:

- Globotruncana arca** (Cushman)
- Cibicides excolata** (Cushman)
- Bolivina incrossata** Reuss,
- Planoglobulina acervulinoides** (Egger)
- Pseudotextularia variens** Rzehak.
- Gumbelina excolata** Cushman.

La mayoría de ellas son especies pelágicas, y de aquí que su conservación no sea tan completa como las especies del Velasco, pero aun desquebrajadas son fáciles de reconocer. Estas especies presentan gran semejanza con la microfauna del Cretácico Superior de Europa.

Velasco.—Formación con características petrográficas idénticas a la Méndez, pero de un color

completamente rojo o café rojizo y con lenticillas de pequeñas dimensiones en todos sentidos, constituidas de un material arenoso ligeramente cementado con materia calcárea, espaciadas a grandes tramos. Las condiciones que originaron estas formas se generalizaron posteriormente en el Eoceno dando lugar a la Formación Chicontepec.

La microfauna demuestra depósito de sedimentos en agua profunda, es mucho más escasa que la Méndez, e indica un brinco o hueco entre estas dos Formaciones, siendo por esto motivo de controversia la situación geológica del Velasco, de la que muchas personas creen que se trate de la base del Paleoceno, y cuya cima es la Chicontepec; pero como esto último está lejos de comprobarse aún, aquí la consideraremos como la Formación superior del Cretácico Sup. haciendo notar que con muchas probabilidades se trata de una Formación de transición.

La microfauna característica es la siguiente:

- Flabellina delicatissima** Plummer.
- Fronicularia elongata** White.
- Bolivina decorata** Jones. var **delicatula** Cushman.
- Bolivinoides velascoensis** (Cushman)
- Anomalina velascoensis** Cushman.
- Globorotalida velascoensis** Cushman (muy abundante)

Chicontepec.—La base del Eoceno en México está representada por la Formación Chicontepec. Se caracteriza desde el punto de vista petrográfico, por una serie de estratos de arenisca de grano calcáreo no muy grueso, cementado con material arcilloso calcáreo, con un espesor estos estratos de 10 á 20 centímetros, alternando en toda la Formación con estratos del mismo espesor de lutitas de un color amarillo, e idénticas en la manera de alterarse a la intemperie, a las de Méndez y Velasco. Las areniscas son del mismo color, pero de un tono más subido.

Estas características, junto con conglomerados locales en la base, indican depósitos sedimentarios de aguas someras y una transgresión.

La Chicontepec en fósiles es pobre, y su edad como lo hicimos notar en la descripción de la Velasco, es motivo de discusión, pero Vaughan ha encontrado y descrito tres especies y una variedad de **Discocyclina** de esta Formación, por cuyo motivo nosotros la consideraremos como de edad Eocénica.

La determinación paleontológica de esta Formación se hace por el método negativo, o sea observando que en la fauna no existen las formas características al Velasco o Aragón, pues foraminíferas más comunes como la **Cornuspira** spp., **Bulimina elegans** d'Ornigny y la **Globorotalia velascoensis** Cushman, existen también en las Formaciones superior e inferior.

Esta formación no se encuentra aflorando en la parte norte de la región ni en sus perforaciones, y entre los macrofósiles se encuentran algunos Briozoarios y **Pectens** de distintas especies. En la face Tanlajas se encuentra la **Ostrea thirpoe** y la **Turritella** aff. **humerosa**.

Aragón.—Formación de aguas profundas y transición entre la Chicontepec y Guayabal, que la limitan la una por abajo y la otra por arriba. No se ha encontrado en las perforaciones de la Zona Norte, ni se ha determinado en las de Poza Rica. Margas de color amarillento o francamente amarillo, atravesadas por un sistema de delgadas vetillas de calcita en forma reticular.

El origen profundo de la sedimentación lo comprueban litológicamente el grano fino y uniforme de la marga, y paleontológicamente la abundancia de **Globigerinas** y **Globorotalias**.

Son especies microfónicas determinantes de la Formación:

- Globorotalia aragonensis** Nuttall.
- Hastigerinella eocenica** Nuttall. var. **aragonensis** Nuttall.
- Anomalina dorri** Cole. var. **aragonensis** Nuttall.
- Hastigerinella mexicana** Cushman, var. **aragonensis** Nuttall.

La microfauna es muy rica en individuos aunque las especies no sean tan numerosas como

las de la Alazán, siendo un detalle típico el que las formas de especies pequeñas estén ocultas por el enorme número de **Globigerina**.

Guayabal.—Esta Formación primeramente llamada Tempoal consta de margas de un color más subido que las de la anterior, llegando por generalidad a tener un color chocolate oscuro. Tienen abundantes concreciones de caliza, cuyo núcleo probablemente esté formado por estos de organismos.

Entre los fósiles presentes tenemos pequeños pelecípodos como **Ostrea selloeformis** y **Venericardia planicosta**. Entre los microfósiles son característicos los siguientes:

Nodosaria mexicana Cushman.

Eponides guayabaiensis Cole.

Cristellaria mexicana (Cushman)

Ceratubulimina eximia (Rzehak)

Discocyclina perpusilla Vaughan., y varias especies de **Globorotalia**.

Chapopote.—Para mayor comprensión de la Formación Chapopote, es conveniente separarla en dos, basándose en la microfauna principalmente; la Superior y la Inferior.

Chapopote Inf.—Lo homogéneo de la fauna y caracteres litológicos indican el depósito de los sedimentos de esta Formación, como de aguas profundas y tranquilas, cambiando lenta y paulatinamente en un sentido horizontal hacia el oeste y noroeste, hasta transformarse en depósitos costeros, y a los que en un principio se les llamó Formación Tantoyuca, estando esto comprobado en la actualidad por métodos de correlación.

Consta la Formación Inferior de margas y arcillas de color gris, las que se transforman lentamente conforme nos acercamos a la face somera de la que ya hablamos, y la cual está compuesta en su base de caliza impura, conglomerados y graba con arena o arenisca. En la parte media y superior, alternan detritus de grano grueso con lutitas azules que se erosionan en un color amarillento.

Las especies de Foraminíferos que sirven para separar la Chapopote Inf. de la Sup., son: **Hantkenina** spp. (Incluyendo la **Hantkenina alabamensis** Cushman) y **Pulvinulina cerroazulensis** Cole, las cuales no existen en la superior.

Es también característica de esta Formación, la abundante fauna que queda al lavado de la arcilla, compuesta por:

Globigerina inflata d'Orbigny

Globigerina mexicana Cushman.

Globigerina bulloides d'Orbigny.

Cristellaria texanensis Cole y Applin.

Operculina willcoxi (Heilprin).

Operculina cf. **mariannensis** Vaughan, y varias especies de **Lepidocyclina**

Chapopote Sup.—Esta Formación también fué confundida en un principio con la inmediata superior de Alazán. Consta de depósitos ligeramente más someros que la Inf., constituidos por margas grises, que aumenta su porcentaje de arena en algunos lugares, hasta transformarse en margas arenosas. En otras partes alternan estas formas de marga, con areniscas de grano fino y cemento arcilloso, de un color ligeramente más oscuro que las primeras.

Las especies de microfósiles características para separarlas de la Alazán inferior, son las siguientes:

Anomalina dorri Cole, y

Rotaliatind mexicana, Cushman, con algunas otras formas menos importantes, y las especies que más abundan son las siguientes:

Operculina floridensis (Heilprin)

Operculina willcoxi (Heilprin)

Lepidocyclina proteiformis Vaughan.

Alazán.—La parte inferior de esta Formación está constituida por lutitas grises de grano fino y lutitas arenosas del mismo color, intercaladas con mantos o láminas de areniscas ligeramente más oscuras. Corresponde en edad al Oligoceno inferior, y es llamada también Huasteca, y en la región de Poza Rica es la face Palma Real. Las condiciones litológicas indican depósitos de moderada profundidad, y la microfauna un clima cálido.

Entre los macrofósiles se encuentran algunas especies de los gastrópodos como son: **Drillia tantula** (Conrad), **Drillia** cf. **caseyi** Aldrich, **Latinus protractus** (Conrad) **Latinus perexiles** (Conrad), **Turritelas**, y también de los Pelecípodos algunos **Pectens**.

Los microfósiles más importantes y los que sirven para separar al Alazán superior de la inferior por encontrarse en este únicamente, son:

- Anomalina grossenigosa** (Gumbel)
- Cibicides cushmani** (Nuttall)
- Cibicides mexicana** Nuttall)
- Cibicides perlucida** (Nuttall)
- Cibicides tuxpanensis** Cole.
- Valvulina spinosa** Cushman.
- Vaginulina elegans** d'Orbigny var mexicana Nuttall.

La parte superior de la Alazán muestra las mismas características petrográficas que la inferior, pero el grano de la roca es más fino, indicando depósitos más profundos con una abundancia de especies de **Uvigerinas**, como son la **Uvigerina alazanensis** Nuttall, **Uvigerina pigmea** d'Orbigny y otras formas que se encuentran en tal abundancia que tapan a las especies pequeñas de **Rectobolivina mexicana** (Cushman), **Bolivina tongi** Cusham, **Clavulina alazanensis** Nuttall, **Bolivina mexicana** Cushman y **Planulina mexicana** Cushman.

En la Alazán superior las especies fósiles se encuentran muy bien preservadas aún cuando se traten de formas frágiles.

Mesón.—Formación depositada en aguas someras, consta de horizontes fosilíferos en su base característicos, y de arcillas arenosas de color gris y amarillo intercaladas con algunas areniscas y calizas arenosas fosilíferas, aumentando su proporción de arena en conjunto hacia el Sur, y disminuyendo al mismo tiempo su fauna. En localidades la microfauna es más abundante que en la generalidad debido al desarrollo de faces coralinas.

Se distingue fácilmente por sus características petrográficas de la Formación superyacente llamada Tuxpan, con la que descansa aparentemente sin discordancias en algunos lugares, pero no así del Alazán, Formación inmediata inferior, siendo en algunos casos necesario recurrir a la microfauna para determinar Formaciones, en cuyo caso es fácil la distinción, por no poseer la Mesón la fauna típica de la Alazán.

Entre las formas fósiles más abundantes especialmente en la parte norte, tenemos varias especies de **Lepidocyclina**, **Heterestegina** y **Textularia**, siendo las formas típicas la **Marginulina mexicana** Cushman y varias especies de **Discorbis** y **Cibicides**.

Entre los megafósiles se encuentra el Braquiopodo **Argyrotheca wegemanni**, varios Equinodermos como el **Clypeaster sanrafaelensis** Israelsky, **Paraster tampicoensis** Israelsky, **Scutella cazonensis** Kew, y otros varios.

La edad de la Mesón corresponde al Oligoceno medio, y aún cuando descansando sobre ella casi siempre se encuentra la Tuxpan del Mioceno inferior, al norte y oeste de Papantla se han encontrado afloramientos de gran semejanza petrográfica con la Alazán y que pueden pertenecer a una Formación intermedia entre ésta y la Tuxpan, y cuya edad geológica corresponderá al Oligoceno superior.

A estos afloramientos no completamente determinados se les ha puesto el nombre de Formación Coazintla, y en ella se han encontrado las especies; **Miogypsina** cf. **panamensis** Cushman, y la cuál solamente se ha encontrado hasta la fecha en el Oligoceno superior. Además se han encontrado la **Amphisonis** aff. **americanus** (Cushman), **Sorites martini** Douville, **Heterostegina**

antillea Cushman, y siendo probable que los lugares donde se encuentra el fósil equinoide **Scutella cazonensis** Kew, pertenezcan a la Formación Coazintla.

Tuxpán.—La Formación Tuxpán está compuesta de depósitos sedimentarios de aguas someras y corresponde a una transgresión marina. Consta de horizontes y estratos formados por detritus gruesos, desde conglomerados, estratos conchíferos semicementados con material calcáreo, grabas y margas arenosas intercaladas con areniscas pobremente cementadas.

Los macrofósiles que se encuentran en ellas son varias especies de Equinoides de los géneros **Clypeaster**, **Cidaris** y **Macropneustes**, así como especies de **Turritelia**, **Ostrea** y **Pecten**.

La microfauna es pobre y contaminada comunmente con especies derivadas considerándose como formas índices a la **Cristeliariá vaughani** Cushman, y la **Rotalia beccarii** (Linné) var.

Rocas Ígneas.—La región está salpicada por gran número de intrusiones magmáticas solidificadas en formas de cuellos, tapones y diques, principalmente, que algunas veces tienen apofisis en sentido horizontal siguiendo un plano estratigráfico

Estas intrusiones no afectan prácticamente las estructuras de la roca sedimentaria, salvo en contadas ocasiones, pero sí las alteran por metamorfismo de contacto y relacionadas con ellas se encuentran muchos afloramientos de chapopote o chapopoterías, que provienen de alguna acumulación y llegan a la superficie siguiendo el plano de contacto de las rocas ígneas con las sedimentarias, o a través de un camino sinuoso en la aureola metamorfizada, cuando este fenómeno afecta a la roca clástica, desquebrajándola y aumentando su porosidad. No siempre las chapopoterías están relacionadas con intrusiones ígneas, sino las hay en gran número que afloran siguiendo un afallamiento o sistema de fallas, en cuyo caso siguen una orientación definida.

Hay otro tipo de intrusiones de las mismas formas que las anteriores, pero no llegan a aflorar, siendo conocidas únicamente por las perforaciones.

La mayoría de estas intrusiones ígneas están compuestas de basalto, habiéndolas también de dioririta y unas cuantas de sienita. La situación geográfica de las mayores, así como la de las eyecciones de lava, compuestas de basaltos y que ocurren en la esquina suroeste, se encuentran en el plano de la Fig No. 3.

CAPITULO III

Estructuras conocidas de la Formación Tamaulipas y de sus facies El Abra y Tamabra. Para la mejor comprensión de los yacimientos petrolíferos que se encuentran en la faja costera que estamos estudiando, los dividiremos en tres grandes grupos; los de la Zona Norte, que abarca los campos de Pánuco, Ebano, Cacalilao, etc., y los de la Franja de Oro, con los campos de Zacamixtle, Alazán, Cerro Azul, etc., y los de Poza Rica.

Los yacimientos de estos lugares, se encuentran en su gran mayoría dentro de la Formación del Cretácico Medio, que corresponde a las facies Tamaulipas, El Abra y Tamabra, y las estructuras de esta Formación aparecen en el estereograma de la fig. No. 5, en el cual encontramos la parte superior, el afloramiento de ella en forma de pliegues complejos de todos tamaños y formas, algunos con intenso afallamiento de empuje, formando así el maciso de la Sierra Madre Oriental y sus estribaciones, serranías de forma accidentada debido a la erosión, y en las cuales puede verse fácilmente la línea de contacto con las Formaciones sobreyacentes, por el notable cambio en la topografía. En esta fig. N° 5, suponemos que las Formaciones más jóvenes que el Cretácico Medio, han sido quitadas, sin cuyo artificio la figura quedaría idéntica a la No. 2.

En la esquina superior derecha tenemos los plegamientos que corresponden a las estructuras almacenadoras de la Zona Norte. Estos plegamientos han sido abultados por tomarse la escala vertical a un medio de la horizontal, con el fin de que en la perspectiva aparezcan notables sin llegar a ser deformes. En el centro de la figura tenemos al anticlinal erosionado de la Franja de Oro, y más a la izquierda el domo de Poza Rica.

Sierra Madre Oriental.—Está constituida en gran parte como ya lo dijimos, por la Formación Tamaulipas, que aflora entre los 80 y 100 kilómetros al oeste de la costa. Su estructura es sumamente plegada y compleja, encontrándose en su seno pliegues recostados, isoclinales, fallas de empuje, estratos competentes e incompetentes, etc., fenómenos que complican más la estructura apareciendo esto en la fig. No. 5 solamente a muy grandes rasgos por impedir la escala mayor detalle. Esto obliga a los estratos a aflorar en echados fuertes, generalmente de 45 a 60 grados, pero los hay también hasta de 80 y aún verticales.

En esta Sierra es fácil levantar planos de este horizonte, debido a la facilidad para medir las características de los planos de estratificación, siendo además materia sencilla el determinar los planos de contacto de una Formación con la otra, aun cuando es muy común encontrar Formaciones viejas que descansan sobre Formaciones más jóvenes, fenómeno que se debe a la intensidad del plegamiento que generó la serranía siendo muy común encontrar la San Felipe y Agua Nueva debajo de la Tamaulipas

En la Sierra Madre puede estudiarse con detalle, los fenómenos de solución de la caliza por las aguas llovedizas generando grietas y cavernas de las cuales hablamos en el capítulo anterior en lo relativo a la Formación Tamaulipas. Estas características, al continuarse hacia el este, en

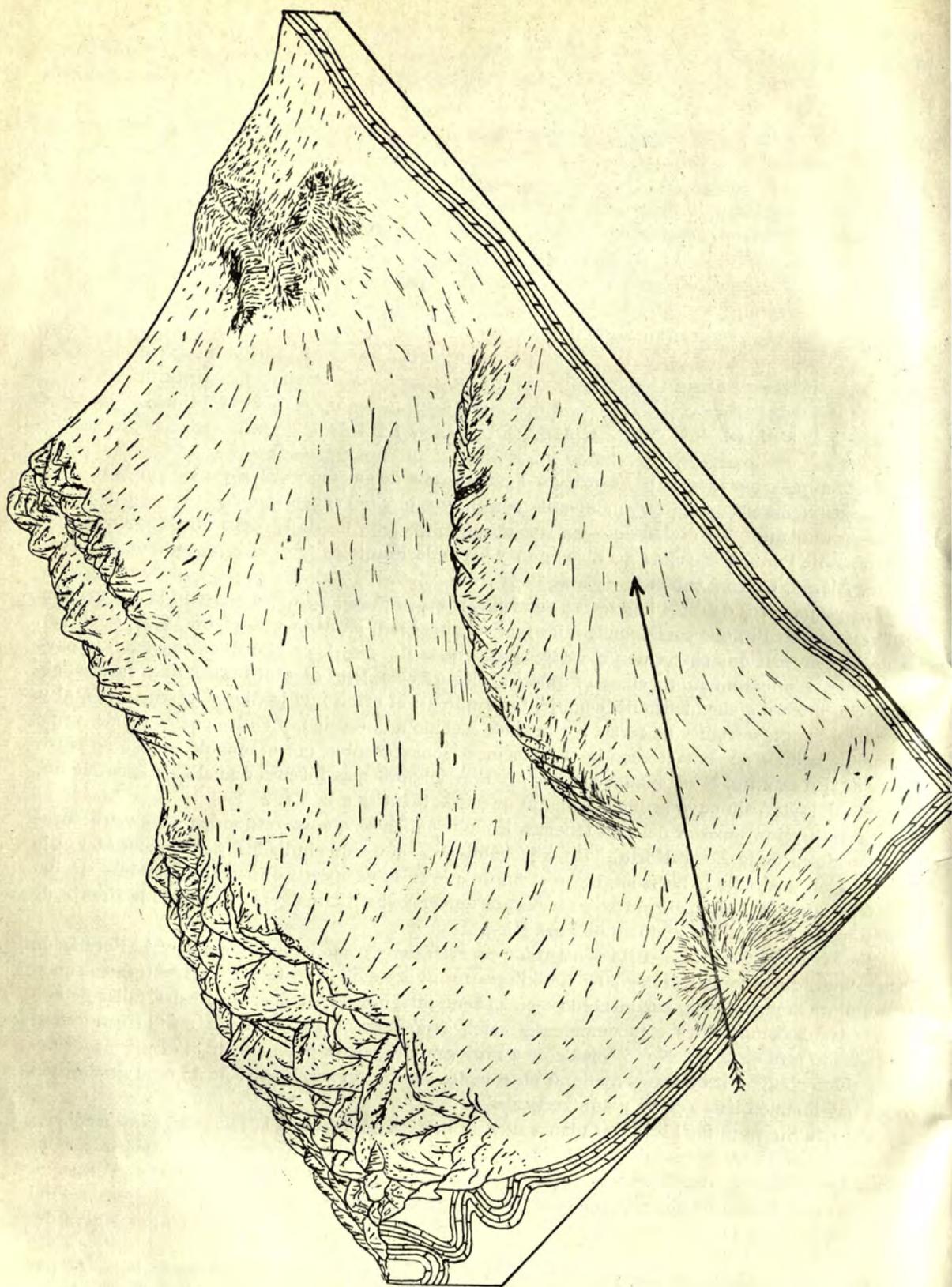


Fig. No. 5

donde se encuentran cubiertas por arcillas y rocas impermeables prácticamente, son magníficos receptáculos para la acumulación y almacenamiento del petróleo, al interponerse en el camino por el que este emigra, con ayuda de la estructura local. Estas soluciones siguen una ley irregular, pero puede decirse que forman dentro de la Formación Tamaulipas una red de grietas y cavernas de forma reticular, gobernada por la orientación de las juntas, generadas a su vez por el crucero de la misma roca, y las cuales son el principio de las formas de solución y el cual puede determinarse en la superficie, dejando caer un bloque de caliza desde cierta altura, tenderá a romperse en una forma paralelepípeda, siguiendo el crucero de la roca, detalle este muy importante en la búsqueda de nuevos criaderos petrolíferos.

Estructuras de la Zona Norte.—Los yacimientos de petróleo en esta Zona se encuentran en los sistemas de grietas y cavernas ya descritos, cuando existen en estructuras favorables para la acumulación. Desde un punto de vista general, podemos decir que se trata de plegamientos débiles originados por movimientos diastróficos, y con echados suaves, de este a oeste. Consta de estructuras anticlinales con estribaciones en forma de nariz. La cresta de estos anticlinales no siguen una línea recta con orientación definida, sino que en casos cambian de dirección formando un ángulo, y en otras ocasiones tienen una forma de domo central del que salen ramificaciones radiales en todos sentidos, y de largas proporciones. El plano de la fig. No. 6 trata de la cima de la Tamaulipas representada en curvas de nivel, tomando como plano de referencia el nivel del mar, el cual sirve para darse una idea de las estructuras en conjunto, y también nos servirá en el estudio de detalle que a continuación aparece, principiando por los campos siguientes:

1. Tulillo.—Este campo aparece en la fig. N^o 6 con el número 1, y se encuentra situado propiamente en un sineclinal formado por el anticlinal A, cuya cresta aparece puntiada, y por otra estructura anticlinal a la izquierda y zona favorable para exploración por no encontrarse aun determinada. Se encuentra situado a 12 kilómetros al norte de la estación Ebano. Su petróleo se extrae de la Formación Tamaulipas en la cual se encuentra acumulado dentro de una zona de agrietamiento que tiene una dirección N. 42° E. durante 4 kilómetros, como puede verse en la fig. No. 6, y donde se verá también que hace un ángulo con la cresta del anticlinal A, de 45 grados.

2. Chijol Norte.—Observando la fig. No. 6, vemos que unas de las principales estructuras de la Formación Tamaulipas en esta zona, es un gran anticlinal cuyo eje clava hacia el sur, y aparece puntiado en dicha figura y marcado con la letra A. Este gran anticlinal tiene alrededor de 60 kilómetros de longitud, partiendo del extremo occidental de la Hda. de Chocoy, sigue una dirección casi Norte-Sur durante 35 kilómetros, al cabo de los cuales, su cresta dobla bruscamente, casi en forma de ángulo, precisamente a 6 kilómetros al noreste de la estación de Ebano, sita sobre el F. C. de San Luis Potosí a Tampico, para seguir de aquí una dirección Suroeste.

La cresta de este anticlinal visto tanto en planta como de perfil, dista mucho de ser una línea recta, pero puede observarse que clava hacia el sur con una pendiente aproximada entre el 1 y 2 por ciento, característica esta general para las otras estructuras de la zona, por ser todas la continuación de las estructuras de la Sierra Tamaulipas, y la cual aflora 50 kilómetros al Norte. La cresta de anticlinal sepultado que estamos estudiando, está salpicada por estructuras locales de forma cómica, pudiéndose contar cinco de estos domos alargados en el sentido de la cresta, y separadas entre sí por sillars.

A continuación estudiaremos los campos petrolíferos relacionados con esta estructura, los cuales no siempre se encuentran en la cresta de ella, sino en los costados, y aun en el sinclinal que separa dos estructuras distintas, debido a que como ya dijimos, la acumulación está gobernada por la porosidad y la estructura, y cuando la cresta de una estructura es compacta, la acumulación se efectúa en los costados o sinclinal, si ahí existe la combinación de estos dos requisitos.

El primer campo relacionado con esta estructura es el de Chijol norte, que se encuentra situado a cuatro kilómetros y medio al norte de la estación sobre el F. C. de San Luis a Tampico llamada Chijol, y el campo lleva en la fig. No. 6, el número 2. La acumulación petrolífera se presenta como en el caso anterior en una faja agrietada y fracturada, que atraviesa casi normalmen-

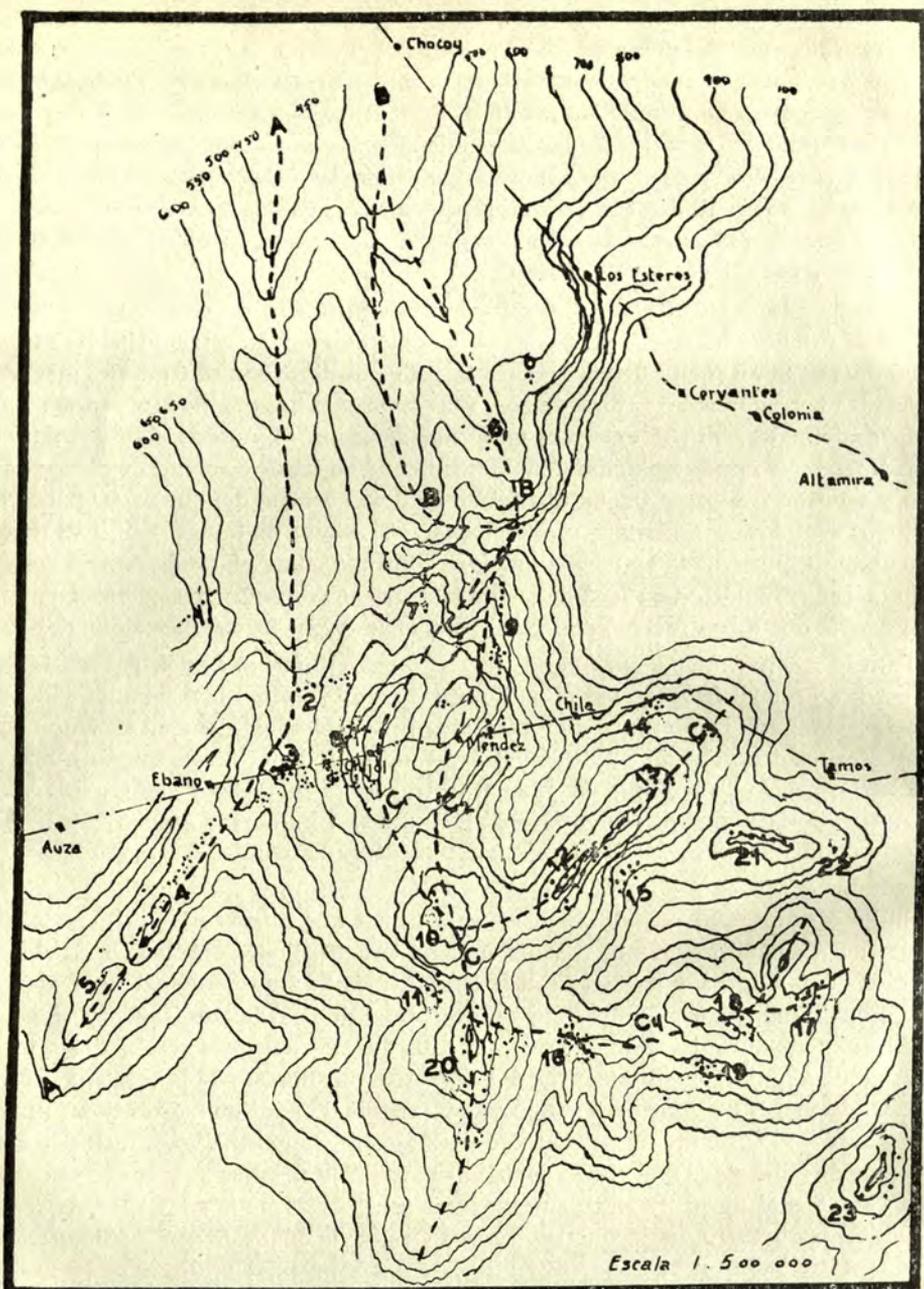


Fig. No. 6.—Las curvas cerradas representan formas topográficas positivas.

te el sinclinal formado por la estructura A, y por la ramificación anticlinal de la izquierda de la estructura C. Este agrietamiento tiene una longitud de 4 y medio kilómetros y una dirección más hacia el este que la de Tullillo.

En este campo se encuentran varias chapopoterías relacionadas con la intrusión de diques basálticos, algunas de las cuales no afloran, pero que se pueden encontrar en las perforaciones.

3. Ferronales.—El yacimiento de este campo con el número 3 en la fig. No. 6, se encuentra en el flanco este del anticlinal A, inmediatamente después de que la cresta dobla cambiando de dirección. Se encuentra sobre la línea férrea de San Luis a Tampico, a mediación del tramo com-

prendido entre las dos estaciones de Ebano y Chijol. El yacimiento se encuentra en la Formación Tamaulipas, a una profundidad de 680 á 750 metros o sea un término medio de 70 metros más profundo que el anterior, y tiene el manto aceitífero una potencia de 30 metros mayor que él. Su explotación empezó a fines de 1925 y principios de 1926; la principal acumulación se presenta en una faja agrietada cuya dirección coincide notablemente con la de la línea férrea de la superficie, teniendo un ancho de 200 metros, y una extensión de un kilómetro, aun cuando a ambos lados de esta faja existen áreas agrietadas, y de las cuales, la del sur tiene la misma dirección que la anterior y principal, pero la del norte forma un ángulo ligero con ellas, acercándose más a la dirección de Tullillo.

4. Ebano.—Campo este de los más grandes de la Zona Norte, tanto en producción como en dimensiones. La acumulación se encuentra en el extremo suroeste de la estructura, y sobre la cresta o ligeramente desalojada de ella, abarcando una área de 10 kilómetros de largo por 300 metros de ancho, aun cuando se encuentran también algunas perforaciones aisladas que se apartan a ambos lados de esta faja. El campo de Ebano ha sido dividido en tres distintos; La Dicha, Laguna y La Pez, que aquí trataremos en conjunto por estar bajo las mismas condiciones geológicas.

La profundidad del Tamaulipas varía de 730 á 860 metros. En este campo encontramos taponés y cuellos volcánicos que afloran a la superficie formando los cerros de La Dicha, cerro La Pez y cerro Margaritas, con los cuales se hallan-asociados una serie de chapopoterías.

El horizonte productor propiamente es la Tamaulipas Superior, y las perforaciones que se han profundizado más de la cima de esta Formación han resultado estériles. La formación Méndez es completamente arcillosa en el campo, pero cambia de face hacia el oeste, aumentando continuamente su porcentaje de calcio, y en Guerrero ya la encontramos alternando con delgadas capas de caliza. También se han encontrado yacimientos en la Agua Nueva, aun cuando muchos consideran que no es sino la cima de la Tamaulipas, y unos cuantos en la Sn. Felipe y aun en la Méndez.

La dirección de la cresta del anticlinal en este campo es de N. 31° E., y el agrietamiento tiene la misma dirección guardando un paralelismo con Tullillo.

5. Limón.—El campo de Limón se encuentra en un domo que se clava hacia el Suroeste, y terminación conocida hasta la actualidad del anticlinal que venimos siguiendo. El horizonte productor se encuentra en la Agua Nueva y aun en la Sn. Felipe alejándose hacia el este, en lugares donde la Tamaulipas se encuentra a una profundidad de 960 metros. Las características estructurales y de agrietamiento son idénticas a las de Ebano, del que se encuentra distantante 4 kilómetros, y separado de él por una silla sepultada, de pequeñas dimensiones. La zona agrietada aquí tiene la misma dirección que en el anterior, y fracamente se encuentra en la cima del anticlinal, sin desplazarse a alguno de los costados.

6. Altamira.—Estudiaremos ahora los yacimientos relacionados con la estructura de la fig. No. 6, marcada con la letra B, y la cual se bifurca en dos anticlinales del tipo llamado narices, las que se clavan hacia el sur con pendiente pronunciada, mayor que la del anticlinal anterior, y del que podrían considerarse como estribaciones. Estas narices han resultado muy poco productoras en las perforaciones aun cuando en la superficie arriba de ellas, se encuentra un grupo de chapopoterías orientadas de norte a sur, inmediatamente al norte del río Tamesí. Los únicos campos que podrían considerarse relacionados con esta estructura son los de Altamira y Río Tamesí.

El primero es el campo situado más al norte de toda la zona, y su producción total ha provenido únicamente de dos pozos, aun cuando haya 47 perforaciones. Por los datos conocidos es probable que la acumulación se efectúe en un afloramiento de pequeñas dimensiones que son paralelas al rumbo de la estructura y en edrelón, tal y como se encuentra pero en su mayor escala en Río Tamesí, 8 kilómetros al sur, y este último a su vez relacionado con el intenso afallamiento de la estructura que continúa en la misma dirección y sobre los cuales existen potentes campos de petróleo. A los 500 metros de profundidad se encuentra la producción en la Formación Agua

Nueva y las chapopoterías de que ya hablamos se encuentran relacionadas con el afallamiento que en algunas ocasiones llega hasta la superficie, aun cuando se encuentre oculto por el aluvión. Afloran en una orientación semejante a la del rumbo de las fallas. Debido a que en estos lugares la Sn. Felipe y Méndez son muy delgadas y no desvían gran cosa el trayecto del afloramiento.

La emigración del petróleo hacia la cresta de los anticlinales es detenida por el aumento de compacidad de la caliza en las partes altas, encontrándose la área porosa hacia el este, lugar más favorable para exploración.

Río Tamesí marcado en el plano de la fig. No. 6 con el número 6, puede considerarse bajo las mismas condiciones que el anterior. Se encuentra en una estructura favorable aun cuando su producción haya sido insignificante. Sus chapopoterías están relacionados con el intenso afallamiento como en el caso anterior.

La estructura marcada en la fig. No. 6, con las letras C; C₁, C₂, C₃ y C₄, corresponde a una forma mucho más compleja que las anteriores. Se trata de una estructura anticlinal con bifurcaciones en todos sentidos de la misma forma. Partiendo de C, hacia el norte se separa en dos anticlinales casi paralelos, cuyas crestas salpicadas de domos se distancian cuando mucho 4 kilómetros, para al cabo de unos 18 kilómetros de recorrido volver a unirse. Para el este del mismo punto marcado con C, parten otros dos anticlinales, que se separan y son los marcados con las letras C₃ y C₄ y por último, para el sur continúa la misma estructura marcada con la letra C.

La parte más alta de la estructura se encuentra en el centro de ella, en el lugar donde se unen C con C₁ y C₂, a una profundidad de 550 metros, para descender en todos sentidos hasta 1000 metros de profundidad.

Relacionado con la estribación Norte C₁, tenemos al campo de Llano de Silva con el número 7, y el cual se encuentra en el flanco de la estructura, y cercano al sinclinal formado por este anticlinal y el B, efectuándose la acumulación en una zona agrietada paralela al afallamiento de los campos antes dichos, y a los que siguen.

8. Chijol sur.— Dos kilómetros al Norte de la estación Chijol se encuentra el campo de Chijol sur, el cual se acumula en una faja agrietada cuyo paralelismo con la de Ebano—Limón es notoria. La estructura es domo local de forma irregular, y el agrietamiento abarca desde el flanco izquierdo hasta la cresta. Relacionada con este campo y sobre la misma estructura 5 kilómetros al sur, se encuentra La Cima, cuyo agrietamiento atraviesa la cresta y una parte de ambos flancos de la estructura, extendiéndose por mayor distancia en el oeste, y a casi en el sinclinal formado por esta ramificación estructural y el anticlinal A. Todos estos campos tienen en común el encontrarse en fajas de agrietamiento orientadas prácticamente en ambas direcciones del cruce de la caliza, principalmente es notable esto en la cima, donde un sistema de grietas, el mayor tiene una orientación N. 77° E. y el otro casi norte-sur, separándose unos diez grados hacia el este. En el primer sistema se encuentran los campos de Chijol norte y sur, La Dicha este y la cima, en este último se cruzan los dos sistemas.

Nácata se encuentra relacionada con esta misma estructura, en su flanco oeste, en donde la Formación Tamaulipas se encuentra a una profundidad de 830 metros, siendo horizonte productor La Agua Nueva, encontrándose el agua salada 70 metros más profunda que en todos los otros campos nombrados.

Los campos que se encuentran relacionados con la bifurcación del este, y marcada en la fig. No. 6, con la letra C₂, son varios y su acumulación está gobernada por el intenso afallamiento en echelón que empezando en la cresta del anticlinal a partir del norte, para después desalojarse y cubrir el flanco este de la misma estructura conforme caminamos hacia el sur. Este afallamiento tiene una extensión de 18 kilómetros, y una dirección casi Norte-Sur desalojándose, 4 ó 5 grados hacia el este. El intenso afallamiento ha causado grietas en las que se acumula el petróleo de los campos. Las áreas productoras cubren una longitud de 3 á 4 kilómetros, por 200 á 300 metros de ancho, según puede verse en el plano de la fig. No. 6, donde se encuentran marcadas las cuatro zonas de afallamiento más intenso. Los campos cuya acumulación se encuentran en el agrietamiento debido a fenómenos diastróficos, son: primero al norte, Corcovado del norte, y pre-

cisamente donde la cresta del anticlinal se separa en dos, Corcovado, Garnucho, Paciencia, Méndez y Menudillo. Estos campos que como queda dicho se encuentran en la misma estructura general y agrietada por el mismo fenómeno, se encuentran incomunicados los unos a los otros por áreas impermeabilizadas o de agrietamiento y afallamiento de paredes juntas, como lo demuestra el hecho de que la explotación de unos no afecta en lo más mínimo a los otros, ya sea en producción, presión, elevación del plano del agua salada, etc., siendo probable que de existir alguna comunicación entre las grietas que albergan el aceite, sea en la Tamaulipas inferior.

Estos campos no los trataremos uno a uno, por encontrarse todos en las condiciones ya dichas, simplemente diremos que Menudillo ha sido el más productor de todos.

Las estructuras C, C₃ y C₄ son más complejas aún que las anteriores y propiamente se trata de una sola estructura que ramifica, y cuyas ramas trataremos separadas aquí por comodidad.

En estas estructuras y sus ramificaciones se encuentra un gran número de campos petrolíferos. Principiando por la C, al norte tenemos el campo marcado con el número 10 cuyo nombre es de Cacalilao oeste, relacionado con el central y este. Las dos primeras las trataremos juntas por estar el uno en la cresta del domo y el otro en el flanco oeste. Se encuentran en un sistema de agrietamiento paralelo al del que ya hablamos dirigido de Norte a Sur, y a pesar de encontrarse en la cresta de un domo su producción es muy inferior a la de Tancoco y Calaveras que se encuentran en el costado.

11. Tancoco, Calaveras y Dulce.—Estos campos en su orden por importancia en explotación, se encuentran en el flanco Oeste del domo en que se encuentra el anterior. Su acumulación se efectúa en un sistema de grietas combinado con afallamiento de poco desplazamiento vertical y paralelo a la cresta de la estructura, uniéndose en Tancoco con otro sistema que no se encuentra en los demás campos, formando un ángulo agudo con el sistema de grietas Norte-Sur, de 32° hacia el Oeste. La unión de estos dos agrietamientos ha hecho de Tancoco el campo más productivo de los tres enumerados, y uno de los más potentes de la Zona Norte. En cuanto a Calaveras y Dulce resta decir, que en el primero se encuentra el fenómeno de agua salada atrapada en un agrietamiento local, arriba del horizonte petrolífero, y en Dulce se presenta un grupo de Chapopoteras hacia el Oeste del campo con acumulaciones solidificadas en forma de vetillas.

20. Pánuco.—El lugar donde se descubrió este yacimiento fué en Tierritas Blancas, que se encuentra a 1 kilómetro al Suroeste del poblado de Pánuco, en el año de 1910. En algunos lugares las acumulaciones se encuentran a mayor profundidad y debajo del horizonte Otates del que ya hablamos en el capítulo anterior.

El agua salada ha subido invadiendo grandes áreas productoras de este campo, el que a su vez se divide en varios distritos.

En el distrito de San Manuel se ha encontrado caliza brechiforme, y en todo el campo pueden existir acumulaciones de petróleo, desde abajo del horizonte Otates, hasta la San Felipe, debido a la competencia en esta área, de las Formaciones abarcadas por esta columna estratigráfica.

La estructura de Pánuco, además de tener un sistema de agrietamiento más complejo que los anteriores, y en el que predomina el orientado de Norte a Sur, está cruzado por fallas de distintas direcciones y en las cuales también se efectúa acumulación de aceite de gran capacidad.

Casi todos los distintos distritos de este campo han sido invadidos por agua salada, encontrándose su explotación bajo control, para evitar la invasión conforme del manto acuífero.

Este es el campo de la Zona Norte que mayor cantidad de petróleo ha producido, llegando hasta fines de 1938 a la suma de 314 millones de barriles.

Se distingue su gas del de los demás campos, en que su contenido de bióxido de

carbono es muy grande, y por tal motivo no es inflamable, con excepción del que se extrae de dos o tres pozos.

En la ramificación marcada con la letra C₃, y que por un tramo de varios kilómetros es casi horizontal, tenemos en primer lugar el campo de Cacalilao este.

12 Cacalilao este.—Campo situado en la cresta del anticlinal, en el sistema de grietas Noreste, complicado con un ligero afallamiento de la misma orientación y la cual coincide notablemente con la cresta de la estructura almacenadora.

13 Mata de Chapopote.—Se encuentra también en la cima del anticlinal, cuando su cresta empieza a clavarse, y la acumulación se efectúa también en una área de afallamiento el que se acusa en la superficie por una línea de chapopoterías de orientación Noreste. En este campo se encontraron yacimientos aislados de poca consideración entre los 90 y 110 metros. En este campo fué también, donde la presión disminuyó tanto, que hubo necesidad de bombear el petróleo para extraerlo, algunas veces en condiciones inestables, siendo probable que la pérdida de la presión se deba al escape del gas por las exudaciones de petróleo, y las cuales han existido en actividad desde el Mioceno o

14 Salinas.—Se encuentra situado a 3.5 kilómetros al este de la estación Chila, del F. C. Tampico-San Luis. Tiene poca importancia como productor, pero el hecho de que el aceite aquí sea más ligero que en los demás campos a pesar de encontrarse a mayor profundidad, hace pensar en un yacimiento desconectado de los anteriores, o en una purificación del aceite en su receptáculo o trayecto, a causa de la mayor temperatura. En el capítulo relativo a interpretación con fines de buscar nuevas zonas petrolíferas, trataremos este punto con más detenimiento.

15. El Barco.—se encuentra en el flanco Sur y abajo de Cacalilao este, donde la estructura alcanza su mayor escarpe. debido tanto a plegamiento como a afallamiento, este último acusándose muy disminuido en su desplazamiento vertical, en la Méndez y San Felipe. Existen dos sistemas de fallas uno longitudinal y otro transversal al eje de la estructura. En este último sistema es donde se efectúa la acumulación, y en el cruce de ambos.

En la ramificación que sale con orientación casi este oeste, tenemos una serie de campos, y una parte de Pánuco, del que ya hablamos, en el lugar donde se ramifican las dos estructuras.

Esta ramificación aparece en la fig N^o 6 con la letra C₄, y tenemos a los campos Isleta, Vega de Otates y Topila de la cresta Paciencia y Aguacate en la cresta y flanco sur, y en el mismo flanco Palangana.

16. Isleta.—Estos criaderos se encuentran todos a mayor profundidad que los ya enumerados, debido a la inclinación general de la Formación Tamaulipas hundiéndose de Norte a Sur, y junto con ella se hunden las estructuras que posee.

El campo de Isleta se caracteriza porque la acumulación se efectúa en una zona de agrietamiento y afallamiento, que empieza en el flanco Norte del domo, lo atraviesa transversalmente con dirección Norte Sur, para después cambiar en ángulo en dirección Sur-este.

Vega de Otates es otro campo que aquí lo consideramos relacionado con Isleta y solamente separado de él por una silla de pequeña profundidad. Al otro lado de la silla se encuentra un domo de pequeños dimensiones, y sobre él se encuentra Vega de Otates.

17. Topila.—Este campo se encuentra en donde la cresta empieza a clavar con su mayor pendiente, y a ambos flancos extremos. Aparentemente por la forma en que se encuentran los pozos parece que no hay conexión subterránea entre ellos, pero el hecho es de que la explotación de un pozo afecta a los de su alrededor, de tal manera que si su producción se intensifica la presión de los otros disminuye, sucediendo lo contrario cuan-

do la explotación disminuye o cesa. En este campo se encuentran los distritos de Santa Fé y Tamboyoche, en el cual se han encontrado los pozos más productores de la zona, un agrietamiento este-oeste.

18. Paciencia y Aguacate.—Se encuentra la acumulación en dos sistemas de grietas casi paralelos y separados por 1800 metros, la una con orientación N 55°0 y la otra con N 50°0. Este agrietamiento ha sido generado por fallas horizontales y sin desplazamiento vertical, con el rumbo paralelo a los que se encuentran más al Sur y en las cuales el desplazamiento vertical en ocasiones llega hasta los 100 metros. Los pozos más profundos, o sea en las partes bajas del flanco, son más productores en petróleo y menos en gas que los de la parte alta que se acercan más a la cresta. El flanco donde se encuentran estas acumulaciones es de una pendiente mucho mayor que el opuesto.

19. Palangana.—Este campo está relacionado con el de Paciencia y Aguacate. Se halla en el flanco Sur de la misma estructura y es más productor que el anterior pues solamente 3 pozos de este campo producen lo que 40 en Paciencia y Aguacate. El sistema de agrietamiento tiene casi la misma orientación que los anteriores, y prácticamente pueden considerarse como paralelos generados por la misma causa tectónica.

Existen en la Zona Norte varios campos, cuyas estructuras no se encuentran íntimamente relacionadas con las anteriores. Entre estos tenemos en primer término a;

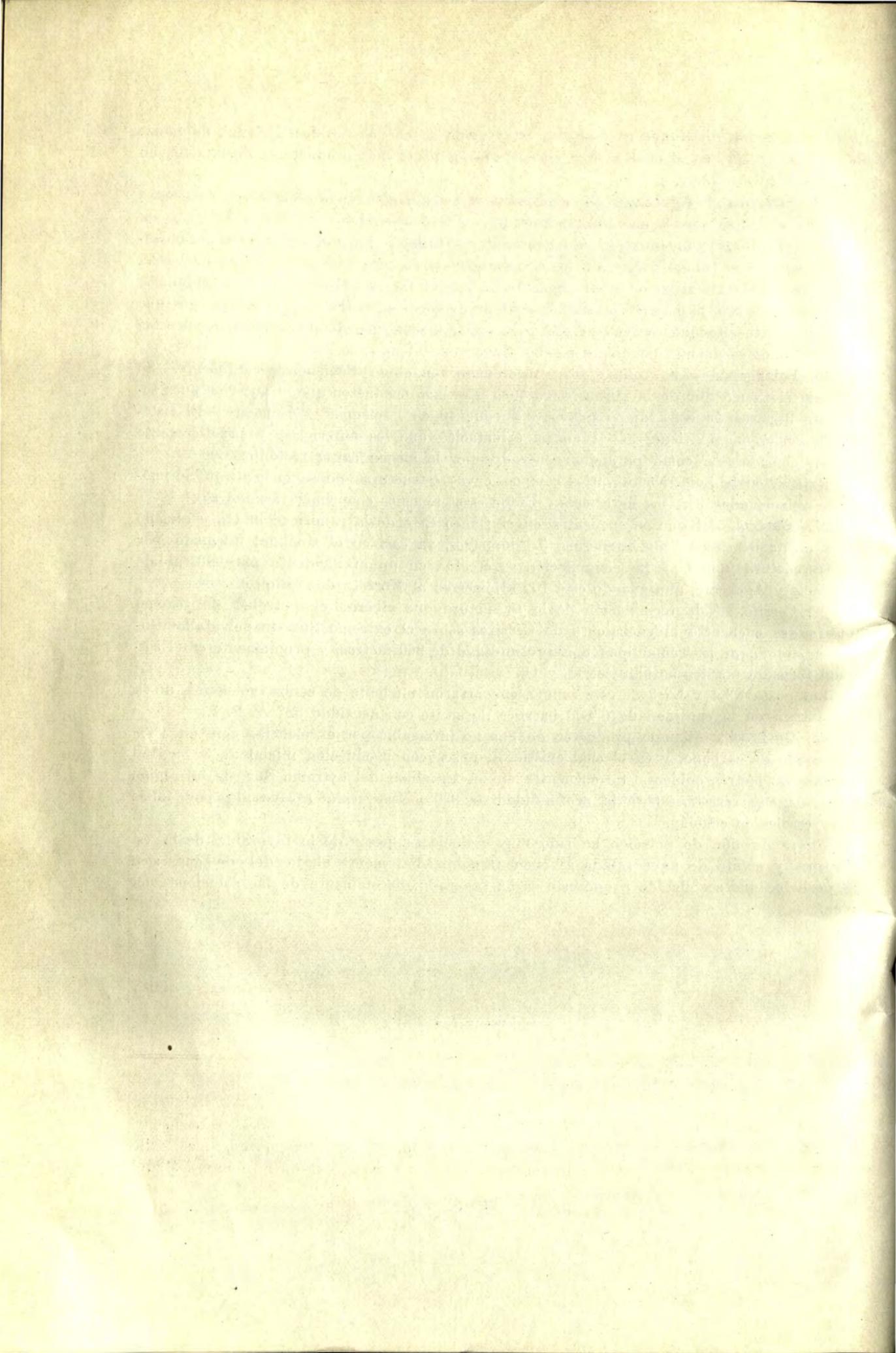
21.—Caracol.—El que se encuentra en el flanco Este de la ramificación C₃, y alejado de la cresta de esta misma estructura 5 kilómetros, ya casi en el sinclinal formado por esta estructura y la C₄. La acumulación se efectúa en un afallamiento paralelo al de Paciencia y Aguacate, aun cuando esté 10 kilómetros al Noreste del último.

22. Cerrito.—A la terminación de la estructura que alberga el petróleo del campo anterior, se encuentra el yacimiento de Cerritos sobre el extremo Sureste del afallamiento, teniendo aquí la Tamaulipas una profundidad de 960 metros, y propiamente en el sinclinal formado por los anticlinales C₃ y C₄.

Los pozos N° 1 y N° 3 de este campo, encontraron un lente de ceniza volcánica, de la que extrajeron la cantidad de 6 800 barriles de aceite con densidad 32° A. P. I.

23. Quebracha.—Campo productor de gas no infamable por excelencia, con un 98% de bioxido de carbono, y en el cual existieron pozos con producción inicial de 50 a 150 millones de metros cúbicos. Se encuentra en un anticlinal del extremo Sur de la región estudiada cuya cresta está a la profundidad de 930 metros, está atravesada por fallas transversales en echelón.

Su producción de petróleo ha sido muy reducida a pesar de lo favorable de la estructura, y manto de agua salada se encuentra inmediatamente abajo del de gas, sien do probable que sea debido a que este se ha separado directamente de las soluciones del agua.



CAPITULO IV

FRANJA DE ORO.

La estructura en general, las locales sobre ella, y la acumulación de la Franja de Oro no son tan complejas como en la Zona Norte. Esta Franja es una estructura anticlinal de grandes dimensiones, formada exclusivamente de la caliza del Cretácico Medio en su face El Abra, y lo referente a sus características petrográficas, porosidad, escasa estratificación en algunos lugares completamente imperceptibles por pasar a brechiforme, y su formación corolina, se detalló en el capítulo II.

Siendo la porosidad de la roca, la propia de los arrecifes, la acumulación de petróleo se efectúa únicamente en las partes altas de la estructura, o sea en los lugares cercanos a la cresta, y fué este el único criterio que se usó para la búsqueda de yacimientos en ella.

La estructura como dijimos es un gran anticlinal, de 80 kilómetros de largo, por 300 metros de ancho en sus partes más angostas, hasta 2,700 metros en las más anchas, arquada con su concavidad al golfo, y su convexidad a la Sierra Madre, como puede observarse en la fig. 5. Su costado al Golfo es suave y de pendiente pequeña, no así el opuesto cuya pendiente alcanza los 50° y 60° no estando aun determinado si se debe a

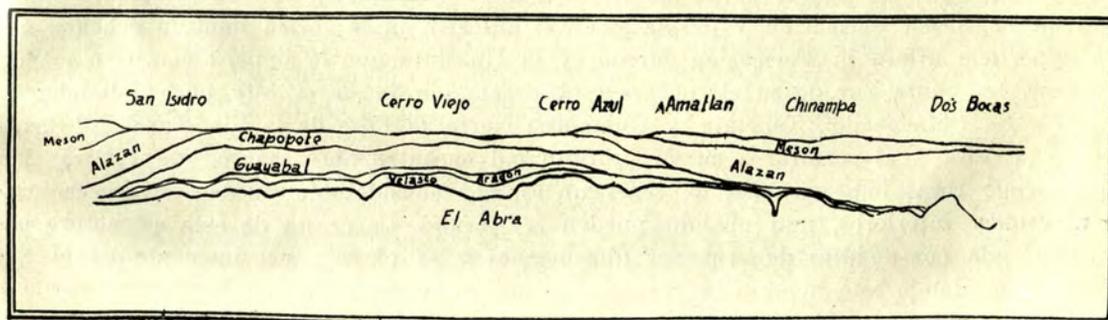


Fig. No. 7.—Corte vertical a través de la cresta de la Franja de Oro.

intenso plegamiento o a un afallamiento. Su principio Norte, en Dos Bocas, se encuentra a 85 kilómetros al Sur de Tampico. Este gran anticlinal se semejaría mucho, si se le llegaren a quitar las formaciones superpuestas, a una serranía parecida a la Sierra Madre,

aun cuando de menores proporciones, pues su superficie estuvo en el Cretácico superior, en la etapa geológica correspondiente a la Formación Agua Nueva, expuesta a la intemperie, por la emersión de su masa, estando así sujeta a todas las formas caprichosas de la erosión. Así pues, las partes altas de la cresta, la que dista mucho de ser una línea homogénea, principalmente en corte vertical, son verdaderos picachos en los que se efectúa la acumulación del petróleo, teniendo una forma cómica irregular, y alargada en el sentido de la cresta, como lo indican las figs. núm. 7 y núm. 5, quédanse en estas partes aprisionado por la presión hidrostática inferior, y la impermeabilidad de las Formaciones superiores.

La estructura asimétrica como ya lo dijimos, se halla atravesada por fallas transversales, y otras veces taladrada por intrusiones magmáticas de basalto, principalmente, y en la forma de diques, cuellos o tapones, y con los cuales muchas veces van relacionadas chapopoterías o exudaciones de gas.

Las características de almacenamiento son muy homogéneas, y por tal motivo lo que se diga de un campo puede generalizarse para los demás, a excepción de los fenómenos enteramente locales, como la manera en que se afecta una reducida área por intrusiones o afallamiento con las alteraciones en las condiciones de porosidad que pueda traer consigo, ya sea por metamorfismo o impermeabilización.

Uno de otro yacimiento está separado por sillitas que los aísla, dándoles a los salientes cierre local y solo en un caso, el de Chinampa y Amatlán, la separación se efectúa por una fosa.

En todos ellos el nivel del agua salada ha subido notablemente debido a la intensa explotación. Los campos en que se divide esta estructura son de Norte a Sur. 1.—San Diego. (Dos Bocas). 2.—San Gerónimo. 3.—Chinconcillo, Tepetate, y Chinampa Norte. 4.—Chinampa Sur, Amatlán Norte. 5.—Amatlán Sur. 6.—Zacamixtle, 7.—Toteco, Cerro Azul. 8.—Alazán, Potrero del Llano, Cerro Viejo Norte. 9.—Cerro Viejo Sur, Tierra Blanca. 10.—Alamo Jardín. 11.—Paso Real y San Isidro, tomando como base para esta división, la separación de las estructuras locales.

El campo de Dos Bocas, en la Hda. de San Diego de la Mar es el más al Norte. Su historia es de sobra conocida, de cómo se incendió; su fabulosa producción aun cuando no está determinada, pues muchos consideran que era un gran productor de gas y no únicamente de Petróleo, y por fin su extinción natural al brotar la emulsión. Su contorno puede imaginarse por las figuras núm. 7 y núm. 5, así como el de los que siguen.

2.—El siguiente campo siguiendo al Sur, es San Jerónimo, también sobre un anticlinal en la misma Formación y desplazado del anterior en la forma llamada echelon. En la superficie aflora la Formación Meson, y la Huasteca que le sigue, alcanza su mayor espesor. La punta Sur de su estructura está desalojada hacia el este por afallamiento.

3.—En Chinconcillo, Tepetate y Chinampa Norte, el Pozo de la Cía. Texas N° 3, alcanzó al Abra, y al perforar a mayor profundidad encontró unos mantos de lutitas, las que siendo rocas impermeables, de tener un espesor considerable pueden favorecer acumulaciones inferiores, aun cuando pueden ser locales. La cresta de esta estructura está salpicada por domitos de pequeñas dimensiones y se clava repentinamente en el extremo Sur, dando esto lugar a la creencia de que es la pared de una fosa, encontrándose la otra pared en el principio del campo inmediato al Sur y cuya profundidad no es conocida. De esta manera se forma una lanera que aísla el agua salada de la parte Norte de la estructura general, con la de la parte Sur impidiendo la circulación subterránea de ésta y el petróleo.

4.—Chinampa Sur y Amatlán Norte, separados del anterior por una fosa como ya dijimos, tiene su cresta atravesada por una serie de fallas transversales dentro de una de

las cuales se aloja un dique basáltico de dos kilómetros de longitud, y con el cual están conectadas chapopoterías.

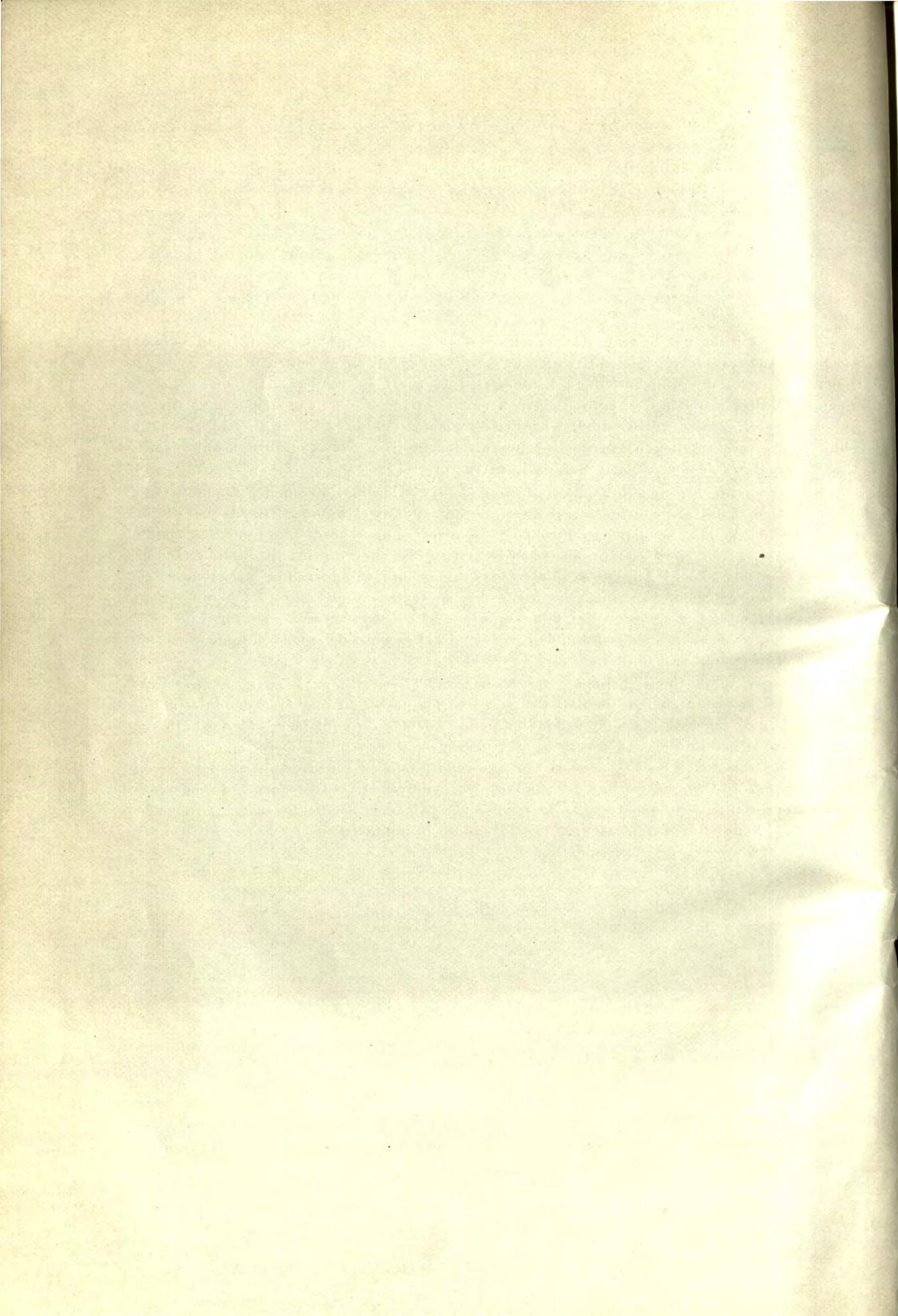
5.—La cresta de Amatlán Sur está formada por cuatro pequeños domos ligeramente en echelón. En este campo se han encontrado vestigios de la Formación Agua Nueva, a 705 metros de profundidad. En otros lugares de estructura favorable no se encuentra acumulación debido a la impermeabilización de la roca por intrusiones ígneas.

6.—Zacamixtle, estructura más profunda que la anterior, no ha sido completamente determinada, encontrándose a su izquierda el cuello volcánico de Cerro Pelón que metamorfiza por contacto una área bastante grande de rocas sedimentarias a su alrededor.

7.—En Toteco y Cerro Azul se encuentra el pozo más productor de la República, el de la Huasteca N° 4, llamado también Cerro Azul N° 4, en el centro y cima de la estructura, que es un gran anticlinal. Esta estructura es la más elevada de todas las de la Franja de Oro, y puede decirse que clava a ambos extremos partiendo del centro. En esta estructura existen varios diques basálticos y a los cuales están relacionados muchas chapopoterías, sobresaliendo entre ellos por su forma irregular y gran tamaño longitudinal el que atraviesa a la parte Sur de la estructura.

8.—Al Sur de la estructura anterior se encuentra Alazán, Potrero del Llano y Cerro Viejo, de los cuales el primero es casi estéril, encontrándose el agua salada a una profundidad de 700 metros. Se han encontrado en los otros campos pozos muy potentes como el Potrero del Llano N° 4 con producción de 100 000 barriles diarios. En esta estructura la gran porosidad de El Abra hace que estén íntimamente ligados unos yacimientos con los otros, o propiamente que toda la estructura se trata de un solo yacimiento, lo que comprueba también la invasión del agua salada que se efectuó casi simultáneamente en todos los pozos de la misma profundidad, siguiendo el ascenso del plano del agua, con mucha homogeneidad.

9.—Cerro Viejo Sur, Chapopote de Núñez y Tierra Blanca, cuya característica principal es la producción de la San Felipe en varios pozos, en una área donde ésta Formación es más calcárea y de porosidad inducida. Además de aquí la cresta del anticlinal se ramifica bifurcándose en dos crestas casi paralelas y con un somero sinclinal entre ellas, ambas con domos locales. Más al Sur las ramificaciones son tres, y ya para terminar la Franja de Oro, más al Sur del río Tuxpam, vuelven a unirse formando una sola cresta de anticlinal, en que termina la Franja de Oro, con pendiente suave para ambos flancos, y hundiéndose lentamente, desalojándose la punta hacia el Sur por intenso aflamamiento transversal de dirección Noreste.



CAPITULO V

POZA RICA

Estructura.—El campo de Poza Rica, por lo pronto la región con más perspectiva de producción, se encuentra en la Margen derecha del río Cázones, 35 kilómetros al Sur de la Franja de Oro, partiendo de su extremo situado en el mismo punto cardinal, tal y como aparece en la fig. N^o 8, donde puede verse su situación geográfica y los distintos distritos que componen el campo.

La estructura productora de petróleo en Poza Rica se encuentra en la Formación Tamabra, a una profundidad media de 2100 metros. cuya edad geológica es idéntica a la de las Formaciones petrolíferas estudiadas con anticipación, siendo pues como las anteriores una face del Cretácico Medio, y de cuya porosidad, así como de sus características petrográficas, hablamos con detalle en el Capítulo II.

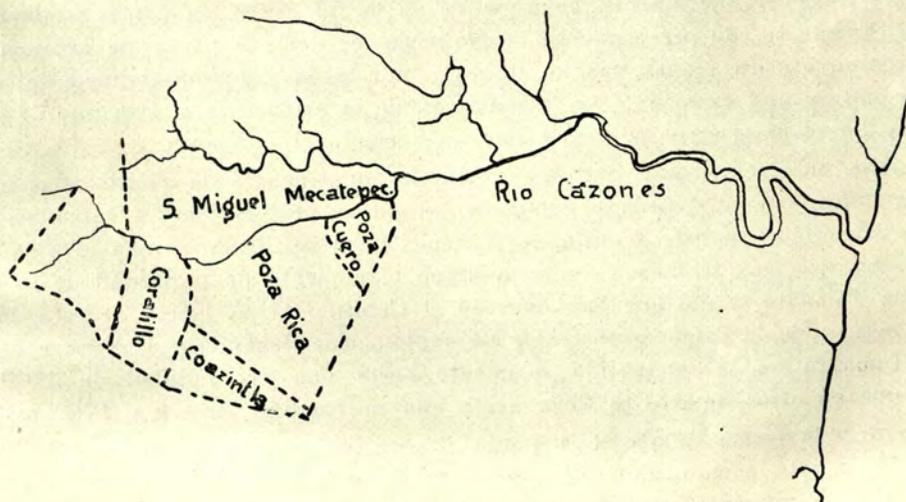


Fig. No. 8.—Poza Rica.

La estructura de esta Formación es un domo muy abierto, cuya cima bastante irregular se encuentra situada dos kilómetros al Noreste de la unión del río Cázones y el afluente formado por los arroyos Cocinero y Trancones. Las pendientes en sentido radial

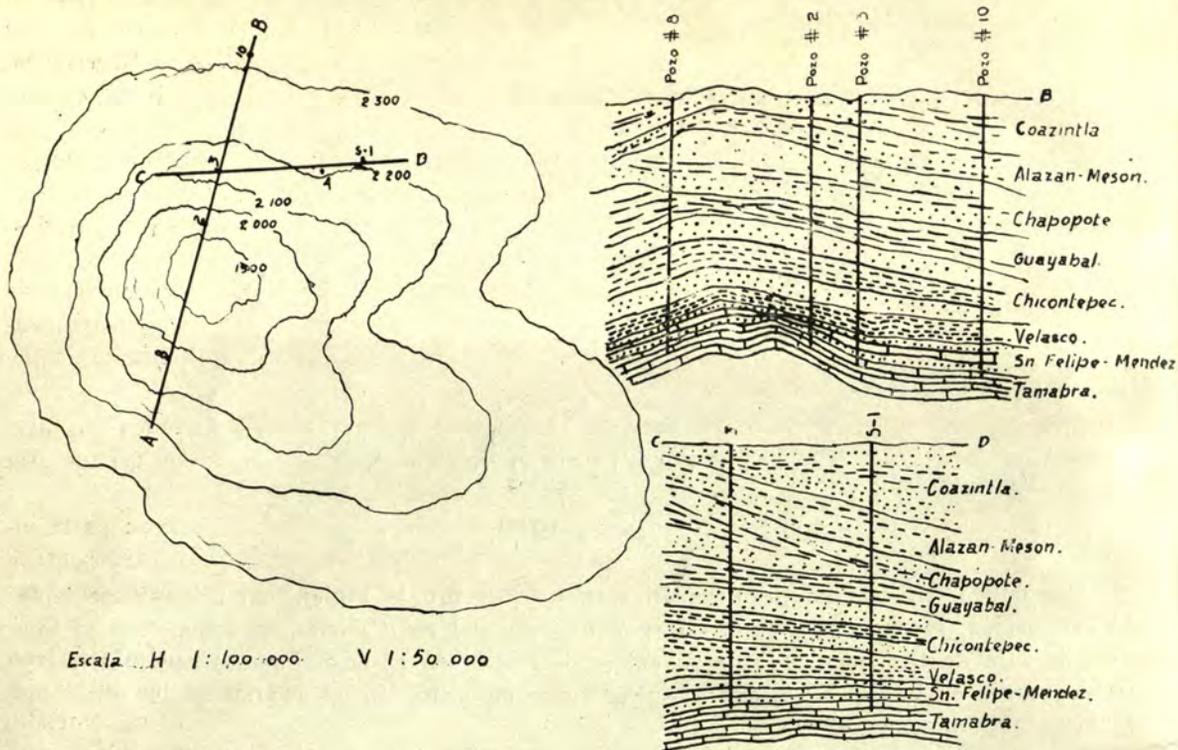


Fig. No. 9.—Representación con curvas de nivel de la cima del Tamabra y dos cortes, uno Norte-Sur, el otro Este-Oeste.

a partir de la cima, o cuacuaversal, son suaves, pero en el Norte y Noroeste van aumentando paulatinamente, sin haberse llegado en las perforaciones hasta donde dejan de descender para ascender nuevamente, como se ve en la fig. N^o 9, en donde también se nota que en el Sureste sucede precisamente lo contrario, es decir a partir de la cima, la pendiente disminuye para transformarse en nula, por la casi horizontabilidad de la Formación, que indica una terraza o la terminación de la estructura y principio de otra nueva en esta dirección, si empieza a ascender nuevamente el horizonte.

Los datos en el cuadrante Suroeste, tomando como centro de coordenadas a la cima de la estructura, son muy escasos, debido a las pocas perforaciones efectuadas, por haberse observado que en este sentido, la Formación va perdiendo porosidad a causa de su escasa dolomitización, fenómeno importante en el aumento de porosidad de la roca que compone la Tamabra, y del que hablamos en el Capítulo II. A efecto de esto, la acumulación es más reducida y menos costeable su explotación, llegándose a conocer el contacto de la Tamabra con la San Felipe, solamente hasta una profundidad de 2000 metros, mientras que en otros lugares se llega hasta una profundidad mayor a 2300 metros.

Respecto a la forma en que se acumula el petróleo, ya hablamos algo en el susodicho Capítulo II, y esta acumulación está gobernada por la porosidad y la estructura, encontrándose en la Formación Tamabra en la cima, una capa de caliza compacta y estéril, por lo que hay que atravesarla por término medio 150 metros, para llegar a la zona más porosa y de mayores yacimientos, encontrándose abajo de ella caliza también compacta.

La formación Agua Nueva no ha sido aun determinada en las perforaciones de este campo, siendo probable que las capas más altas y compactas que actualmente se conside-

ran como la cima de la Tamabra, de hecho pertenezcan a la Agua Nueva. Estas capas, lo mismo que la San Felipe y Méndez arriba de ellas, tienen la misma característica que en la Zona Norte y que consiste en adelgazarse en las partes altas de las estructuras y engrosar en las faldas o partes largas, efectuándose con esto una tendencia a la horizontalidad en el contacto de la Méndez con la Velasco.

El contacto de la Velasco con la Chicontepec, vuelve nuevamente a semejar la forma cómica, al ensancharse la Formación en el centro y adelgazarse en las orillas, pero el eje mayor de la estructura, que en la Tamabra tiene orientación de Este a Oeste, se desaloja hacia el Oeste, guardando la misma orientación.

La Formación Aragón tampoco esta determinada en esta región, no encontrándose una discordancia estratigráfica notable en el contacto de la Chicontepec con la Guayabal, siendo esta discordancia más bien de carácter Paleontológico. Este contacto sigue siendo de forma cómica con pendiente un poco más fuerte que el anterior.

En el contacto de la Guayabal con la Chapopote inferior, la forma cómica se pierde, por completo, y solamente tenemos la parte inclinada de un monoclinial con echado casi homogéneo en dirección N 45° E.

El contacto de la Chapopote con la Alazán, llamada aquí Palma Real en su parte inferior, vuelve nuevamente a la forma cómica, cuya cresta se encuentra precisamente abajo de la unión de los arroyos Troncones y Cocinero. La pendiente de esta estructura es un poco más débil hacia el Este que en los demás sentidos.

El último contacto de Formaciones determinado en la región es el de la Alazán con la Coazintla y Mesón, y cuyo afloramiento es encontrado en varias partes del lugar. La forma es cómica aun cuando tiende a la anticlinal de fuerte pendiente en el Noreste, que disminuye en el Este para transformarse en suave al Sur. El eje mayor tiene una orientación N. 70° 0, y se encuentra desalojado hacia el Este del anterior.

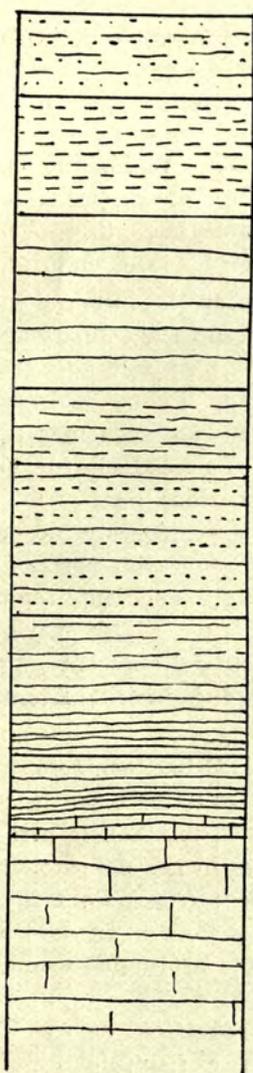
De la estructura de la Formación Coazintla, y la cual fué descrita ligeramente en el Capítulo II, hablaremos a continuación.

Por lo que queda dicho, aun cuando la semejanza del último contacto y las Formaciones que lo originan, desde el punto de vista estructural es notoria con la estructura de la Tamabra, puede verse que no guardan ninguna relación la una con la otra, por la serie de cambios estructurales de los contactos y los cuales hemos descrito, tratándose en este caso de una simple coincidencia en la forma, y que se pierde poco más arriba en la cima del Coazintla, por lo cual las estructuras superficiales no son un dato seguro para la búsqueda de acumulaciones en las Zonas de yacimientos profundos y que deben existir cercanos a Poza Rica.

A continuación daremos una ligera descripción petrográfica de las Formaciones Tuxpan y Coazintla, esta última no tratada con detalle en el Capítulo II.

En la fig. N^o 11 aparece una columna estratigráfica generalizada de las Formaciones de Poza Rica a escala.

DESCRIPCION



Coazintla.—Margas, lenticulares capas de arena.

Alazán. Mesón.—Margas arenosas con intercalaciones lenticulares de areniscas.

Chapopote.—Margas grises o cafés intercaladas a veces areniscas.

Guayabal.—Margas cafés oscuro con concreciones de caliza.

Chicontepec.—Areniscas y Margas de color amarillo.

Velásco.—Margas compactas de color café rojizo.

San Felipe Méndez.—Margas calcarias de color café oscuro y azul.

Tamabra.—Caliza gris oscuro y compactas en la cima, porosa y negra 150 metros más abajo y luego gris compacta.

Fig. No. 10.—Columna estratigráfica de Poza Rica. escala 1:20,000

El cuaternario está compuesto de aluvión, y del Terciario, tenemos la base del Mioceno compuesto de la Formación Tuxpam, cuya base es la única presente y que cubre las colinas del Noreste. Consta de conglomerado consolidado gris a amarillo, areniscas estériles en microfósiles y margas gris claro y probablemente corresponden a depósitos continentales o someros. Se distingue de la Coazintla en que está menos cementado que la última y contiene grandes guijarros de lava y arenisca. En algunos lugares raros por cierto, se han encontrado peñascos enormes de conglomerado, con restos desquebrajados de Pecten y Ostrea.

Oligoceno.—De acuerdo con Thalmán, casi toda la Formación que aflora en Poza Rica pertenecía al Mesón. Subsecuentemente Nuttall la dividió, dándole el nombre de

Coazintla a la parte superior, y actualmentese encuentran correlacionados con la Palma Real. Alazán y Mesón al norte del Río Tuxpán.

La Coazintla cubre casi por completo la Hda. de Poza Rica, en afloramientos ricos en Margas y Margas arenosas; intercaladas con capas de arena lenticulares, areniscas de la misma forma, con conglomerados de forma idéntica en conjunto, pero compuestos sus guijanos por pedernal y Caliza Cretácica o aún Jurásica. Otras veces existen intercalaciones dentro de las Margas o Conglomerados de Calizas Coralinas e interestratificaciones de calcita en laminillas delgadas de forma reticular, todo lo cual indica depósitos someros.

Lo que acabamos de decir son generalidades para la Coazintla, tanto superior como inferior, pero la distinción entre ésta puede hacerse por evidencia paleontológica principalmente por la ausencia en la inferior de las especies de **Siphogeneina**

En la coazintla superior, además de las especies del género citado, tenemos especies de los géneros:

Asterigenina.	Heterostegina.	Pulvinulina.	Vaginulina.
Cibicides.	Miogyposina.	Rotalia.	Valvulina.
Cristellaria.	Pleurostemella.	Uvigerina.	Amphisonis.

En la Coazintla inferior tenemos la micro fauna compuesta por

Chilostomella.	Ehrenbergina.	Marginulina.	Polimorfina.
Cibicides.	Fronicularia.	Nodosaria.	Textularia.
Cristellaria.	Gaudryna.	Operculina.	Uvigerina.
			Scutella.

Los fósiles que sirvieron como criterio para situar la Coazintla en el Oligoceno superior fueron 1º—Corales del Oligoceno superior. 2º—**Miogypsina cf. panamenis** y 3º—**Orbitolites (sorites) americana**, fósiles estos que son desconocidos abajo de la Mesón. Tectónica.—Entre los fenómenos tectónicos superficiales y que afectan a esta Formación tenemos numerosas fallas pequeñas, y dos grandes en el arroyo, Huelique separadas por tres metros, con dirección N. 80° a 90° E. y el echado al Norte 45°. La que se encuentra más al Norte es invertida y tiene medio metro de desplazamiento vertical.

Plegamientos.—Las estructuras de la Formación son, una nariz clavada hacia el Este en la parte central del área. Dos kilómetros y medio al Sureste de ella, las rumbas y echados indican la presencia de un pequeño levantamiento domical, y tres kilómetros al Norte de la primera estructura hay otra nariz mucho más pequeña, casi paralela a ella, y clavada en el mismo sentido.

Las indicaciones superficiales de petróleo son propiamente insignificantes, y probablemente no tengan ninguna relación con los yacimientos profundos y económicamente valiosos. Se trata únicamente de una impregnación de la arenisca en la punta donde clava la nariz mayor, 800 metros al Este de la Congregación de Escolín de Otates, justamente 4 kilómetros al Noreste de Coazintla, y de unas delgadas laminillas y piezas de asfalto que fueron encontradas en el fondo de una corriente.

Los pozos más notables del campo son los siguientes: El N° 2 propiamente el descubridor del yacimiento. Está situado en la nariz central superficial de que ya hablamos. Se comenzó a perforar en octubre de 1926 y se terminó en julio de 1930 a los 2047 metros de profundidad. Este pozo como la mayoría del campo, se encontro el gas en el contacto de la San Felipe con la Tamabra con una producción diaria de 150 mil a 200 mil metros cúbicos a la presión de 130 kilos por cm². La producción de petróleo fué solamente de 21 barriles diarios.

El N° 3 posterior al N° 2, fué mucho más productor, principió su perforación en octubre de 1930 y se terminó en septiembre de 1932 a la profundidad de 2234 metros, después de haberse desviado de la vertical 2° grados, desde los 1795 metros por accidente al desprenderse la tubería. La producción diaria de gas fué de 425 mil metros cúbicos a la presión de 175 kilos por cm². y la de petróleo también diaria de 805 barriles.

Entre otros pozos notables y de los cuales su situación se encuentra en la fig. N° 9, así como la de los anteriores, tenemos al Metlaltoyuca N° 1 en donde la San Felipe se encontró como una caliza gris oscura a negra, compacta, con láminas ocasionales de lutitas negras y azules piritizadas o de pedernal, los centros de perforación mostraban impregnaciones de asfalto después de varios días a la intemperie, aún cuando fueran compactos.

El Poza Rica N° 10 produce petróleo con un 12% de agua que primero era salada y después dulce.

En el N° 12 la San Felipe se encontraba fracturada aumentando su porosidad conforme se acerca al Tamabra la cual tiene en este pozo las siguientes características:

Cima de Tamabra a los.....	2104 metros de profundidad.
Zona porosa superior de los	2104 a los 2180.5 m.
Caliza compacta intermedia de los	2180.5 a los 2187 m.
Caliza cavernosa de los.. ..	2187 a los 2231 m.
Caliza basal densa de los.....	2231 a los 2304 m.

El N° 13 muestra el hecho notable de que siendo escasa su producción, fué tratado con 3 500 galones de ácido diluido en 30% de agua, el que fué inyectado a la Tamabra, aumentando el pozo su producción considerablemente.

El N° 16 encuentra una fuerte demostración de gas a los 1669 metros de profundidad, en la Guayabal. El N° 8 de Poza Rica es el más profundo de todo el campo, se terminó en abril de 1935 a los 2590.7 metros de profundidad sin encontrar cantidad comercial de petróleo. Se taponó a los 2350 metros.

En un principio se creyó que este pozo había llegado al Jurácico después de taladrar una capa de lutita calcarea negra a los 2434 metros, pero últimamente se ha determinado esto como la base de la Tamabra, la que termina en una lutita rojiza.

CAPITULO VI.

Este capítulo consta de la recopilación en tablas de las características generales del petróleo en los distintos campos.

Tabla I.—Comparación del petróleo de las tres grandes regiones productoras tratadas en esta tesis, desde un punto de vista general, pues las variaciones locales son múltiples en cada caso.

CRUDOS	Zona Norte	Franja de Oro	Poza Rica
Gravedad A. P. I.	11° a 13°	19° a 23°	28° a 32°
Viscosidad (R. N° 1-100° F)	11 000	500	55
Temperatura	90 a 110° F	105 a 130° F	210° F
Presión	40 a 60 k./cm ²	50 a 80 k./cm ²	150 a 200 k/cm ²
Azufre	4.8%	2.5%	1.7%
Parafina	1.0%	3.5%	3.2%
DEJAN EN PRODUCTOS DESTILADOS			
Gasolina 400° F. E. P.	6%	16%	26%
Kerosena 45° A. P. I.	—	8%	10%
Gas Oil 35° A. P. I.	25%	15%	15%
P. O. D. (Wax. Dist)	—	15%	15%
Residuo 13° A. P. I.	—	—	33%
Asfalto	68%	45%	—
Agua salada y arena	1%	1%	1%

Tabla II.—Zona Norte, en la que la producción total hasta diciembre de 1937 había sido de 768 300 000 barriles. El número de pozos perforados hasta la misma fecha de 4 629 de los cuales solamente son o fueron productores 1 725 o sea el 31% del número total.

LOCALIDAD	ESTRUCTURA	Horizonte Productor	Prof mínima Horte. Prod.	Prof. máxima Horte. Prod.	OBSERVACIONES
1.—Tulillo	Sinclinal	Tamaulipas	570 m.	640 m.	Producción de 25.000,000 de barriles
2.—Chijol	Sinclinal	Tamaulipas	600 m.	660 m.	
3.—Ferronales	Flanco Anticlinal	Tamaulipas	660 m.	770 m.	Producción de 45.000,000 de barriles
4.—Ebano	Domo sobre anticlinal	Méndez Inf. Sn. Felipe Sup. y Agua N.	810 m.	880 m.	
5.—Limón	Anticlinal	Agua Nueva	860 m.	900 m.	Solamente 2 pozos productores de 47
6.—Río Tmesí	Flanco Anticlinal	Agua Nueva	500 m.	545 m.	
7.—Llano de Silva	Flanco Anticlinal	Tamaulipas	660 m.	725 m.	18° A. P. I.
8.—Chijol Sur "La Dicha" este y "La Cima"	Flanco y Cresta de Anticlinal	Tamaulipas	550 m.	650 m.	
9.—Corcovado, Paciencia, Garrucho, Méndez y Menudillo	Fallas al costado de Anticlinal	Tamaulipas	635 m.	830 m.	Gas no inflamable
10.—Cacalilao Oeste	Domo	Tamaulipas	568 m.	612 m.	
11.—Tancoco	Flanco Domo	Sn Felipe Inf. Agua N. y	565 m.	615 m.	Gas no inflamable
12.—Cacalilao Este	Anticlinal	Tamaulipas	432 m.	630 m.	
13.—Mata de Chapopote	Anticlinal	Tamaulipas	700 m.	730 m.	Gas no inflamable
14.—Salinas	Flanco Anticlinal	Tamaulipas	865 m.	900 m.	
15.—El Barco		Tamaulipas	600 m.	700 m.	Gas no inflamable
16.—Isleta	Domica	Tamaulipas	716 m.	782 m.	
17.—Topila	Anticlinal	Tamaulipas	800 m.	935 m.	Gas no inflamable
18.—Paciencia y Aguacate	Anticlinal, Cresta y Flanco	Tamaulipas	716 m.	1000 m.	
19.—Palangana	Flanco Anticlinal	Tamaulipas	736 m.	970 m.	Gas no inflamable
20.—Pánuco	Anticlinal y Flanco	Agua N. Tam y Otates	555 m.	970 m.	
21.—Caracol		Tamaulipas	825 m.	885 m.	Gas no inflamable
22.—Cerritos		Tam. y Sn. F.	965 m.	985 m.	
23.—Quebracha	Domica	Tamaulipas	930 m.	1015 m.	17.5° A. P. I.

La tabla III que a continuación aparece se trata de la Franja de Oro, en donde la producción total de esta estructura hasta diciembre de 1937 era de 1 073 950 000 de barriles extraídos de 567 pozos de los 1090 que se perforaron en ella, o sea solamente un 52% de las perforaciones son productoras.

LOCALIDAD	ESTRUCTURA	Horizonte Productor	Prof: mínima Horte: Prod	Prof: máxima Horte. Prod.	OBSERVACIONES
1.—Dos Bocas	Anticlinal	El Abra	583 m.	880 m.	
2.—San Gerónimo	Anticlinal	El Abra	715 m.	765 m.	
3.—Chiconcillo, Tepetate y Chinampa Norte	Anticlinal	El Abra	590 m.	633 m.	
4.—Chinampa Sur Amatlán Norte	Anticlinal	El Abra	525 m.	568 m.	
5.—Amatlán Sur	Anticlinal	El Abra	520 m.	568 m.	
6.—Zacamixtle	Anticlinal	El Abra	560 m.		
7.—Toteco y Cerro Azul	Anticlinal	El Abra	583 m.	550 m.	
8.—Potrero del Llano Alazán y Cerro Viejo	Anticlinal	El Abra	563 m.	700 m.	
9.—Tierra Blanca Chapopote de Nuñez	Anticlinal	El Abra Sn. Felipe	615 m.	700 m.	
10.—Alamo, Jardín y Paso Real	Anticlinal	El Abra	665 m.	765 m.	
Poza Rica	Domo	Tamabra	2050 m.	2420 m.	

CAPITULO VII

La presión en los campos petroleros es debida a la fuerza de la columna hidroestática, formada por la lluvia que se infiltra en la Sierra Madre Oriental, y aprisiona a las acumulaciones guardándolas a presión tal y como puede verse en la fig. N^o 11. Así pues la presión en los yacimientos petrolíferos está gobernada por las mismas leyes que un manto acuífero o manto de agua artesiana, y el hecho de que con la explotación la presión disminuya notablemente, es decir que en el momento de brotar un pozo, su presión es mucho mayor a la que tiene unas cuantas horas o días después, se explica porque el yacimiento se encuentra en equilibrio por el peso de la columna de agua y la cubierta que lo retiene, equilibrio que se rompe en el momento que la perforación alcanza el yacimiento, relajándose la presión, la cual no es repuesta inmediatamente debido a la fricción que oponen las grietillas al movimiento del agua subterránea, y la cual tiene que caminar

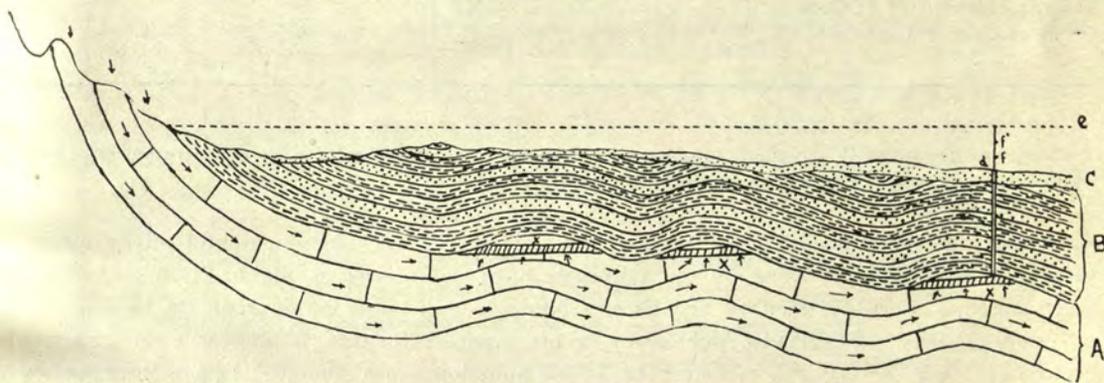


Fig No 11.—Corte imaginario para explicar la presión en los criaderos petrolíferos, A caliza agrietada, el movimiento del agua meteórica en ella está indicado por las flechas, B cubierta impermeable de rocas arcillosas. C rigolitas y acumulaciones.

largas distancias que varían de 30 a 40 kilómetros y aun más en la Zona Norte. En la fig. N^o 11 puede explicarse gráficamente este fenómeno. La línea punteada e. representa el nivel piezométrico, hasta donde teóricamente debía subir el petróleo o agua salada, al alcanzar la perforación el manto A, cosa que nunca sucede por las pérdidas superiores del agua, pues no hay roca completamente impermeable y de ahí que los escapes por la cubierta sean constantes. En nuestro caso vamos a suponer que el líquido subiría solamente hasta f' para bajar después a f. La conservación del gas en ciertos casos tiene el si-

guiente fin; siendo un compuesto mucho más compresible que los líquidos, al dar la perforación a la cima de una acumulación, debe cerrarse hasta que la explotación del manto petrolífero por medio de otros pozos, en la misma acumulación, permita la extracción de gas si es de valor industrial, porque de otra manera, para que empezara a fluir el petróleo, se necesitaría que el gas se extrajera casi en su totalidad, y entonces la presión sería muy raquítea, por la manera que acabamos de decir como afecta la fricción al movimiento del agua. En cambio cuando la perforación cae dentro del manto aceítífero, al empezar la explotación, el gas que se encuentra comprimido, se expande por las grietecillas mucho más rápidamente que el agua debido a su mayor fluidez, empujando al petróleo continuamente y haciendo que la disminución de la presión sea mucho más lenta y homogénea.

El manto acuífero, formado por las infiltraciones de agua meteórica esta limitado por arriba con la cubierta de rocas prácticamente impermeables, y por abajo por la disminución de porosidad debido a la presión de las formaciones superyacentes. Un intento para demostrar prácticamente que el agua en los campos es meteórica, lo forman los siguientes hechos. 1º La salinidad del agua de los yacimientos no es idéntica a la salinidad del

AGUA DE POZO PETROLERO		AGUA MARINA	
	Miligramos por litro		Miligramos por litro
Sodio y Potasio.....	5480	.....	10520
Calcio.....	1137	.....	714
Magnesio	147	.....	2840
Cloro	10700	.....	20712
SO ₄	258	.....	1212
Hidrocarbonato H. CO ₃	287		
Total.....	18097	.....	35998

A.

B.

Nota —En la tabla B solamente aparecen los elementos correspondientes a los encontrados en el agua de perforación, faltando por lo tanto otras sales de menor cuantía.

agua marina, como puede verse en las tablas de la fig. N° 12 y en donde puede observarse que la salinidad del agua de las acumulaciones petroleras es menor a la salinidad del agua marina. 2º Experimentos hechos con basijas en las que había roca de la Tamaulipas desquebrajada y pulverizada, puestas a la intemperie durante 5 meses, demostraron los residuos de las lluvias, que la tendencia de las soluciones era hacia el tipo A aunque su salinidad era mucho menor debido al poco tiempo que estuvieron a la intemperie, y 3º por casos como el de la perforación que se encuentra 3 kilómetros al Oeste de Chocay, donde el agua era ligeramente salada, pudiendo beberla el ganado lo que demuestra que eran infiltraciones de la sierra Tamaulipas, y siendo el trayecto relativamente corto, la disolución de la roca había sido reducida.

Lo anterior nos hace ver lo siguiente; que la compacidad de la roca hacia abajo, debido a las presiones que soporta, hace imposible el camino descendente del agua meteórica, y por lo mismo debe hacer imposible también toda acumulación en su seno, de yacimientos petrolíferos, por lo que de existir éstas, debe ser hasta la base del Jurásico, dado el remoto caso de que el conglomerado de esta edad que aflora en la barranca de

Huayacocotla, se prolongue hasta los campos en explotación, y su perforación por el momento sería incoasteable, máxime cuando existen otras zonas más favorables en yacimientos someros, por lo que no es aconsejable que las perforaciones al agotarse o resultar estériles, se prolonguen hasta atravesar el Jurásico.

El petróleo ha sido generado por la misma caliza que lo encierra, la que tiene gran cantidad de hidrocarburos dispersos y restos orgánicos que se ven al microscopio en una superficie pulida o en lámina petrográfica. No diremos aquí nada respecto a la teoría más aceptable de la formación del petróleo por ser de sobra conocida y fácil de verse en muchos buenos libros, solo diré que según mi modo de ver las cosas, el petróleo ha venido emigrando al irse generando en el subsuelo, del Golfo hacia la Sierra, simplemente por la manera como los movimientos diastróficos del cretácico superior a la fecha han ido haciendo retroceder el mar de estos períodos geológicos, o sea desde la falda de la Sierra Madre Oriental hasta el lugar donde se encuentra actualmente, y siendo estos mares del tipo de playas tendidas, la sedimentación y descomposición a hidrocarburos de restos orgánicos debe haberse efectuado de acuerdo con la profundidad normal y a gran distancia del litoral. Esta emigración en su movimiento ha ido llenando y rebasando todas las estructuras en su camino y en algunos casos hasta llega a aflorar en forma de débiles chapopoterías en la misma Sierra Madre. Así pues toda el área comprendida por nuestro estudio es favorable para la búsqueda de yacimientos petrolíferos, pero sin duda las acumulaciones serán más potentes entre más cercanas se encuentren al litoral del Golfo, en igualdad de condiciones estructurales por supuesto, y su número debe ser superior al explotado actualmente, aun cuando su determinación es mucho más difícil, por no acusarse en la superficie por chapopoterías u otras exudaciones notables, siendo necesario emplear en su búsqueda una combinación de métodos geológicos con métodos geofísicos, tal como aconteció en Poza Rica.

Observando la fig. N^o 5, se ve que el área estructural determinada en la Formación Tamaulipas es muy pequeña, y la posibilidad de que las estructuras se repitan es muy grande, como lo demuestra en la Zona Norte Quebracha y Tullilo, siendo las áreas más favorables para esta repetición en la dicha Zona, las que se encuentran al este sur y oeste de las ya conocidas.

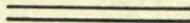
En la Franja de Oro pueden repetirse también estructuras semejantes a ella al este y al oeste, siendo las del este someras y probablemente en este caso no tan potentes como las que se encontrarán al oeste, las que serán del tipo profundo. Los trabajos de exploración emprendidos a ambos lados de la Franja de Oro, están citados en la pág. 223 del libro *Geology of the Tampico Región* by Jhon M. Muir ed-1936.

Poza Rica es un domo local en la cresta de un gran anticlinal determinado seismológicamente, cuya dirección es casi N 80^o. y se prolonga en este sentido a ambos lados del domo, por lo que las posibilidades para nuevos yacimientos son muchos.

Ya hablamos de la posibilidad de horizontes productores más profundos que el Cretácico Medio, en cuanto a horizontes más someros que este período, prácticamente están deshechados, aun cuando se han encontrado acumulaciones de valor económico en varios lugares, como Mecatepec, donde se extrae petróleo de la Formación Tantoyuca, en Furbero de la Guayabal y en Palma Sola de la San Felipe. En Tierra Blanca, campo de la Fraja de Oro, se extrae de la San Felipe. En Ebano de la Zona Norte se extrae de la Méndez basal, San Felipe superior y Agua Nueva. En Limón y Altamira de Agua Nueva. En Tancoco de la San Felipe Inferior y Agua Nueva en Pánuco desde Agua Nueva hasta abajo del horizonte Otates.

Otro de los puntos que hubiera deseado cubrir en esta tesis, era determinar si los estratos de las Formaciones siguen alguna ley de convergencia, precisarlos con planos y

toda clase de detalles, pero este es un trabajo que llevaría mucho tiempo aun cuando su utilidad sea palpable, por lo que me conformaré con decir por el momento, que desde un punto de vista general, la potencia de las Formaciones va disminuyendo de Sur a Norte, desde un promedio de 200 a 40 metros, en lo que se refiere a los superiores de la Tamaulipas. El Abra y Tamabra. De una manera rápida hasta llegar a la latitud de la Franja de Oro, y después paulatinamente. Localmente las Formaciones son más gruesas en los sinclinales y más delgadas en los anticlinales o salientes estructurales, lo que impide que las estructuras, se acusen en la superficie.



FECHA DE DEVOLUCION

El lector se obliga a devolver este libro antes del vencimiento de préstamo señalado por el último sello.

8/2/75



