

01179
Zej.
2

"EVALUACION DE LAS POSIBILIDADES PETROLIFERAS EN LA PORCION SUDORIENTAL
DE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSI"

POR:

SANTIAGO M. ARELLANO ISLAS

TESIS

Presentada a la División de Estudios de
Posgrado de la

FACULTAD DE INGENIERIA

de la

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

como requisito para obtener

el grado de

MAESTRO EN INGENIERIA

(Exploración de Recursos no Renovables)

CIUDAD UNIVERSITARIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

	<u>PAG.</u>
R E S U M E N	
I.- INTRODUCCION	1
A.- ANTECEDENTES	
B.- OBJETIVO DEL TRABAJO	
C.- METODOLOGIA	
II.- GENERALIDADES	5
A.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	
B.- FISIOGRAFIA	
C.- TRABAJOS PREVIOS	
III.- ESTRATIGRAFIA	9
IV.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL	22
A.- MARCO LOCAL	
B.- MARCO REGIONAL	
V.- GEOFISICA	26
A.- GRAVIMETRIA	
B.- SISMOLOGIA	
VI.- EVOLUCION TECTONICA	54
VII.- GEOLOGIA ECONOMICO-PETROLERA	55
A.- MANIFESTACIONES DE HIDROCARBUROS	
B.- ROCAS GENERADORAS	

C.- ROCAS ALMACENADORAS

D.- TIPOS DE TRAMPAS

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 65

IX.- BIBLIOGRAFIA 68

INDICE DE FIGURAS

NUMERO	C O N T E N I D O	PAG.
1	Plano de localización del área.	3
2	Tabla estadística de pozos perforados en el área.	4
3	Principales rasgos fisiográficos del área.	8
4	Tabla estratigráfica del área.	24
5	Plano geológico del área.	25
6	Plano de anomalías de Bouguer del área de estudio.	40
7	Perfil gravimétrico A-A' entre los pozos Lagunillas No. 1 y Tamalihuale No. 1.	41
8	Perfil gravimétrico B-B' comprende la porción media del área con una orientación aproximada E-W.	42
9	Perfil gravimétrico C-C'.	43
10	Perfil gravimétrico D-D' entre los pozos Valle de Guadalupe No. 1 y Tancanhuitz No. 1.	44
11	Localización de líneas sismológicas y de los pozos exploratorios utilizados en la interpretación sismológica del área.	45
12	Configuración sismológica de la cima del Triásico.	46
13	Línea sismológica No. 53.	47
14	Distribución tentativa de la depresión del Triásico.	48
15	Configuración sismológica del Jurásico Superior.	49
16	Configuración sismológica del Cretácico Inferior.	50
17	Modelo geológico-geofísico línea sismológica No. 39.	51
18	Modelo geológico-geofísico línea sismológica No. 62.	52

NUMERO	CONTENIDO	PAG.
19	Modelo geológico-geofísico línea sismológica No. 127.	53
20	Inicio de la fragmentación de la Pangea.	61
21-A	Evolución tectónica del área fase "a".	62
21-B	Evolución tectónica del área fase "b".	62
22-A	Evolución tectónica del área fase "c".	63
22-B	Evolución tectónica del área fase "d".	63
23	Distribución de manifestaciones superficiales de hidrocarburos en el área.	64

EVALUACION DE LAS POSIBILIDADES PETROLIFERAS EN LA PORCION SUDORIENTAL
DE LA PLATAFORMA VALLES-SAN LUIS POTOSI

DIRECTOR DE TESIS: DR. J. EDUARDO AGUAYO CAMARGO

Petróleos Mexicanos desde el año de 1962 y hasta la fecha ha venido de sarrollando diversos trabajos exploratorios en la Plataforma de Valles-San Luis Potosí, con la finalidad de incrementar las reservas petroleras y fortalecer el auge económico de nuestro país.

Mediante varios pozos perforados en base a trabajos exploratorios previos, se ha podido considerar a la porción sudoriental de esta unidad paleogeográfica como el área de mayores posibilidades petrolíferas.

Por medio de la integración de los datos geológicos y geofísicos y específicamente, con la información gravimétrica, ha sido posible establecer el comportamiento tentativo de las formaciones El Abra y Guaxcma del Cretácico Medio e Inferior, respectivamente. Asimismo, las evidencias sismológicas permiten postular la presencia de una depresión - de probable edad triásica entre los pozos Huichimal No. 1 y Aquismón - No. 1 y su continuidad al occidente hacia los pozos Tanchuchén No. 1 y Lagunillas No. 1 y finalmente considerar las zonas de posible interés económico en los lugares óptimos a perforarse derivados de estos resultados.

I.- INTRODUCCION

A.- ANTECEDENTES

En el área de estudio se han perforado los siguientes pozos exploratorios: Aquismón No. 1, Colmena No. 1, Colmena No. 101, - Huichimal No. 1, Lagunillas No. 1, Tanchuchén No. 1 y Tanlajás No. 1 (Fig. No. 1). En las proximidades se perforaron los pozos Valle de Guadalupe No. 1, Tamalihuale No. 1 y Tancanhuitz No. 1, este último por las antiguas compañías petroleras.

Respecto al Pozo Lagunillas No. 1, el cual penetró 6.2 Km. de carbonatos y evaporitas de la Formación Guaxcamá (sin lograr atravesarlos) se consideró a este espesor asociado con un plegamiento intenso.

Se han detectado manifestaciones de hidrocarburos tanto en el subsuelo como en superficie. Las columnas penetradas por los pozos así como sus resultados finales (considerados en la tabla estadística, Fig. No. 2) han permitido inferir la presencia de una carpeta sedimentaria capaz de generar, almacenar y sellar una cantidad importante de hidrocarburos.

B.- OBJETIVO DEL TRABAJO

- a).- Contribuir a un conocimiento geológico mayor del área en estudio.
- b).- Conocer el comportamiento de las rocas carbonatadas del Cretácico Medio e Inferior, mediante trabajos de modelado gravimétrico apoyado con los datos de -

las columnas penetradas por los pozos perforados en el área.

c).- Conocer en base a las interpretaciones sismológicas, el comportamiento de los horizontes reflectores atribuibles al Triásico, Jurásico Superior y Cretácico Inferior.

d).- Recomendar en base a los resultados de los incisos anteriores, las zonas con mayores posibilidades económicas, indicando los lugares apropiados en los cuales se proponen las perforaciones de pozos exploratorios con posibilidades petrolíferas.

C.- METODOLOGIA

En base a la información gravimétrica y geológica derivada de los siguientes pozos exploratorios perforados en el área: Lagunillas No. 1, Tamalihuale No. 1, Tancanhuitz No. 1 y Valle de Guadalupe No. 1, se construyeron cuatro perfiles gravimétricos considerando la anomalía de Bouguer obtenida, efectuando un -- ajuste con la anomalía teórica.

Sismológicamente, se identificaron tres reflectores atribuibles al Triásico, Jurásico Superior y Cretácico Inferior, mismos que se correlacionaron y extrapolaron dentro del área, apoyados con los resultados de los pozos perforados.

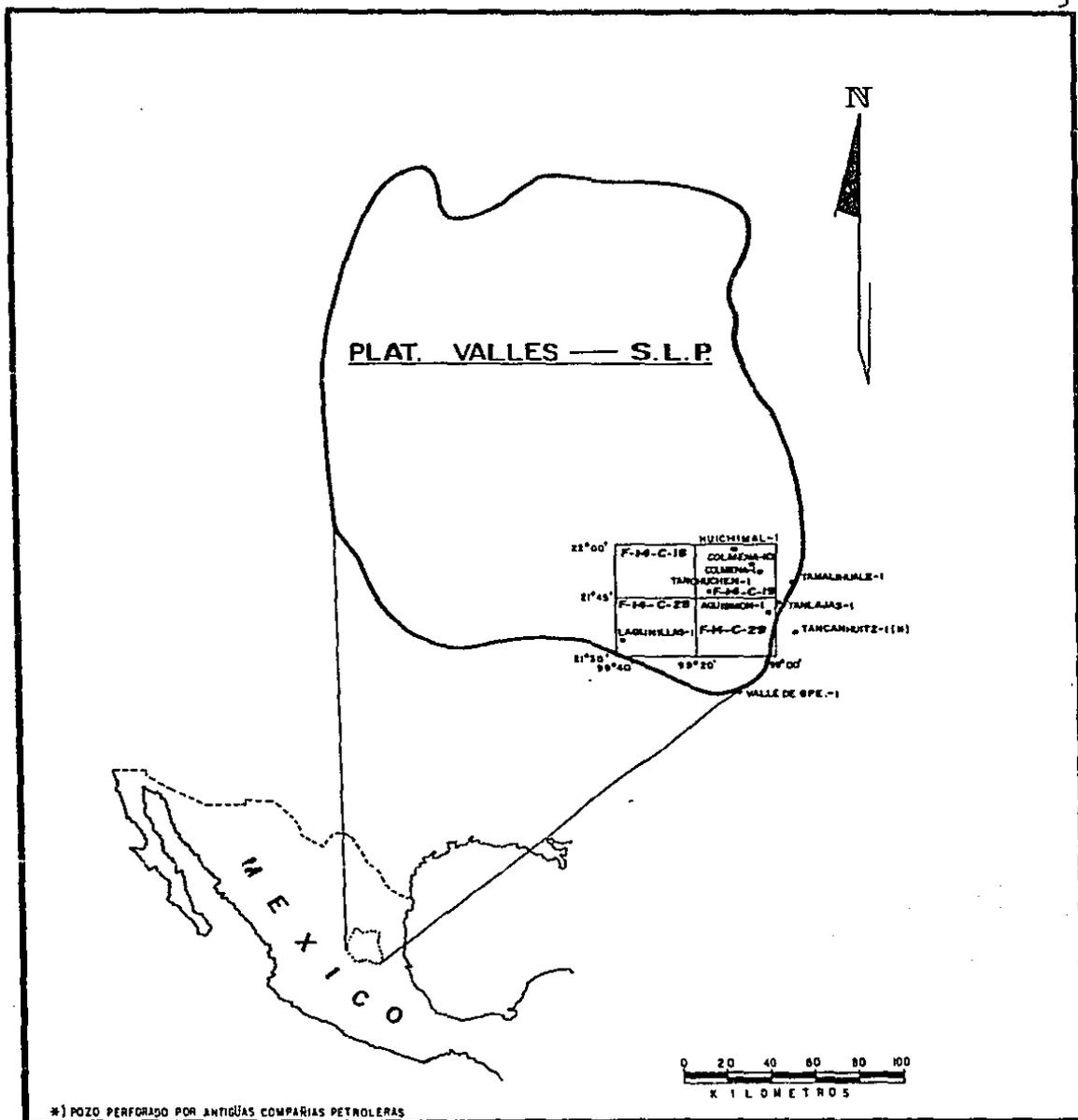


FIG. No. 1
PLANO DE LOCALIZACION DEL AREA

NOMBRE	INICIO - TERMINO	* COLUMNA GEOLOGICA CIMA (m. b.m.r.)	P.T. P.P.	RESULTADOS	OBSERVACIONES
TAMALIPAS-1	15/XI/62 - 10/II/63	Ksf - 3 Complejo estratigr. Ks - 17 Pico - 2112 KLI - 1825 Jp - 1647 Jca - 1143	P.T. = 2125 m. P.P. = 2100 m.	DEFECTIVO SEED	Las perforaciones atraviesan se presentaron compaction.
VALLE DE OTE-1	18/III/71 - 14/VI/72	KLI - 5 Jp - 2545 Jc - 170 Jca - 3117 (reestatico)	P.T. = 4320.5 m. P.P. = 4000 m.	DEFECTIVO SEED	No se presentaron manifestaciones de hidrocarburos.
COLMENA-1	2/X/73 - 10/X/70	Ka - 5 Kyx - 340 Jp - 3022 Jca - 3156 Terr. Kimer. - 3000	P.T. = 3483 m. P.P. = 3000 m.	PRODUCTOR DE GAS NO COMERCIAL	En el intervalo 3483 - 3475 m. se presentaron indicaciones de gas.
AQUISION-1	31/XI/60 - 26/IV/62	Ka - 5 Jp - 2500 Ks - 34 Jca - 2400 Kan - 123 Jca - 3750 Ka - 170 Th - 4000 Ksrf. - 2100	P.T. = 4113 m. P.P. = 4000 m.	DEFECTIVO SEED	No se presentaron manifestaciones de hidrocarburos.
COLMENA-100	15/VII/62 - 21/IX/63	Kan - 7 Jp - 2040 Ka - 50 Kyx - 2417 Jca - 2105	P.T. = 4004 m. P.P. = 4000 m.	DEFECTIVO SEED	No se presentaron manifestaciones de hidrocarburos.
TAMALIPAS-1	29/XI/63 - 13/VI/64	Ka - 4 Jp - 2165 Ksrf - 100 Jca - 2240 Kan - 125 Jca - 2575 Ka - 135 Th - 2640 KLI - 2165	P.T. = 2757 m. P.P. = 4000 m.	DEFECTIVO SEED	No se presentaron manifestaciones de hidrocarburos.
LAGUNILLAS-1	23/IV/62 - 31/VII/60	Hacienda - 5 Kyx - 48	P.T. = 6100 m. P.P. = 5600 m.	DEFECTIVO SEED	En el intervalo 3143 - 3147 se presentaron ligeras manifestaciones de hidrocarburos.
ILICOMAL-1	21/XI/63 - 28/X/65	Ka - 4 Jp - 2762 Ksrf - 40 Jca - 2775 Kan - 116 Jca - 3345 Ka - 100 Jp - 3175 Kyx - 2773	P.T. = 5937 m. P.P. = 6000 m.	DEFECTIVO CON AGUA SALADA.	No hubo manifestaciones de hidrocarburos.
TAMALIPAS-1	21/VII/65 - 07/II/67	Hacienda - Aflora Ka - 15 Kyx - 2770 Jp - 3300 Jca - 3430 Jca - 3433	P.T. = 4220 m. P.P. = 5600 m.	DEFECTIVO CON AGUA SALADA.	Se presentaron ligeras manifestaciones de hidrocarburos.

Km - CRETACICO MENDEZ
 Ksf - CRETACICO SAN FELIPE
 Kan - CRETACICO AGUA NUEVA
 Ka - CRETACICO ABRA
 KLI - CRETACICO TAMALIPAS INFERIOR
 Kyx - CRETACICO GUAXCAMA

FIG. No. 2

TABLA ESTADISTICA DE POZOS PERFORADOS EN EL AREA

* Jp - JURASICO PIMIENTA
 Jca - JURASICO SAN ANDRES
 Jch - JURASICO CHIPOCO
 JI - JURASICO TAMAN

II.- GENERALIDADES

A.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El área estudiada se localiza en la porción centro-oriental de la República Mexicana, con una extensión aproximada de 3,800 Km² que comprende las siguientes hojas topográficas editadas por la Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática dependiente de la Secretaría de Programación y Presupuesto (Fig. No. 1):

F-14-C-18

F-14-C-19

F-14-C-28

F-14-C-29

Los límites del área son:

Al norte el paralelo 22° 00' latitud norte.

Al sur el paralelo 21° 30' latitud norte.

Al oriente el meridiano 99° 00' longitud oeste de Greenwich.

Al poniente el meridiano 99° 40' longitud oeste de Greenwich.

B.- FISIOGRAFIA

La mayor parte del área está localizada sobre la zona de Sierras Altas de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental.

La zona de Sierras Altas de la Sierra Madre Oriental, en la región investigada, tiene una anchura aproximada de 100 Km., en ella se encuentran elevaciones promedio de 1,000 y 1,500 m. (s.n.m.), teniendo únicamente unas franjas angostas de la margen oriental que se encuentran sobre la planicie costera del -

golfo, con una elevación media en los valles de 80 a 90 m., - el principal accidente topográfico en esta zona es la Sierra - de El Abra constituida por calizas arrecifales en las cuales - se ha desarrollado intensa erosión kárstica.

La porción central del área se halla drenada por el río Santa María y sus afluentes los ríos Verde y Valles. En el extremo sur de la región investigada, las aguas escurren hacia los - ríos Extorax y Moctezuma.

Los ríos Santa María y Moctezuma y sus afluentes son tributarios del Río Pánuco.

El drenaje subterráneo emerge a la superficie por medio de numerosas fuentes que se hallan al pie de la Sierra Madre o de la Sierra de El Abra (Fig. No. 3).

C.- TRABAJOS PREVIOS

En el área se han efectuado trabajos de geología superficial que comprenden los de reconocimiento, semidetalle, detalle y de actualización geológica (archivo interno de Pemex).

Asimismo, en las proximidades del Pozo Colmena No. 1 se hicieron trabajos de gasometría y de muestreo geoquímico de sue-los en las cercanías del Pozo Tamalihuale No. 1 y a lo largo de dos secciones estructurales (Xilitla y Ahuacatlán).

Con respecto a los trabajos geofísicos de gravimetría y magnetometría, el área se encuentra cubierta totalmente.

Sismológicamente los trabajos se han desarrollado en la porción oriental del área empleando dinamita como fuente de energía; posteriormente fueron completados estos trabajos utilizando vibradores como fuente de energía y operando en zonas topográficamente difíciles.

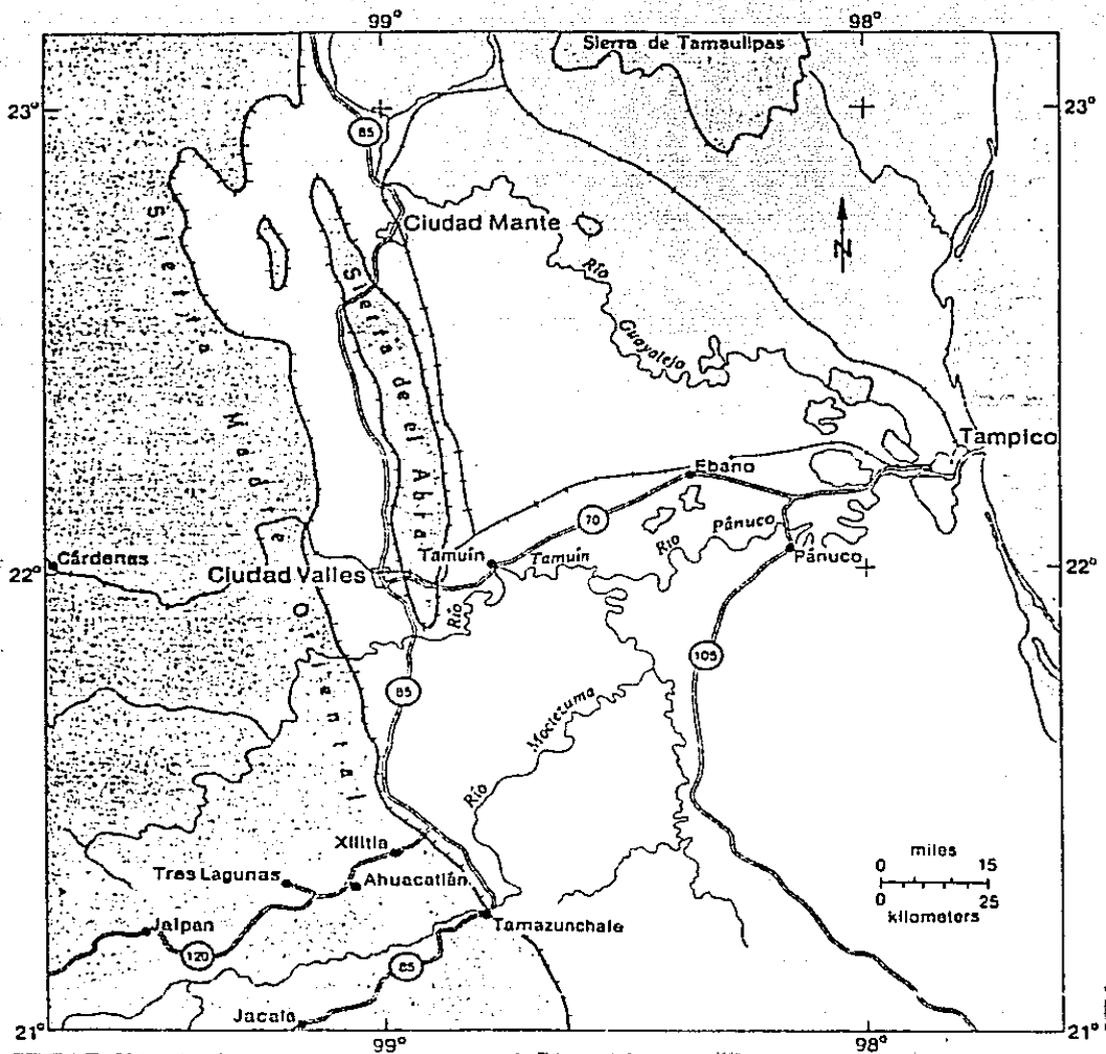


FIG. No. 3
PRINCIPALES RASGOS FISIOGRAFICOS DEL AREA

III.- ESTRATIGRAFIA

En el área afloran rocas que varían del Cretácico Inferior (Aptiano) al Paleoceno-Eoceno (Terciario Inferior), representadas por las formaciones Guaxcamá, El Abra, Tamasopo (miembro inferior), Tamasopo (miembro superior), Agua Nueva, San Felipe, Cárdenas, Méndez y Chicontepec (ver tabla estratigráfica, Fig. No. 4). Los pozos perforados en el área, muestran una secuencia estratigráfica más completa. En los pozos Aquismón No. 1 y Tanlajás No. 1 se reporta la presencia de rocas del Triásico Superior, Jurásico Medio-Inferior y del Jurásico Superior. También se reportan rocas del Cretácico Inferior (formaciones Guaxcamá y Tamaulipas Inferior), Cretácico Medio (El Abra) y Agua Nueva, San Felipe y Méndez del Cretácico Superior.

A.- DESCRIPCION DE LAS FORMACIONES

Estas descripciones en su mayoría son tomadas de las consideradas por Guzmán Rodríguez en su estudio de actualización geológica.

1.- Triásico HUIZACHAL

Esta formación fue definida por D.R. Seamer en 1921 e Imlay en 1943 como capas rojas que descansan sobre rocas paleozoicas. Se encuentra aflorando en el Anticlinorio Huizachal-Peregrina (Cd. Victoria, Tamps.), en el Anticlinorio de Huayacocotla (estado de Hidalgo) y Real del Catorce (San Luis Potosí). Dentro del área los pozos Aquismón No. 1 y Tanlajás No. 1 perforados al oriente reportan su presencia.

Litológicamente se trata de una secuencia de lutitas y areniscas cuarcíferas con abundantes capas o cuerpos conglomeráticos, que presentan un color rojizo y verde. Se le asigna una edad correspondiente al Triásico Superior (Noriano-Rhetiano). Se trata de depósitos continentales tipo "molasse" producto de la erosión de elementos positivos.

2.- Jurásico Inferior (Formación HUAYACOCOTLA)

Fueron R.W. Imlay, E. Cepeda, M. Alvarez Jr. y T. Díaz, quienes en 1948 asignaron el término formal a la secuencia de más de 300 m. de espesor de rocas arcillosas del Liásico que afloran en el norte de Veracruz, norte de Puebla y este de Hidalgo, señalando estos autores como localidad tipo los afloramientos a lo largo del Río Vinazco. Rueda en 1975 divide a la unidad Huayacocotla en dos formaciones, la Formación Huayacocotla de origen marino y la Formación Rosario que contiene capas con plantas continentales. En el área no se reportan afloramientos de esta unidad: La presencia de la Formación Huayacocotla en el subsuelo ha sido identificada en los pozos Colmena No. 1, Colmena No. 101, Huichimal No. 1 y Tanchuchén No. 1. Litológicamente la Formación Huayacocotla está constituida por un conglomerado de fragmentos de cuarzo y rocas metamórficas de color verdoso, suprayaciéndola alternadamente una secuencia de areniscas y lutitas. Se le asigna una edad del Jurásico Inferior (Hettangiano Superior-Sinemuriano). A las rocas pertenece

cientes a esta formación por su contenido carbonoso y abundancia de sulfuros de fierro se les infiere un medio ambiente de depósito reductor, aguas de circulación restringida (bahía cerrada). La presencia de la Formación Rosario, se reporta únicamente en el Pozo Aquismón No. 1.

3.- Jurásico Medio (Formación CAHUASAS)

Esta formación fue estudiada por primera vez por Fher y Bonnard en 1930. J. Carrillo Bravo en 1965 propone el término Formación Cahuasas. La localidad tipo de esta formación se encuentra en el Rancho Cahuasas, Hgo. sobre el Río Amajac, al SE de Chapulhuacán, Hgo. En el área se ha identificado en el subsuelo, su presencia se reporta en los pozos Colmena No. 101, Huichimal No. 1, Tanlajás No. 1 y Tanchuchén No. 1, perforados en la porción oriental. La Formación Cahuasas se halla representada por conglomerados mal clasificados, en capas gruesas, compuestos por fragmentos subangulares de areniscas de cuarzo, lutitas y limolitas de color rojo que contienen abundantes laminitas de mica blanca. No se le han encontrado indicaciones paleontológicas; sin embargo, por su posición estratigráfica se le ha asignado una edad correspondiente al Jurásico Medio (Bajociano-Bathoniano). Se trata de rocas sedimentarias continentales asociadas probablemente con abanicos aluviales.

4.- Jurásico Superior (Formación CHIPOCO)

En el año de 1972 C. Hermoso y J. Martínez proponen denominar con este nombre a "un conjunto de rocas sedimenta-

rias dispuestas en una alternancia de calizas cristalinas y lutitas calcáreas", las cuales representan la zona de transición entre depósitos de cuenca y plataforma. No se reportan afloramientos de esta formación en el área de estudio. En el subsuelo fue identificada en el Pozo Aquismón No. 1, perforado al oriente. Esencialmente consiste de wackestones y packstones de bioclastos y pelotoides de color gris oscuro con intercalaciones de lutitas calcáreas, con escasos nódulos de pedernal negro. De acuerdo a la microfauna estudiada se le ha asignado del Kimmeridgiano. Se correlaciona con las formaciones Tamán, San Andrés y Ulvido. Aguayo (1977) ha establecido que las rocas de esta formación no son exclusivas de depósitos marinos de talud como se ha considerado en trabajos anteriores, sino que se trata de sedimentos que sugieren un ambiente sedimentario litoral, marino somero y profundo, y de talud con pendiente fuerte.

5.- Formación SAN ANDRES

Burckhardt en 1930 fue el primero quien describió los afloramientos de esta unidad, expuestos en la región de Huayacocotla. Cantú en 1969 la llama miembro San Andrés de la Formación Tamán cuya localidad tipo se encuentra en el campo San Andrés, al SE de Poza Rica. Dentro del área, los trabajos geológicos de superficie no reportan su presencia. En el subsuelo los pozos Colmena No. 1, Huichimal No. 1, Tanlajás No. 1 y Tanchuchén No. 1, sí

reportan su presencia. Está representada por calizas calcáreas y dolomías (Campa 1970) en lentes o franjas, porosas y permeables que son almacenadoras de hidrocarburos en las zonas Poza Rica y Norte. Estos lentes son variaciones laterales y verticales de los sedimentos calcáreos de la Formación Tamán. Se le asigna una edad del Kimmeridgiano; cronológicamente se correlaciona con las formaciones Chipoco, Tamán, Olvido. Las rocas de la Formación San Andrés fueron depositadas en un ambiente marino de poca profundidad y claras, de temperatura cálida, salinidad normal y bien oxigenadas.

6.- Formación PIMIENTA

Heim (1926) denominó con el término Formación Pimienta a "una serie de calizas densas de estratificación delgada de color negro y blanco", ubicando como localidad tipo los afloramientos existentes en el Rancho Pimienta, situado sobre el Río Moctezuma al SSE de Tamazunchale, S.L.P. Esta formación no aflora en el área. Fue identificada en el subsuelo en los pozos Aquismón No. 1, Colmena No. 1, Huichimal No. 1, Tanlajás No. 1 y Tanchuchén No. 1, los cuales fueron perforados en la porción oriental del área. Se compone de mudstones y wackestones con microfósiles, las rocas son arcillosas, con intercalaciones de lutitas calcáreas ocasionalmente bentoníticas y escasos lentes con nódulos de podernal negro, se le asigna una edad thoniense. Se correlaciona cronológicamente con las for-

maciones La Casita y La Caja. Las rocas de la Formación Pimienta fueron depositadas en ambientes marinos variables, de neríticos a infraneríticos, en los que existieron aportes de material terrígeno bajo condiciones reductoras que permitieron la preservación de la materia orgánica.

7.- Formación GUAXCAMA

Las rocas de esta formación fueron inicialmente estudiadas por Castillo en 1859, Aguilera en 1869, Seitz en 1906, White en 1909, Willich en 1920 y Goldschmid en 1933, quien las nombró como "zona de yesos". En 1965 J. Martínez denominó con el término "Formación Guaxcamá", a una secuencia evaporítica cuya localidad tipo se encuentra al oeste del poblado Guaxcamá, al sur de Cerritos, S.L.P. En el área de estudio, superficialmente tiene una distribución muy pobre, se localizan dos afloramientos pequeños localizados al suroccidente de la Hoja INEGI F-14-C-28. En el subsuelo su distribución es amplia, dentro del área ha sido observada en los pozos Colmena No. 1, Colmena No. 101, Huichimal No. 1, Lagunillas No. 1 y recientemente en el Pozo Tanchuchén No. 1. Litológicamente se constituye de yesos y anhidritas de aspecto sacaroides con estratificación de fina a gruesa. Intercaladas con los yesos, esporádicamente se encuentran calizas microcristalinas y dolomías de color gris oscuro. En el Pozo Lagunillas No. 1 se cortó un espesor parcial de 6.2 Km. de estos

sedimentos. En base a su posición estratigráfica y a — que infrayace a las rocas de la Formación El Abra del — Albiano-Cenomaniano, se le asigna una edad aptiense. Se considera que esta formación se depositó en extensas lagunas cerradas e hipersalinas con un alto índice de evaporación que originó su precipitación.

8.- Formación TAMAULIPAS INFERIOR

Fue definida en la Sierra de Tamaulipas en 1921 por W. — Stephenson. Esta formación no aflora dentro del área de estudio. Su presencia en el subsuelo se reporta en los pozos Aquismón No. 1, Tanlajás No. 1 y Tamalihuale No. 1, perforados en la porción oriental del área. En el informe final del Pozo Aquismón No. 1 se reporta un espesor — cortado de 175 m. constituido de tres cuerpos: la parte — basal es un mudstone de color café oscuro con fragmentos de dolomía café oscuro de grano grueso (45 m.). En la — parte media una dolomía de color café claro (25 m.) y en la parte superior constituido por un mudstone ligeramente arcilloso de color café, wackestone y packstone de microfósiles del mismo color, con algunas fracturas selladas — por calcita y líneas estilolíticas. Basándose en su contenido microfaunístico se le asigna una edad del Berriano-Barremiano. Se infiere de las características litológicas y microfaunísticas que ésta se depositó bajo condiciones marinas en aguas neríticas de baja energía y con un fondo de escasa pendiente.

9.- Formación EL ABRA

En 1925 Heim la llamó caliza arrecifal, en el Cañón de El Abra de la vía del F.F.C.C. Tampico-San Luis Potosí.

En 1936 Muir, la divide en facies Taninul o arrecifal y facies de miliólidos o post-arrecifal. Se encuentra aflorando, cubriendo un 50% del área. Está caracterizada por calizas de color café grisáceo a café claro. El tamaño de los granos es de medio a grueso, se constituye por mudstone-wackestone de miliólidos y peletoides.

Se encuentra fracturada y las fracturas están rellenas por calcita, también se observan líneas estilolíticas paralelas a la estratificación. De acuerdo a su posición estratigráfica, contenido orgánico y características litológicas, se le asigna una edad Albiano-Cenomaniano.

Se infiere que se depositó en una plataforma relativamente estable, cubierta por mares de aguas someras, cálidas y bien oxigenadas, cuyo régimen hidrodinámico oscila de alta a baja energía.

10.- Formación TAMASOPO

En 1906 E. Bösse asignó el nombre de Formación Tamasopo a un paquete de calizas masivas de tipo lagunar localizadas en el Cañón de Tamasopo, S.L.P. En la actualidad se le divide en dos miembros, el miembro inferior del Turoniano constituido por facies calcáreas de litología mixta (cuenca y plataforma) y el miembro superior del Coniaciano-Santoniano constituido por rocas carbonatadas, de aguas someras (plataforma). Su distribución es am—

plia, en sus dos miembros, comprende la mayor parte del prospecto. Litológicamente su miembro inferior está caracterizado por mudstone-wackestone calcáreo-arcilloso con microfósiles planctónicos, de color gris claro, café claro a crema, estratificación delgada a gruesa (de 10 a 70 cm.). Se reporta la presencia de fracturas selladas por calcita y líneas estilolíticas. El miembro superior, se caracteriza por un mudstone-wackestone, y en ocasiones packstone de pelotoides, fragmentos biógenos y granos indeterminados, de color café claro a café crema que intemperizan en gris claro a café grisáceo; estratificación delgada a gruesa y en ocasiones, masiva. Por su contenido orgánico y posición estratigráfica se le asigna una edad turoniense para el miembro inferior y de Coniaciano-Santoniano para el miembro superior. Se infiere que el miembro inferior se originó en una cuenca nerítica en condiciones de salinidad normal, mientras que el miembro superior fue formado dentro de un ambiente lagunar.

11.- Formación AGUA NUEVA

El término Agua Nueva fue primeramente aplicado por Stephenson en 1921 a los estratos expuestos en las faldas de las colinas del poniente de la Sierra de Tamaulipas. Muir en 1934 aplicó formalmente la denominación de Formación Agua Nueva, indicando que esta unidad se expone típicamente en el Cañón de La Borrega, en las cercanías de la ranchería de Agua Nueva, y en donde consiste de luti-

tas negras interestratificadas con calcilitas de color gris oscuro. Los afloramientos de esta formación en el área están restringidas a la porción oriental. En el subsuelo, ha sido reconocida en los pozos Aquismón No. 1, — Colmena No. 101, Huichimal No. 1 y Tanlajás No. 1. Está constituida de mudstone y wackestones arcillosos con abundantes organismos planctónicos, presenta microlaminaciones. Se reporta que del análisis microfaunístico fueron identificados fósiles indicativos del Turoniano. Dentro del área se correlaciona cronoestratigráficamente con el miembro inferior de la Formación Tamasopo. Se infiere — que su depósito debió ocurrir en un ambiente de aguas — tranquilas que favorecieron la vida marina.

12.— Formación SAN FELIPE

En 1910 Jeffreys empleó el término San Felipe en un reporte privado. El nombre fue formalmente introducido por — Muir en 1936, con localidad tipo en el Rancho San Felipe en el kilómetro 540 de la vía del F.F.C.C. Tampico—San — Luis Potosí. Se encuentra aflorando en la porción nor—oriental del área, bordeando algunas estructuras anticlinales o rellenando pequeños sinclinales; en el subsuelo — fue identificada en los pozos Aquismón No. 1, Huichimal — No. 1, Tanlajás No. 1 y Tamalihuale No. 1. Esta forma—ción está compuesta de wackestones de microfósiles, arcíllosos y bentoníticos de color gris a gris verdoso, la estratificación es delgada. La microfauna reportada indica

una edad del Coniacino-Santoniano. Es isócrona en el —
 área con el miembro superior de la Formación Tamasopo.
 Respecto a su ambiente de depósito, se infiere la presen-
 cia de un mar abierto, en donde las profundidades oscila-
 ban de neríticas a batiales, con depósitos intermitentes
 de tobas y arcillas.

13.- Formación CARDENAS

Bösse en 1906 fue el primero en estudiar a las rocas ar-
 cillo-calcáreas y arenosas del Cretácico Superior aflor-
 rantes en las cercanías de la estación Cárdenas, S.L.P.,
 aplicándoles el nombre de "División Cárdenas"; posterior-
 mente seis versiones se publicaron sobre ésta: Bösse y
 Cavins en 1927, Burckhardt en 1930, Heim en 1940, que—
 nes la denominaron como capas Cárdenas, Mulleried en —
 1941, Wade e Imlay en 1944. Fue hasta 1968 cuando Myers
 establece con exactitud la estratigrafía y el espesor de
 la formación, definiéndola como una unidad muy fosilife-
 ra. Dentro del área se encuentra regularmente distribui-
 da, aflora principalmente al noroccidente de la misma.
 Esta formación presenta secuencias de lutitas con inter-
 calaciones de areniscas de color gris a gris verdoso, —
 que intemperizan en amarillo ocre a crema. En base a su
 contenido microfauístico se le dató, asignándola al Cam-
 paniano-Maestrichtiano. Es isócrona con la Formación —
 Méndez que aflora en la porción oriental del área. Se —
 considera que se trata de depósitos de aguas someras, —

con aporte de sedimentos terrígenos.

14.- Formación MENDEZ

El término Méndez fue usado inicialmente por Jeffreys en 1910; sin embargo, el primero en definir formalmente a esta unidad fue De Golyer en 1915 quien designa como localidad tipo los afloramientos ubicados a 300 m. al este de la estación Méndez, sobre el kilómetro 629.3 de la vía férrea Tampico-Valles. Se compone de lutitas calcáreas y margas de color café y gris verdoso que intemperizan en amarillo ocre, generalmente la estratificación está ausente y se presenta deleznable y fisil. Su fractura es concoidal y comunmente presenta vetillas de 1 a 5 cm. rellenas de carbonato de calcio.

Los reportes indican que la microfauna observada es del Campaniano-Maestrichtiano, es isócrona en el área con la Formación Cárdenas. Las distintas litologías que presenta esta formación evidencian una variedad de ambientes sedimentarios de neríticos a batiales que existieron sobre áreas subsidentes.

15.- Formación CHICONTEPEC (miembro basal)

La definió Dumble en 1918 como una serie de areniscas y lutitas que afloran en los alrededores del poblado de Chicontepec, Ver. En estudios posteriores se hizo notar que esta formación tiene cambios de facies tanto laterales como verticales, por lo cual se dividió en miembro -

superior, medio, inferior y basal. Este último es el — miembro que se identificó. Aflora en la porción sudoriental del área. Se reporta como una arenisca con pobre madurez textural, los granos se encuentran en una matriz arcillo-calcárea de color amarillo crema con intercalaciones de lutitas de color azul-verdoso, con estratos de 2 a 20 cm., es una secuencia rítmica tipo "flysch". Se le ha asignado del Eoceno Inferior-Paleoceno.

Se infiere que estos sedimentos tipo "flysch" fueron depositados en una cuenca marginal inestable con una batimetría de infrancrítico a batial y abisal.

IV.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

A.- MARCO LOCAL

Se caracteriza por un sistema de plegamientos recostados al oriente y en ocasiones fallados en su porción oriental con estilos de deformación de acuerdo a las características, composición y espesor de las rocas, así se puede observar diversidad de estructuras anticlinales (simétricos, asimétricos, — pliegues recumbentes, en chevrón, fallamientos normales, inversos, de corrimiento, etc.).

Las estructuras anticlinales son generalmente asimétricas, recostadas al oriente y ocasionalmente falladas inversamente en sus flancos orientales, con una orientación general de NNW-SSE, aflorando en sus partes axiales rocas de las formaciones Guaxcamá, El Abra, Tamasopo y ocasionalmente la Formación — Cárdenas; estas estructuras también se encuentran a veces — afectadas por fallas de tipo normal.

Las estructuras sinclinales están representadas topográficamente por depresiones formando estrechos valles generalmente asimétricos donde afloran en sus partes axiales sedimentos de la Formación Tamasopo (miembro superior) y Cárdenas, así como rocas ígneas extrusivas de tipo basáltico y sedimentos aluviales del Cuaternario (Fig. No. 5).

B.- MARCO REGIONAL

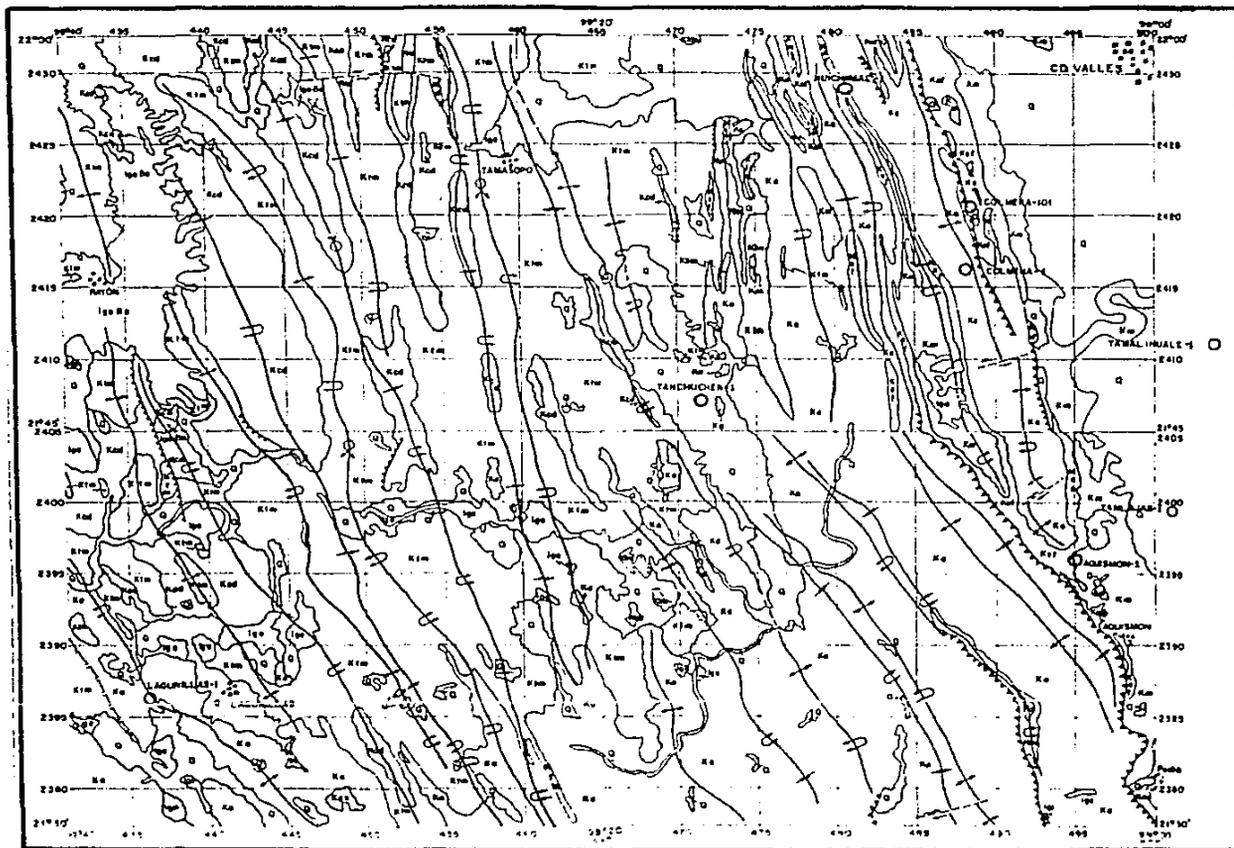
El área de estudio se encuentra dentro de la unidad paleogeográfica mesozoica denominada Plataforma Valles-San Luis Potosí

si. Originalmente (Carrillo Bravo, 1969) la definió como un segmento de rocas precámbricas, paleozoicas y triásicas, plegadas y afalladas sobre el cual se depositó una secuencia delgada de sedimentos marinos del Jurásico Superior y potentes secciones de rocas evaporíticas y calizas de tipo arrecifal y post-arrecifal del Cretácico Inferior, Medio y Superior. Se considera que el plegamiento que durante el Terciario Inferior, afectó a la unidad paleogeográfica mencionada, fue intenso y estuvo influenciado por las evaporitas que se encuentran entre las rocas rígidas antiguas y las calizas del Cretácico Medio y Superior.

TABLA ESTRATIGRAFICA									
	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	AREA SILITLA	POZO COLMENA N°1	RANGO DE VALORES DE			
				FORMACION	FORMACION	SUSCEPTIBILIDAD (%)	DE DENSIDAD (g/cm ³)		
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE		ALBUCA			12.42 x 10 ⁻⁴	2.17	
		PLEISTOCENO					200-432 x 10 ⁻⁴	2.32	
CENOZOICA	TERCIARIO	PLIOCENO							
		MIOCENO							
		OLIGOCENO							
		EOCENO	LURIANO						
			BARBIANO						
			SUBIPIANO						
			LEZIANO						
			FRASIANO						
		PALEOCENO							
		MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR		CARDENAS MENDEL			0.8 x 10 ⁻⁴
MEDIO				EL ABRA	EL ABRA		0.8 x 10 ⁻⁴	2.62	
INFERIOR				SUASCAMA	SUASCAMA		0	2.50	
MESOZOICA	JURASICO	SUPERIOR					100 x 10 ⁻⁴	2.78	
		MEDIO							
		INFERIOR							
MESOZOICA	TRIASICO	SUPERIOR							
		MEDIO							
		INFERIOR							
PALEOZOICA	PERMICO								
	CARBONIFERO								
	DEVONICO								
	SILURICO								
	ORDOVICICO								
	CAMBRIICO								
PRECAMBRICO									

FIG. No. 4

TABLA ESTRATIGRAFICA DEL AREA. SE INCLUYE EL RANGO DE VALORES DE DENSIDADES Y SUSCEPTIBILIDADES MEDIDAS EN EL POZO COLMENA No. 1



- LEYENDA**
- CLATONIANO
 - CRETACICO BASAL
 - CRETACICO NUBOZ
 - CRETACICO CARDENAS
 - CRETACICO SAN FELIPE
 - CRETACICO TAMASOPO
 - CRETACICO EL AMBA
 - CRETACICO GUACAMA
 - ROCAS INMEAS EXTRUSIVAS
 - ROCAS INMEAS EXT. BASICAS
 - ANTICLINAL SINGULAR
 - RECUMBENCIA
 - PLIEGUE EN ARABICO
 - FALLA INVERSA
 - FALLA DE SOBRIENTO
 - SINGULAR RECUMBENTE

FIG. No. 5
PLANO GEOLOGICO
DEL AREA

0 5 10
KILOMETROS

V.- GEOFISICA

A.- GRAVIMETRIA

Se obtuvo un plano de anomalías de Bouguer (Fig. No. 6), considerando los valores de gravedad observados y corregidos de acuerdo a los valores de densidad reportados en los trabajos previos de este tipo, así como con los obtenidos en el Pozo Colmena No. 1 (ver Fig. No. 4), habiéndose seleccionado el nivel del mar como nivel de referencia con una densidad de corrección de 2.65 gr/cm^3 .

Análisis Cualitativo

Del plano de anomalías de Bouguer (Fig. No. 6).

En este plano se identifican dos zonas (I y II), la primera (Zona I), que comprende la porción oriental del área hasta la coordenada U.T.M. 480. La segunda (Zona II) referida desde esta última coordenada mencionada hasta la U.T.M. 400.

Dentro de la primera zona considerada (I), la parte norte muestra un gradiente de oriente a occidente, a razón de 1 mg. por kilómetro, mostrando las líneas isoanómalas un paralelismo asociado a cambios laterales de densidad dentro de la secuencia carbonatada.

Hacia la parte sur este efecto de paralelismo disminuye, y se nota la presencia de algunas anomalías semicirculares asociadas con máximos y mínimos gravimétricos, de dimensiones reducidas. Los más notorios se sitúan al oriente del Pozo Valle de

Guadalupe No. 1.

Respecto a la segunda zona (II), en su parte norte-media se aprecia una anomalía gravimétrica, asociada a un máximo. En sus proximidades se perforó el Pozo Lagunillas No. 1, el cual penetró un espesor de 6,200 m.b.n.t. de rocas carbonato-evaporíticas, consideradas del Cretácico Medio y/o Inferior.

Este máximo gravimétrico es el más notorio. Tiene una amplitud aproximada de 15 Km. Al occidente del Pozo Lagunillas No. 1, se nota un gradiente gravimétrico en esta misma dirección del orden de 3.6 mg. por kilómetro, tentativamente atribuible a un contraste lateral de densidades, interpretado también como un probable paso de falla con caída al occidente.

En este plano de anomalías de Bouguer se marcaron algunas tendencias que presentan máximos y mínimos gravimétricos, la orientación que guardan es NW-SE. Sin embargo, a la altura del Pozo Lagunillas No. 1, se ve un desplazamiento y consecuentemente una distorsión de las tendencias. Este efecto es notorio hasta las cercanías del Pozo Tanchuchén No. 1. Entre cada una de las tendencias marcadas en el plano, se notan algunos gradientes, los cuales aumentan al occidente, que son atribuidos a pasos de falla, tal como se aprecia al oriente y occidente de los pozos Tanchuchén No. 1 y Valle de Guadalupe No. 1.

Análisis Cuantitativo

Es sabido que la anomalía de Bouguer, es el resultado de la su-

ma de efectos gravimétricos provocados por los excesos o deficiencias de masa existentes en la corteza terrestre, obtenidos por la diferencia entre la gravedad observada y la gravedad teórica.

En un plano de anomalía de Bouguer, se observan dos tipos de tendencias, una de las cuales es uniforme. A esta tendencia se le denomina "anomalía regional", se asume que es provocada por el basamento. Las otras tendencias de la anomalía de Bouguer, tienen un carácter irregular. A este tipo de tendencia se le denomina "anomalía residual" y es producida por estructuras locales y más someras con respecto al basamento.

Para separar los efectos antes descritos se consideraron cuatro perfiles gravimétricos: A-A', B-B', C-C' y D-D' conteniendo los datos de la anomalía de Bouguer, tal como se ve en el plano correspondiente (Fig. No. 6). Se suavizaron las líneas de configuración de la anomalía de Bouguer tomando en cuenta la variación regional, esta variación se resta del mapa de Bouguer original para obtener, a lo largo de los perfiles, la anomalía "residual".

A estos datos se les aplicó el método de "Talwani", para el cálculo de estructuras bidimensionales de forma arbitraria. Se asoció la anomalía "residual" con el comportamiento de la secuencia carbonatada en el área.

De los cuatro perfiles se obtienen los resultados siguientes:

Perfil A-A'

Este perfil (Fig. No. 7) liga los pozos Lagunillas No. 1 al occidente y Tamalihuale No. 1 perforado al oriente; se observa lo siguiente:

En las cercanías del Pozo Lagunillas No. 1 y hasta 15 Km. al oriente se asume la posibilidad de encontrar espesores carbonatados de edad cretácica mayores de 5,000 m., los cuales estarían asociados con un máximo gravimétrico según se puede ver en el perfil. Inmediatamente a la derecha de este máximo en el kilómetro 27.5 se muestra un mínimo gravimétrico al cual le correspondería una disminución del paquete carbonatado. En la parte media del perfil se nota un máximo gravimétrico de dimensiones reducidas, lo que provoca un ligero aumento del paquete de carbonatos.

Finalmente en el extremo oriente del área, próximo al Pozo - Tamalihuale No. 1, se observa un máximo gravimétrico, mostrándose el espesor de los carbonatos un tanto uniformes. Geológicamente se considera que el paquete carbonatado interpretado, se encuentra suprayaciendo a un cuerpo de rocas del Jurásico-Triásico con una densidad de 2.530, el cual a su vez estaría sobreyaciendo a unos bloques del basamento con densidades de 2.90 y 3.0.

Se considera que el ajuste obtenido entre la anomalía observada y la anomalía calculada es razonable, y de acuerdo al objetivo de este trabajo, a lo largo del perfil se recomien-

dan dos zonas de posible interés económico por el acortamiento que se considera, sufre el paquete de carbonatos, siendo en el primer caso en el kilómetro 37.5, de 2,100 m. y en el segundo, en el kilómetro 50, de 2,000 m.

Perfil B-B'

Este perfil, con una orientación aproximada E-W, comprende la porción media del área (Fig. No. 8); inicia al occidente en el Pozo Lagunillas No. 1, el cual a la profundidad de 6,200 m. b.m.r. no logró atravesar la secuencia carbonato-evaporítica del Cretácico Inferior. Gravimétricamente este espesor se asocia con un máximo de dimensiones considerables; 25 Km. al oriente de este pozo se manifiesta un mínimo gravimétrico, el cual se relaciona con una disminución del paquete de carbonatos. Al oriente se presenta otro máximo gravimétrico regional, el cual se interpreta que se debe al aumento en el espesor del paquete carbonatado.

A lo largo del perfil se considera la presencia de tres cuerpos carbonatados que tendrían una variación lateral de densidades, la cual aumentaría de oriente a occidente, lo que implicaría tener en las proximidades del Pozo Lagunillas No. 1 un espesor de rocas carbonatadas del Cretácico Inferior mayor de 5,000 m., con una densidad de $\rho = 2.80$. Este paquete de rocas se interpreta que estaría descansando sobre un cuerpo de rocas del Jurásico-Triásico, el cual a su vez estaría suprayaciendo a un conjunto de bloques del basamento y cuyas densidades variarían de 2.80 a 3.0. A lo largo del

perfil se recomiendan dos zonas con posibilidades económicas; la primera situada en la parte media del perfil, aproximadamente en el kilómetro 33, donde el espesor de carbonatos sería del orden de 2,700 m.; la segunda estaría situada en el kilómetro 72.5 con un espesor por considerar de 2,700 m. Se considera que el ajuste logrado entre la anomalía observada y la anomalía calculada es aceptable.

Perfil C-C'

Este perfil (Fig. No. 9) con una orientación aproximada ENE-WSW, se encuentra situado en la parte sur del área, inicia en el occidente 23 Km. al sur del Pozo Lagunillas No. 1 para ligar al oriente con el Pozo Tancanhuitz No. 1. Este pozo no se consideró en la tabla estadística de pozos por tratarse de un pozo antiguo, perforado por las antiguas compañías petroleras. Sin embargo, se le reportó un espesor de 1,464 m. de sedimentos carbonatados del Cretácico Inferior, Medio y Superior a una profundidad total de 1,704 m. b.n.m.

Este perfil, al occidente, muestra a diferencia de los dos anteriores, una alternancia de máximos y mínimos gravimétricos de reducidas dimensiones, que provocan variaciones mínimas del paquete carbonatado. Por el contrario, al oriente se observa un máximo gravimétrico regional al cual se asocia un incremento del paquete carbonatado considerándose espesores mayores de 4,000 m. A lo largo del perfil se interpreta la presencia de tres cuerpos cuyas densidades varían lateralmente -

con un incremento al occidente. Estos cuerpos se encuentran suprayaciendo a un paquete de rocas del Jurásico-Triásico, el cual a su vez suprayace a un conjunto de rocas del basamento tal como se muestra en la Fig. No. 9. A lo largo del perfil se recomiendan tres zonas de posible interés económico, la primera de ellas localizada en el kilómetro 20 con un espesor probable de 1,300 m.; la segunda en el kilómetro 30, con un espesor de 2,000 m. y finalmente la tercera, en el kilómetro 47.5 con posibilidad de tener un espesor del orden de los 1,800 m. Con respecto al máximo gravimétrico regional que se tiene al oriente, al cual se le asocia un espesor mayor de 4,000 m., es notoria su presencia y contrasta con lo que se observa en los dos perfiles anteriores.

Perfil D-D'

Este perfil (Fig. No. 10) comprende la porción sur del área, liga los pozos Valle de Guadalupe No. 1 (perforado en las proximidades del área) y Tancanhuitz No. 1, al oriente.

Al occidente del Pozo Valle de Guadalupe No. 1 gravimétricamente se observa un máximo de dimensiones amplias, al cual se asocia un paquete de carbonatos mayor de 2,500 m. Inmediatamente a la derecha de este máximo se nota un mínimo gravimétrico que genera una disminución considerable en el paquete de carbonatos. Al oriente, el perfil gravimétrico muestra un máximo regional el cual presenta a su vez, una serie de mínimos y máximos irregulares con los cuales se asocia también una variación irregular del paquete considerado, pre

sentándose al oriente del Pozo Valle de Guadalupe No. 1 en el kilómetro 40 con más de 4,000 m. de espesor y disminuyendo en dirección al Pozo Tancanhuitz No. 1. Se asume que estos cuerpos con densidades que varían de 2.65 a 2.80, descansan sobre un cuerpo de rocas del Jurásico-Triásico, que a su vez, suprayacen a una serie de bloques del basamento los que lateralmente presentan también variaciones de densidad. A lo largo de este perfil dos son las zonas con posibilidades económicas que se recomiendan, la primera localizada en el kilómetro 14.5, en donde se tiene un paquete reducido. La segunda situada en el kilómetro 58 en donde el espesor es un poco mayor, pero este punto podría geológicamente corresponder con la transición de los carbonatos con contenido de anhidritas y con la presencia de las dolomías de la Formación Tamaulipas Inferior de edad Cretácico Inferior.

B.- SISMOLOGIA

Fue analizada e interpretada la información sismológica obtenida en los diversos trabajos efectuados en el área, junto con los resultados de los pozos exploratorios perforados (Fig. No. 11). Se identificaron tres horizontes sismológicos que se relacionaron con las cimas del Triásico Superior, Jurásico Superior y Cretácico Inferior. Se obtuvieron tres diferentes planos, en los cuales se configuraron los tiempos de reflejo para cada una de las cimas asociadas, con la finalidad de conocer su distribución. Los resultados son los siguientes:

1.- Cima del Triásico

En la Fig. No. 12 se muestra su configuración. Este horizonte fue identificado litológicamente en los pozos — Aquismón No. 1 y Tanlajás No. 1 y sismológicamente mediante la línea No. 53 (Fig. No. 13) los rasgos configurados se interpretan de la siguiente manera:

Se distinguen dos características principales; una que comprende la porción occidental del plano. En ella se interpreta que la cima de las rocas del Triásico se encuentran afectadas por diversas fallas de tipo normal, que conforman horsts y grabens. En la parte media de esta porción, es notoria la presencia de uno de estos grabens, el cual está limitado en sus partes norte y sur por dos fallas normales que han sido identificadas como F-II y F-III. Se distingue también cómo la cima de esta formación tiende a levantarse en forma escalonada en dirección a los pozos Huichimal No. 1 y Aquismón No. 1. Se interpreta que este escalonamiento es ocasionado por las fallas normales F-I y F-IV. Respecto a la porción oriental, en la parte norte destaca un graben, ligeramente estrecho, limitado por dos fallas normales (F-V y F-VI). Este graben tiende a profundizarse mayormente hacia el este mostrando en su parte media un aterrazamiento. Hacia el sur los tiempos de reflejo para esta cima del Triásico, tienden a disminuir, formando pequeños horsts, que corresponden con la ubicación de los pozos —

Tanlajás No. 1 y Aquismón No. 1 principalmente. Estos horsts, se encuentran limitados por las fallas normales F-VII, F-VIII y F-IX. De lo anterior, se postula la presencia de una depresión de edad triásica afectada por diversas fallas de tipo normal, situada entre los pozos — Aquismón No. 1 y Huichimal No. 1 al oriente y continuándose al occidente en las proximidades del Pozo Lagunillas No. 1, donde presumiblemente se profundiza (Fig. No. 14). Así, se considera que la morfología de esta cima asociada al Triásico, condicionó el depósito de las formaciones jurásicas y cretácicas que le suprayacen, y que es factible además tener una columna sedimentaria mayor en los grabens, así como la presencia de trampas estratigráficas por acúmulo y/o por cambio de facies dentro de las formaciones del Jurásico Inferior, Medio y Superior.

2.- Cima del Jurásico Superior (Tithoniano)

En la Fig. No. 15 se muestra su configuración. Litológicamente esta cima atribuida al Jurásico Superior fue identificada en los pozos Aquismón No. 1, Colmena No. 1, Huichimal No. 1, Tanlajás No. 1, Tamalihuale No. 1 y recientemente en el Pozo Tanchuchén No. 1.

En el plano configurado se diferencian dos zonas; una que comprende la porción occidental, situada en las proximidades de los pozos Colmena No. 1 y 101, en la que se observa cómo los eventos sismológicos asociados con la cima de las rocas del Jurásico, forman una nariz estructural que

buza en dirección SW. Al sur de esta nariz, esta cima se profundiza, formando una parte hundida que se levanta en dirección al Pozo Aquismón No. 1. En la porción oriental esta cima se nota más levantada y muestra una tendencia a profundizarse hacia el poniente.

Se bosquejan algunos cierres estructurales que corresponden con la ubicación de los pozos Tamalihualc No. 1, Tanlajás No. 1 y Aquismón No. 1, formando entre estos pozos un trend estructural, el cual limita la porción oriental del área, tal como se indica en el plano configurado.

3.- Cima del Cretácico Inferior (Tamaulipas Inferior-Guaxcamá)

En la Fig. No. 15 se muestra su configuración.

La cima correspondiente a la Formación Tamaulipas Inferior del Cretácico Inferior fue identificada litológicamente en los pozos Aquismón No. 1, Tanlajás No. 1 y Tamalihuale No. 1. La cima de la Formación Guaxcamá del Cretácico Inferior fue reconocida en los pozos Colmena No. 1, Colmena No. 101, Huichimal No. 1, Lagunillas No. 1 y recientemente en el Pozo Tanchuchén No. 1. En el plano configurado, se incluyen las dos cimas identificadas litológicamente, y mediante una línea quebrada se infiere el cambio, considerando que se trata de una variación lateral. Geológicamente se asocia un cambio de facies para estas dos formaciones del Cretácico Inferior.

La configuración en la porción oriental muestra cómo la cima del Cretácico Inferior, tiende a profundizarse hacia el poniente, y en el sur se manifiesta, formando pequeños cierres estructurales que conforman un "trend", a lo largo del cual se encuentran perforados los pozos - Tamalihuale No. 1, Tanlajás No. 1 y Aquismón No. 1.

Respecto a la porción occidental del plano, la cima del Cretácico Inferior forma en la parte norte una estructura tipo anticlinal que buza en dirección SE. En la parte inferior se interpreta la presencia de una falla inversa (F-I), mediante la cual se infiere que se ponen en contacto rocas de la Formación Guaxcamá, con rocas de la Formación Tamaulipas Inferior, ambas de la misma edad. Se interpreta que al sur de esta falla existe una zona donde esta cima se profundiza.

4.- Modelos Geológico-Geofísicos

Sección No. 39 - Línea Sismológica No. 39.

En la Fig. No. 17 se muestra la línea sísmica No. 39 y el modelo geológico probable. Esta línea guarda una orientación NW-SE, habiéndose perforado en el extremo NW el Pozo Huichimal No. 1.

Se puede ver cómo la cima del Triásico se interpreta afectada por un sistema escalonado de fallas normales cayendo

al SE, conformándose una serie de bloques bajos, sobre los cuales se considera que se depositaron espesores importantes de sedimentos del Jurásico Inferior y Medio --- con espesores reducidos de sedimentos del Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano), a los cuales se les sobrepone un paquete de sedimentos carbonatados del Cretácico Inferior, Medio y Superior.

Sección No. 62 - Línea Sismológica No. 62

En la Fig. No. 18 se muestra la línea No. 62 y su probable modelo geológico.

Esta línea tiene una orientación NW-SE quedando el Pozo Aquismón No. 1 localizado en el extremo SE. Se observa cómo la cima del Triásico, que fue identificada durante la perforación del pozo mencionado, se profundiza al NW y es afectada por la presencia de una falla normal con caída en esta dirección. Se nota la presencia de una serie de eventos sísmicos constantemente interrumpidos --- que parecen corresponder con sedimentos del Jurásico Inferior-Medio los cuales se acuña hacia la porción media contra la base del Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano).

Se puede ver que el carácter del evento sísmico relacionado con la cima del Jurásico Superior (Tithoniano), se muestra uniforme y continuo como si se tratara de un hori

zonte nivelador. A este horizonte le sobreyace en forma concordante el correspondiente al Cretácico Inferior.

Sección No. 127 - Línea Sismológica No. 127.

En la Fig. No. 19 se muestra la línea No. 127 y su probable modelo geológico.

Esta sección tiene una orientación NE-SE, en su parte media se localiza el Pozo Tamalihuale No. 1, en el cual litológicamente se reporta la presencia de un basamento metamórfico hacia la base del Jurásico Superior (Kimmeridgiano-Tithoniano) se interpreta la presencia de un cuerpo intrusivo (por magnetometría), el cual distorsiona a los eventos sísmicos. Este intrusivo se encuentra afectando la cima del Triásico y metamorfozando los sedimentos del Jurásico Superior. Se puede ver cómo hacia el SW, el horizonte identificado como triásico, se profundiza, confirmando la presencia de una depresión, en la cual aparece una serie de eventos discontinuos asociados con sedimentos del Jurásico Inferior y Medio acuñándose al NE contra la base del Kimmeridgiano-Tithoniano, para formar probablemente trampas estratigráficas por acuñamiento.

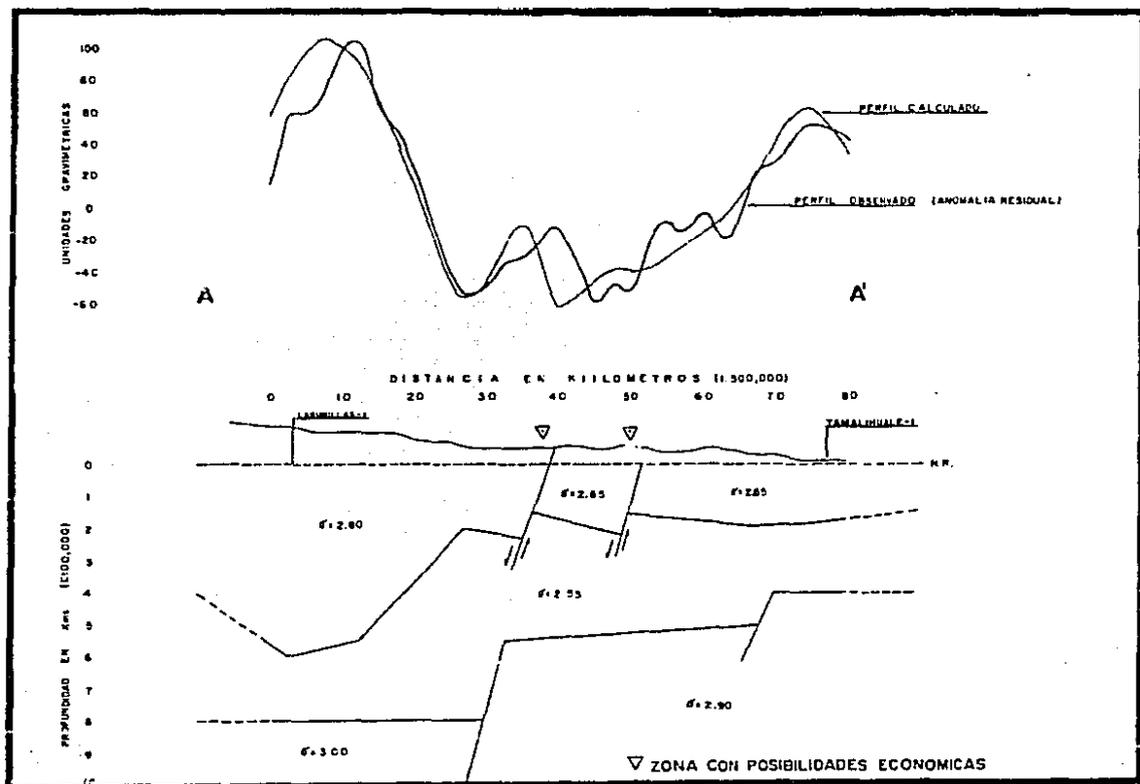


FIG. No. 7
 PERFIL GRAVIMÉTRICO A-A'
 ENTRE LOS POZOS LAGUNILLAS No. 1 Y TAMALIHUALE No. 1

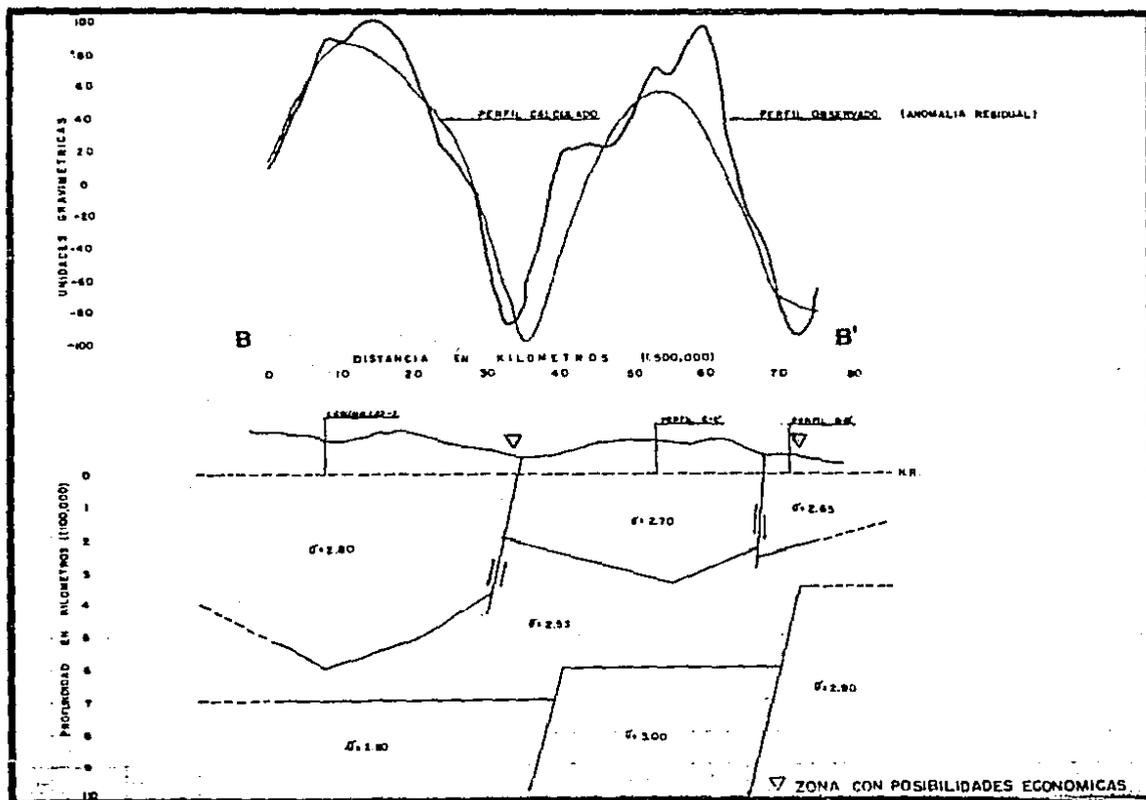


FIG. No. 8
 PERFIL GRAVIMÉTRICO B-B'
 COMPRENDE APROXIMADAMENTE LA PORCIÓN MEDIA DEL ÁREA

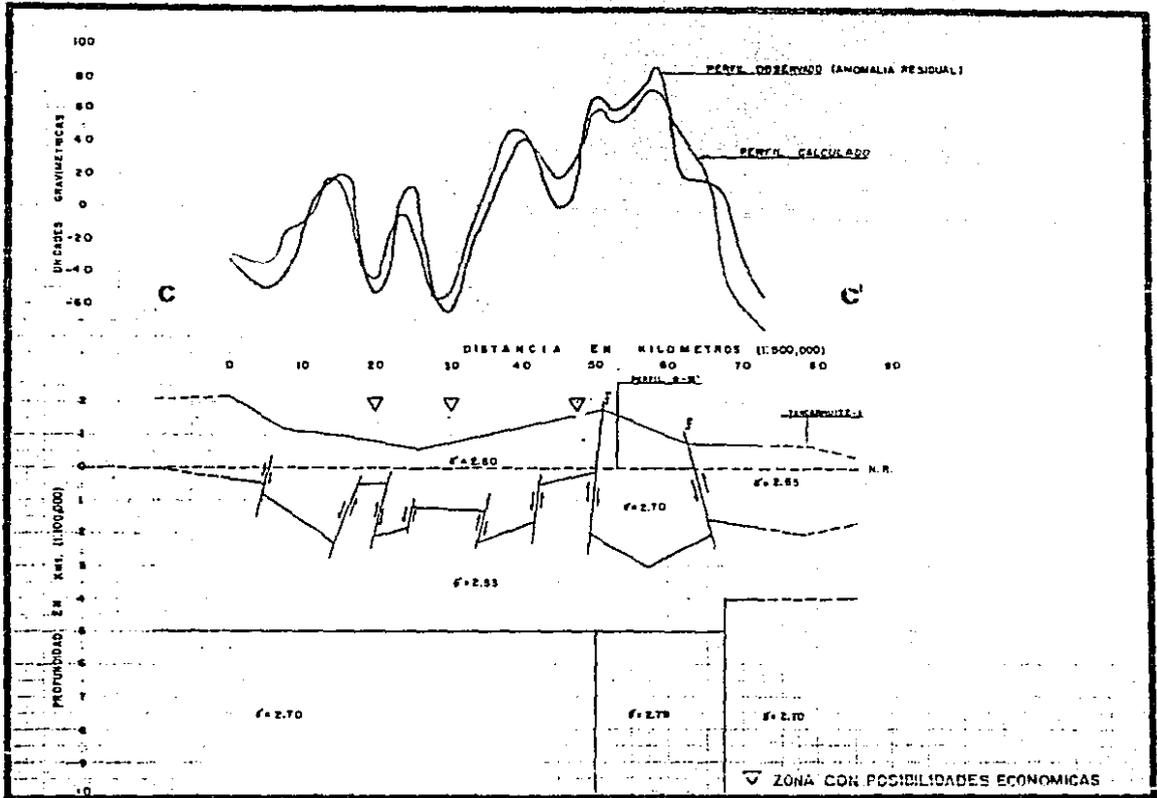


FIG. No. 9
PERFIL GRAVIMETRICO C-C'

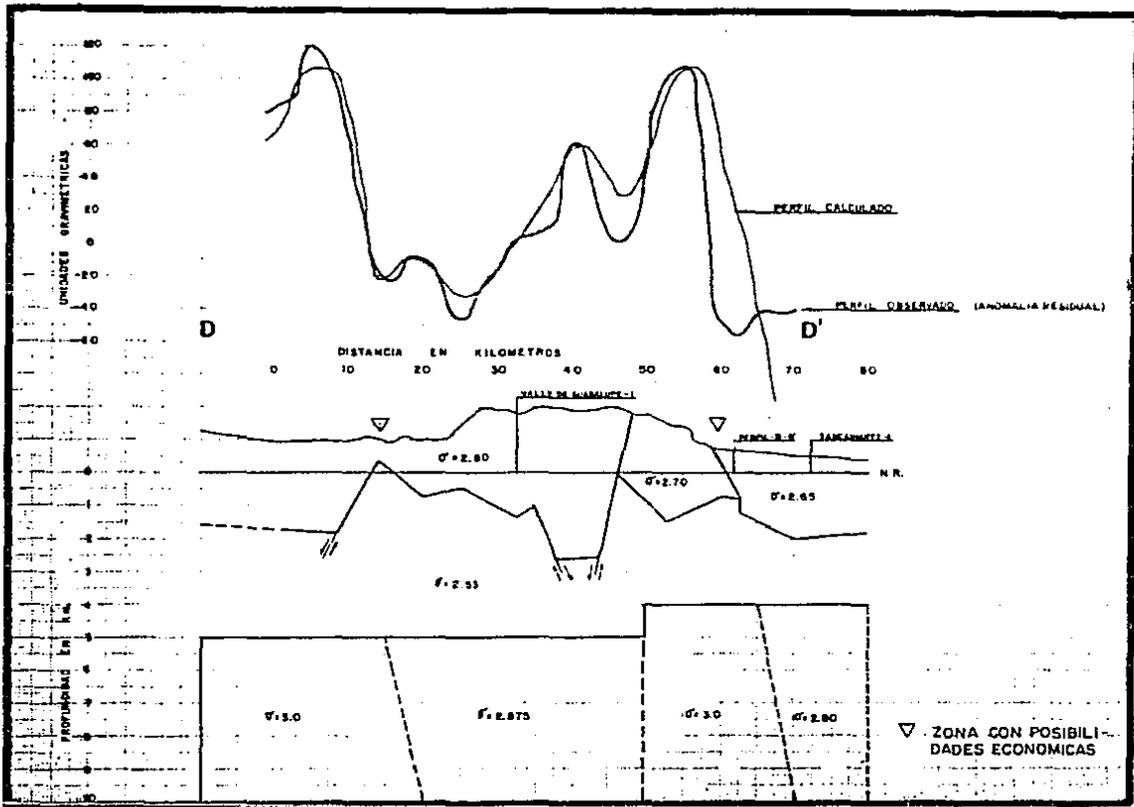


FIG. No. 10
 PERFIL GRAVIMÉTRICO D-D' ENTRE LOS POZOS
 VALLE DE GUADALUPE Y TANCANHUITZ

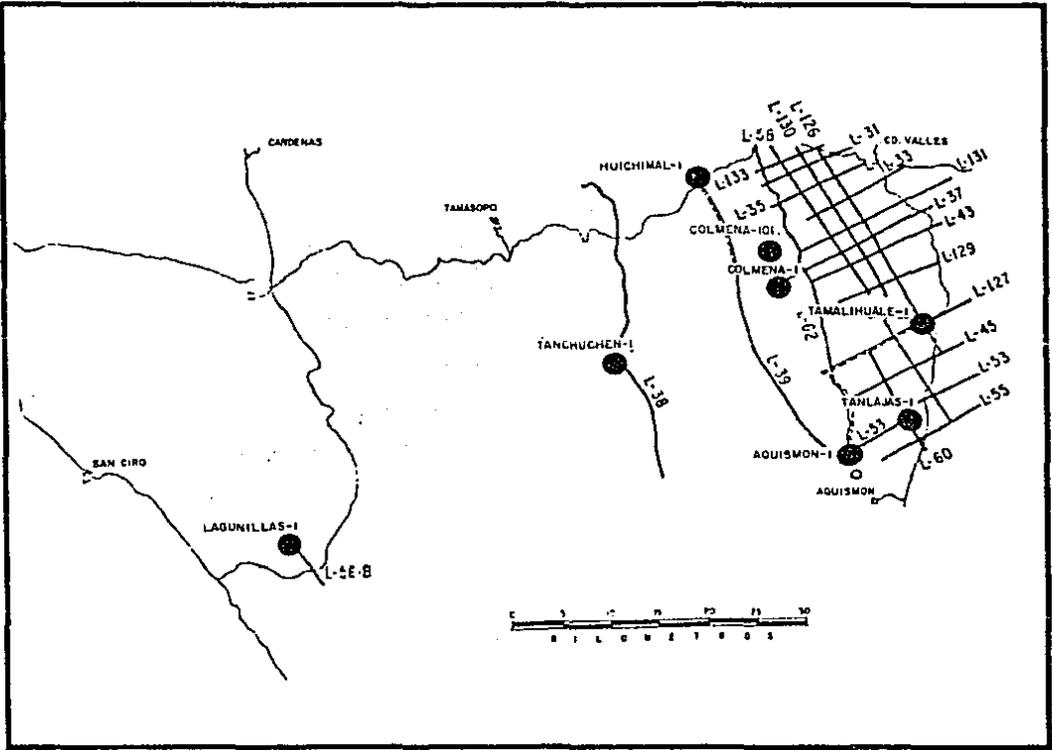


FIG. No. 11

LOCALIZACION DE LINEAS SISMOLÓGICAS Y POZOS EXPLORATORIOS

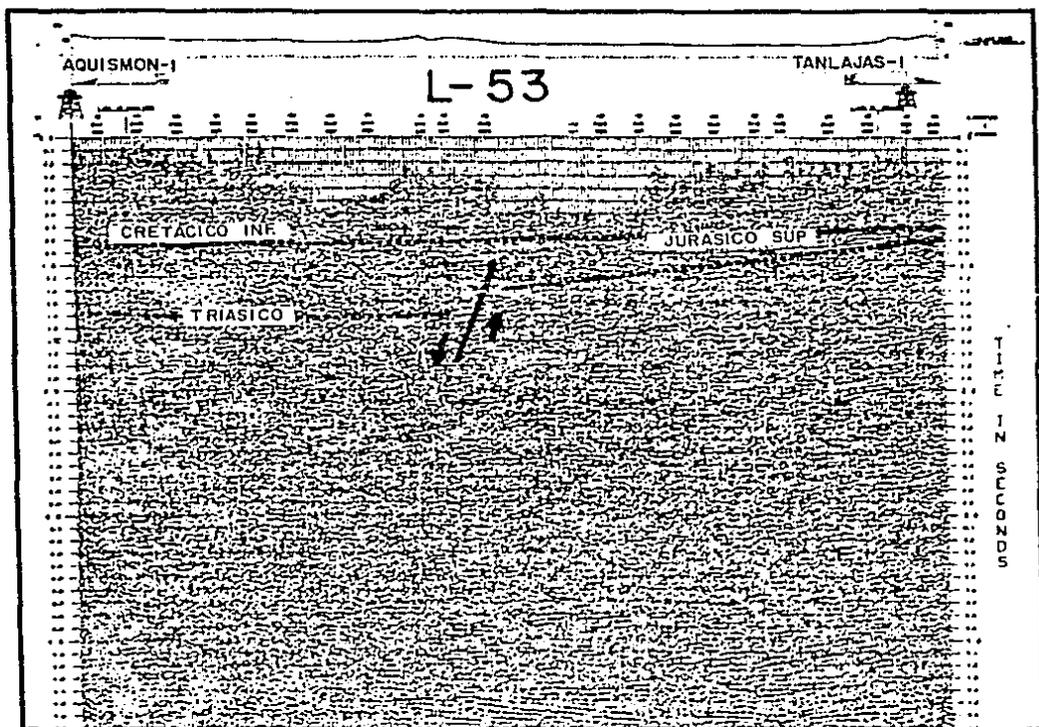


FIG. No. 13
LINEA SISMOLOGICA No. 53 QUE LIGA LOS
POZOS AQUISMON No. 1 Y TANLAJAS No. 1

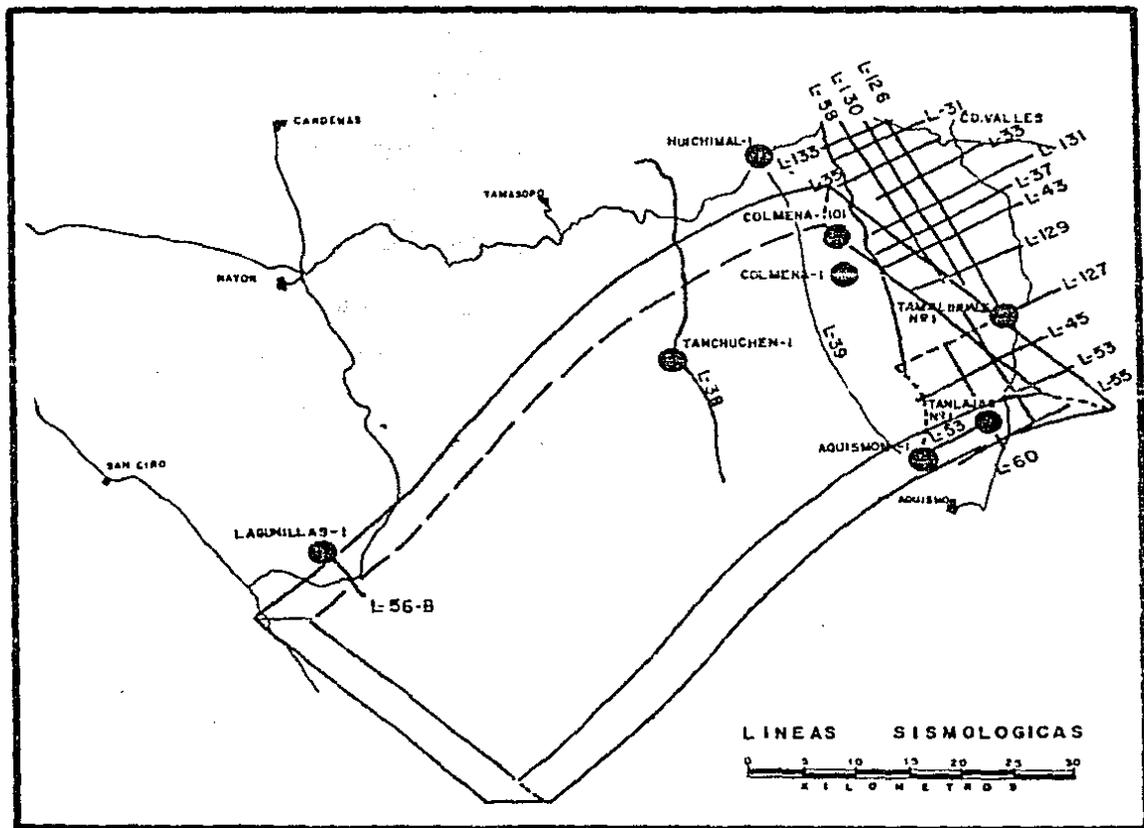


FIG. No. 14
 DISTRIBUCION TENTATIVA DE LA DEPRESION PROPUESTA
 PARA EL TRIASICO

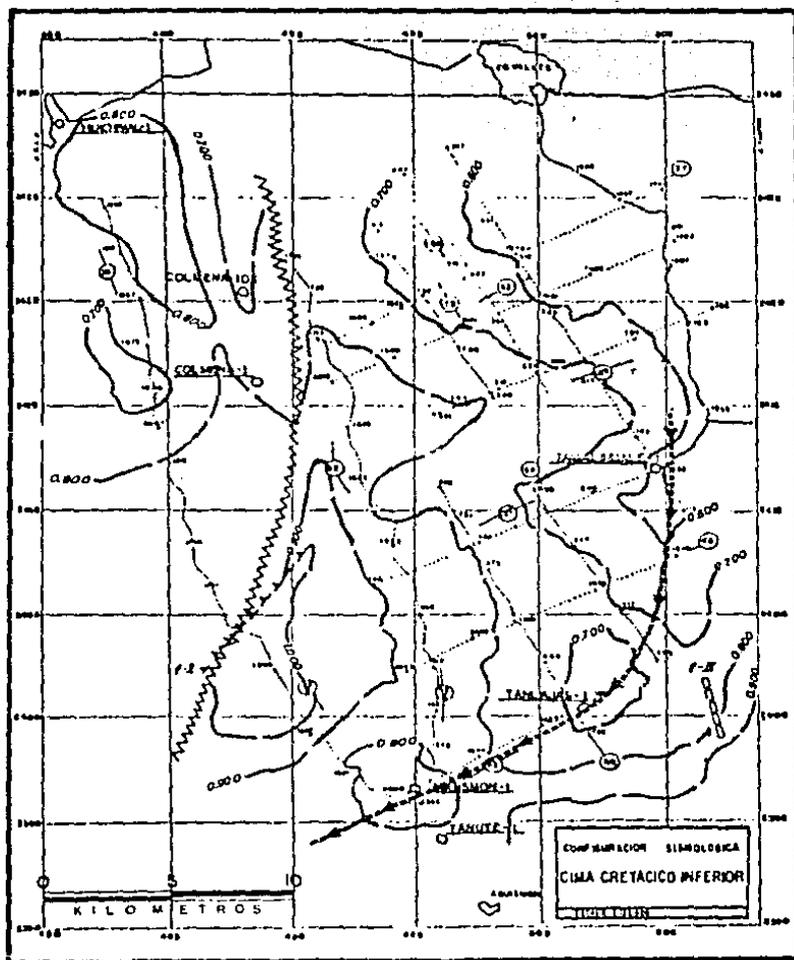


FIG. No. 16
 CONFIGURACION SIMOLOGICA CORRESPONDIENTE A LA
 CIMA DEL CRETACICO INFERIOR

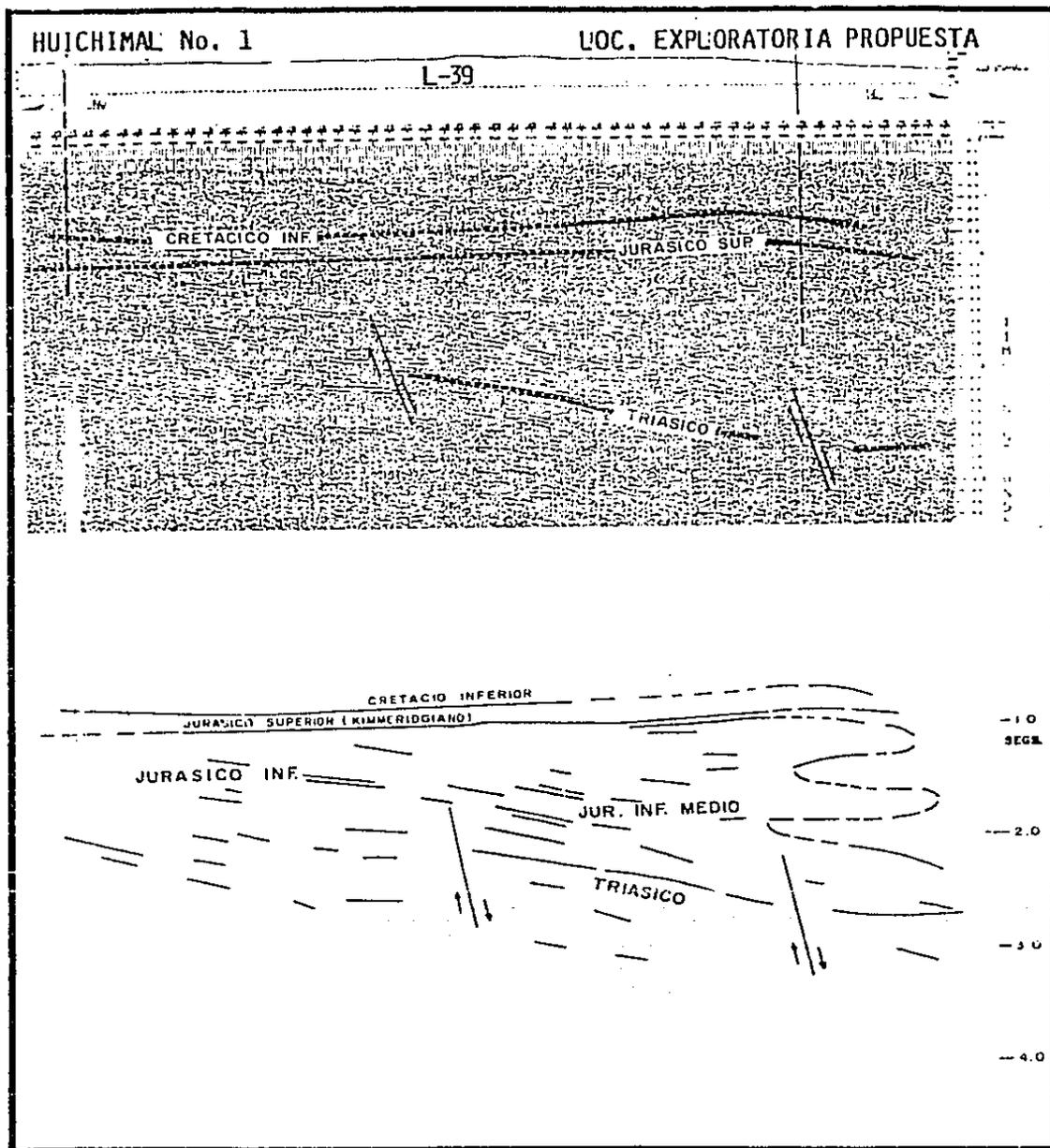


FIG. No. 17

MODELO GEOLOGICO-GEOFISICO CORRESPONDIENTE
A LA LINEA SISMOLOGICA No. 39.

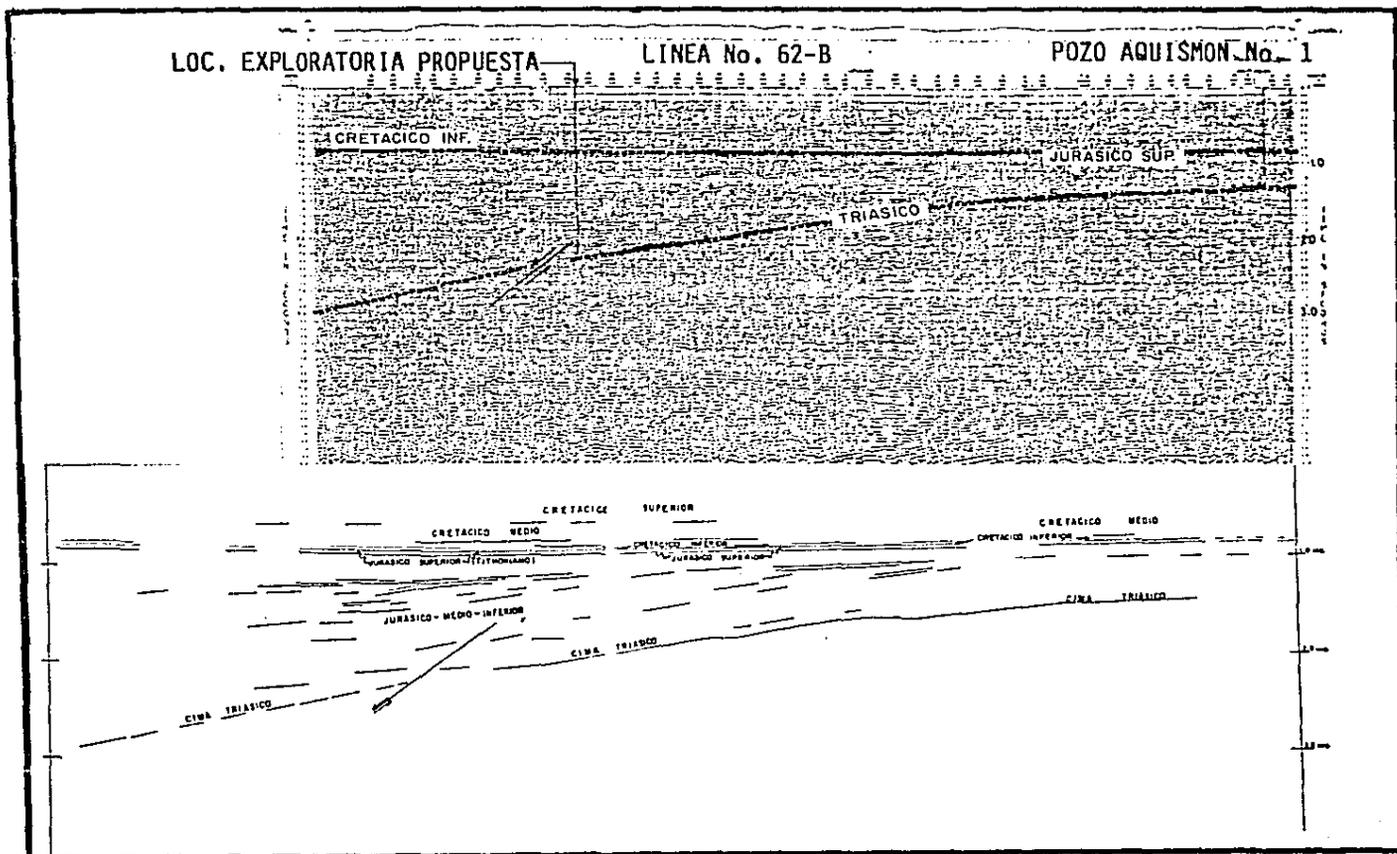


FIG. No. 18
 MODELO GEOLOGICO-GEOFISICO CORRESPONDIENTE
 A LA LINEA No. 62-B

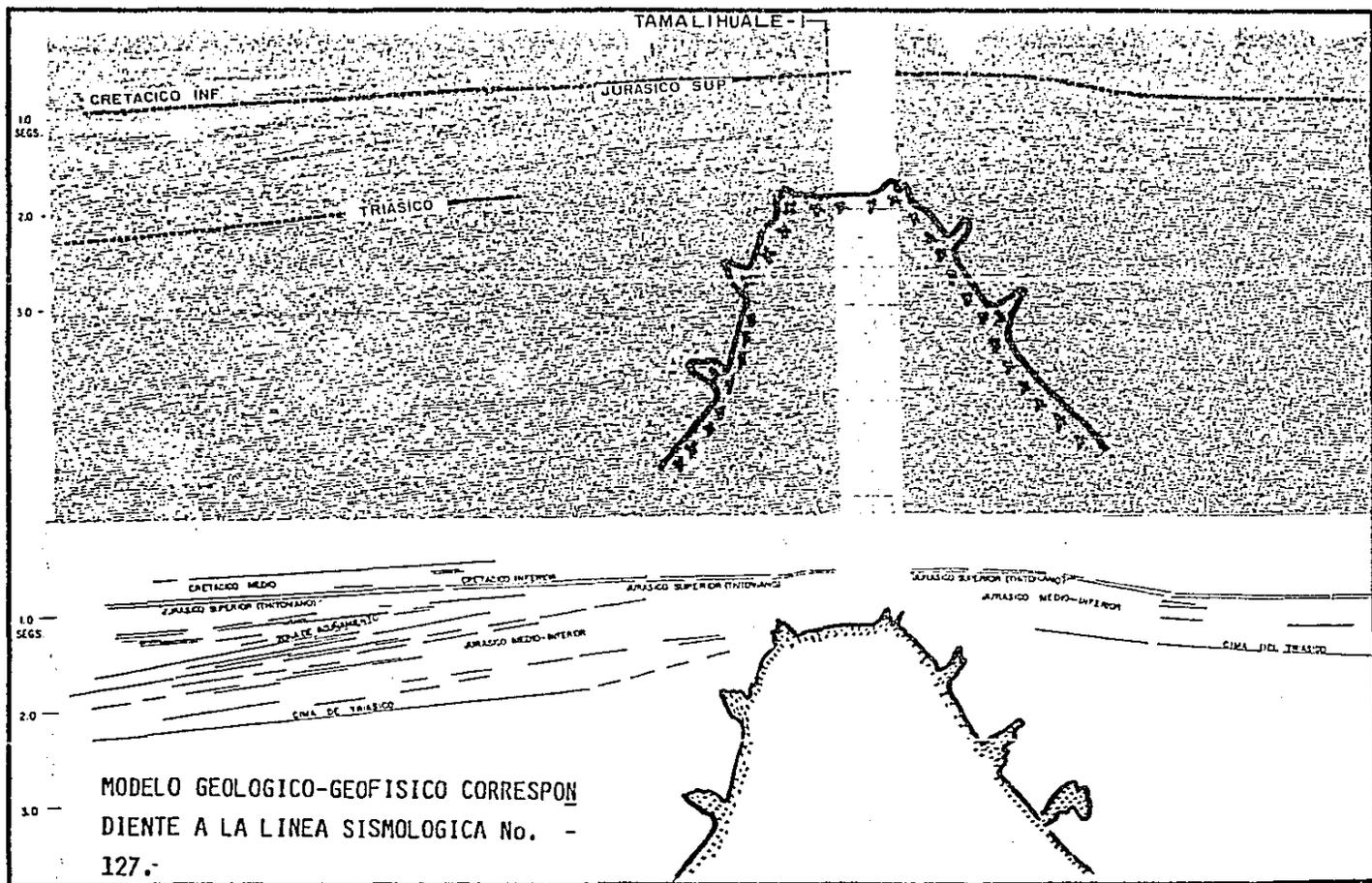


FIG. No. 19

VI.- EVOLUCION TECTONICA

Los eventos que dieron lugar a la apertura del Golfo de México han propiciado una gran variedad de modelos que se remontan al Triásico Superior (aproximadamente 200 M.A.), época en la que, las placas de Norteamérica, Suramérica y Africa permanecían unidas durante lo que fue el inicio de la fragmentación de la Pangea (Fig. No. 20).

De esta manera diversos modelos propuestos por Amos Salvador y Arthur R. Green, Dickinson y Coney (1980), Walper (1983), Buffler (1980) así mismo, las ideas de Anderson y Schmidt (1983) entre otros, han sido consideradas.

Dada la proximidad del área al Golfo de México y tomando en cuenta el modelo propuesto por Buffler (op. cit.), el cual se basa primordialmente en datos sísmicos de refracción y trata de explicar la distribución de la corteza y de los grandes paquetes de sal, así como la subsidencia mesozoica de la cuenca mediante cuatro fases de un rompimiento cortical.

En una forma similar, pero considerando en este caso, la información proporcionada por los pozos perforados en el área así como la sismología de reflexión, se postula la presencia de una fosa tectónica del Triásico y su evolución a través de cuatro fases:

Fase (a):

Durante el Triásico-Jurásico Inferior se produce una serie de

horsts y grabens; por efecto de una tectónica de extensión, se ergionan las partes levantadas y se depositan sedimentos continentales (Fig. No. 21-A).

Fase (b):

Los levantamientos se acentúan principalmente en la parte oriental del área, generándose depósitos continentales del Jurásico - Medio; se inicia una subsidencia y consecuentemente la incursión de aguas marinas del Jurásico-Cretácico Inferior con depósitos — gruesos de evaporitas hacia los bloques hundidos y continúa la — etapa de extensión (Fig. No. 21-B).

Fase (c):

Hacia principios del Cretácico Inferior una disminución de los fenómenos de extensión genera una subsidencia mayor en los bloques bajos debido a enfriamiento de la corteza y una deformación temprana ocasionada por flujos de gravedad hacia las áreas de mayor subsidencia (Fig. No. 22-A).

Fase (d):

Durante el Cretácico Medio continúa la subsidencia, se depositan sedimentos de mar profundo y se forman bancos de carbonatos dentro del área considerada (Fig. No. 22-B).

VII.- GEOLOGIA ECONOMICO-PETROLERA

A.- MANIFESTACIONES DE HIDROCARBUROS

Se transcriben las anotadas en los trabajos antecedentes efectuados en el área; sin embargo, las características físicas -

de los aceites reportados resultan dudosas, dado el carácter volátil de los mismos (ver plano; Fig. No. 23).

Localidad: Sierra El Abra

Chapopotera No. 1.- En las canteras de la Estación El Abra a 9.4 Km. al oriente de Cd. Valles, S.L.P.

En esta localidad, se observan a diferentes niveles y en zonas amplias, impregnaciones de asfalto en las calizas post-arrecifales de la Formación El Abra, la impregnación de hidrocarburos es mayor en las porciones semi-dolomitizadas, en donde también se encuentran grietas de gilsonita.

Chapopotera No. 2.- En el frente oriental de la Sierra El Abra es común encontrar en varias localidades (Estación Taninul) asfalto y gilsonita, dentro de los macrofósiles y fracturas de la facies arrecifal Taninul.

Localidad: Carretera No. 70 Valles-San Luis Potosí

Chapopotera No. 3.- Entre los kilómetros 155.5 y 156, algunas dolomías de la facies post-arrecifal de Formación El Abra, al partirse despiden fuerte olor a gas y aparentemente contienen aceite ligero (?).

Localidad: Región de Xilitla, S.L.P.

Chapopotera No. 4.- Entre los poblados de Cruztitla y Pemoxco, sobre el camino entre estas dos comunidades, se observó abundante impregnación de aceite ligero (?) en fracturas en rocas calcáreas de la Formación Agua Nueva.

Chapopotera No. 5.— En la Carretera de Huichihuayán a Xilitla, S.L.P., se observan numerosas manifestaciones de hidrocarburos de tipo asfalto que se aloja en las fracturas de las calizas pre-arrecifales Formación Tamabra.

Chapopotera No. 6.— Al noroeste de Xilitla existen también evidencias de hidrocarburos en calizas de plataforma de la Formación El Abra.

Localidad: Región de Jalpan, Gro.

Chapopotera No. 7.— En la Carretera Xilitla-Landa de Matamoros. En la localidad de La Vuelta, a \pm 10 Km. al poniente de Laguna Colorada, Gro., se encuentran más de 200 m. de dolomías impregnadas de aceite ligero (?).

Chapopotera No. 8.— A aproximadamente 5 Km. al E-SE del Rancho La Vuelta, Gro., dolomías del Ka (post-arrecifal), con impregnación de aceite ligero (?), espesor impregnado de 8 m.

Localidad: Tamapatz, S.L.P.

Chapopotera No. 9.— En la población de Tamapatz y sobre el camino a Tampaxal se observó la presencia de aceite ligero (?) alojado en fracturas en rocas de la Formación Agua Nueva.

B.- ROCAS GENERADORAS

(Tomado de la XI Excursión Geológica "Evaluación Geológica Petrolera Plataforma Valles-San Luis Potosí", Junio 1980).

Los pozos Olivo No. 1, Piedra de Cal No. 1 y Molino No. 1 —

penetraron rocas del Jurásico Inferior constituidas por lutitas y areniscas de la Formación Huayacocotla que se consideran geoquímicamente de facies orgánica inmadura a moderadamente madura y contienen un tipo de kerógeno carbonoso.

Se considera que estas rocas están en una fase temprana de generación de petróleo.

De esto se deduce, que en condiciones de mayor profundidad y con la materia orgánica adecuada, como se espera encontrar en horizontes de la Formación Huayacocotla aún no estudiados en el subsuelo de la plataforma, quizás hayan generado cantidades suficientes de hidrocarburos y migrado y entrampado en las zonas de menor presión dentro de la cuenca del Jurásico Inferior y/o hacia sus bordes en rocas más jóvenes del Jurásico Superior.

Geoquímicamente destaca la Formación Pimienta (tithoniense) como roca de alto contenido de carbón orgánico, capaz de generar petróleo y gas.

Las formaciones Tamán y Santiago (Kimmeridgiano y Calloviano Medio-Oxfordiano Superior) resultan atractivas como rocas generadoras, pero de un grado menor al de la Formación Pimienta; asimismo se considera que las rocas cretácicas de la Formación Tamaulipas Inferior (Berriasiano-Barremiano) son también generadoras de hidrocarburos.

C.- ROCAS ALMACENADORAS

Los hidrocarburos generados debieron haber migrado a lugares estructuralmente altos y entramparse en las rocas porosas y permeables del Jurásico Superior (Chipoco y San Andrés) correspondientes con facies clástico-calcareas y arenosas; en las dolomías de la sección evaporítica de la Formación Guaxcamá del Cretácico Inferior; en las rocas clástico-calcareas de la Formación Tamabra del Cretácico Medio y en menor grado las rocas arenosas de la Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior.

D.- ROCAS SELLO

Como rocas sello pueden actuar las facies arcillosas y arcillo-calcareas que constituyen a las formaciones Agua Nueva, San Felipe y Méndez del Cretácico Superior, los sedimentos arcillosos de las formaciones Pimienta, Tamán y Santiago del Jurásico Superior, las evaporitas y horizontes arcillosos de las formaciones Guaxcamá y Tamaulipas Inferior del Cretácico Inferior y la facies arcillosa intercalada con areniscas del Jurásico Inferior (Huayacocotla).

E.- TIPO DE TRAMPAS

1.- Estructurales

En la porción norte y occidental del área se observa una deformación caracterizada por plegamientos de considerable longitud y amplitud, de carácter simétrico y recostadas al noreste con una orientación general NW-SE afectadas por fallas normales e inversas y algunas de tipo re-

gional, habiéndose identificado numerosas estructuras anticlinales y que han sido consideradas en la Fig. No. 5.

2.- Estratigráficas

Aun cuando este tipo de trampas no han sido plenamente identificadas, la interpretación de los datos sísmicos permite inferir su presencia, asociadas con una depresión triásica, en la cual existen cambios de facies en las formaciones del Jurásico y del Cretácico Inferior.

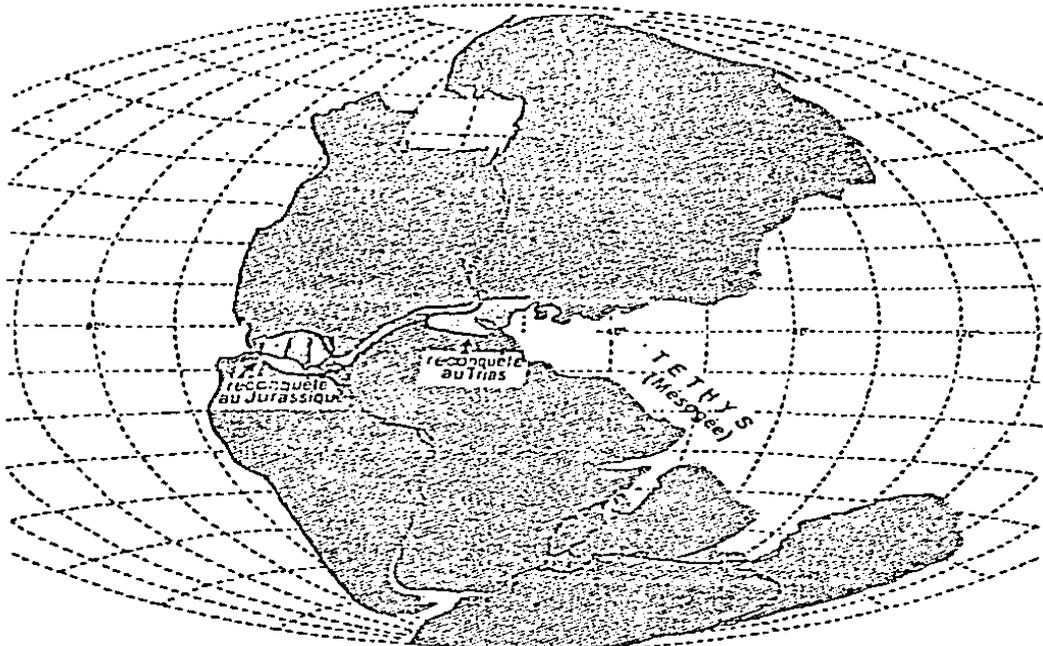


FIG. No. 20
INICIO DE LA FRAGMENTACION DE LA PANGEA

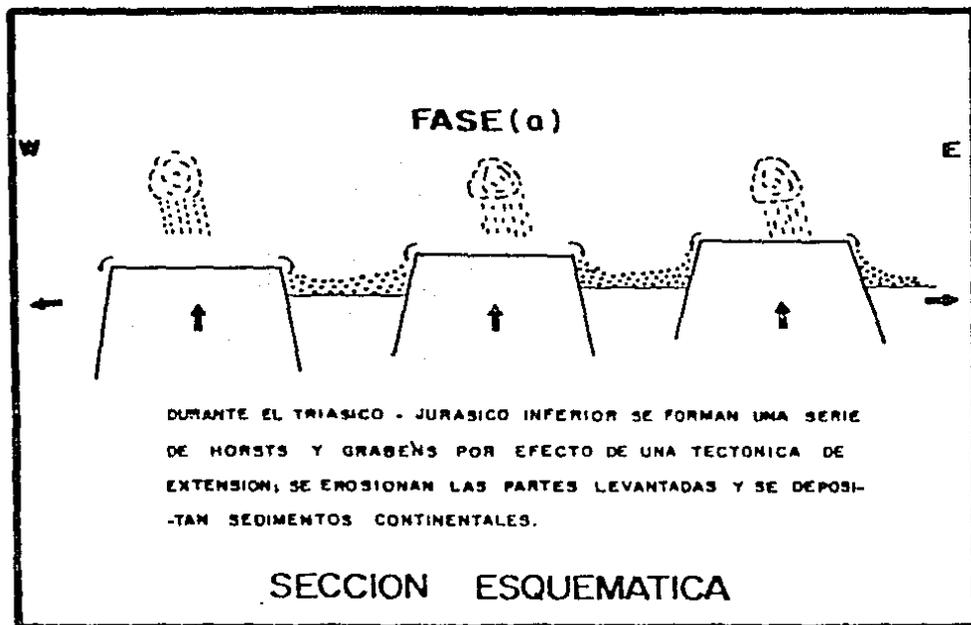


FIG. No. 21-A

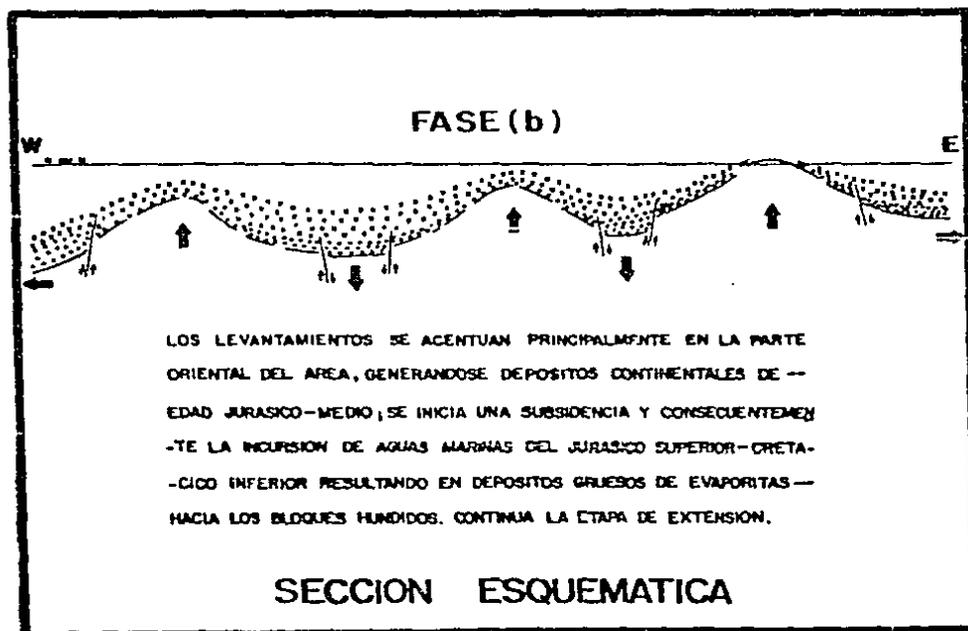


FIG. No. 21-B

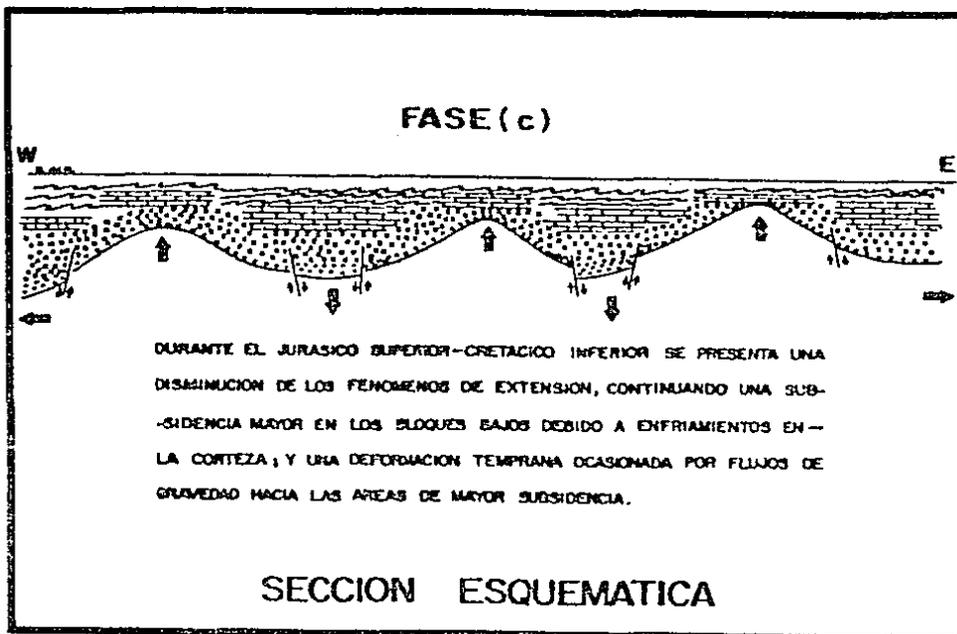


FIG. No. 22-A

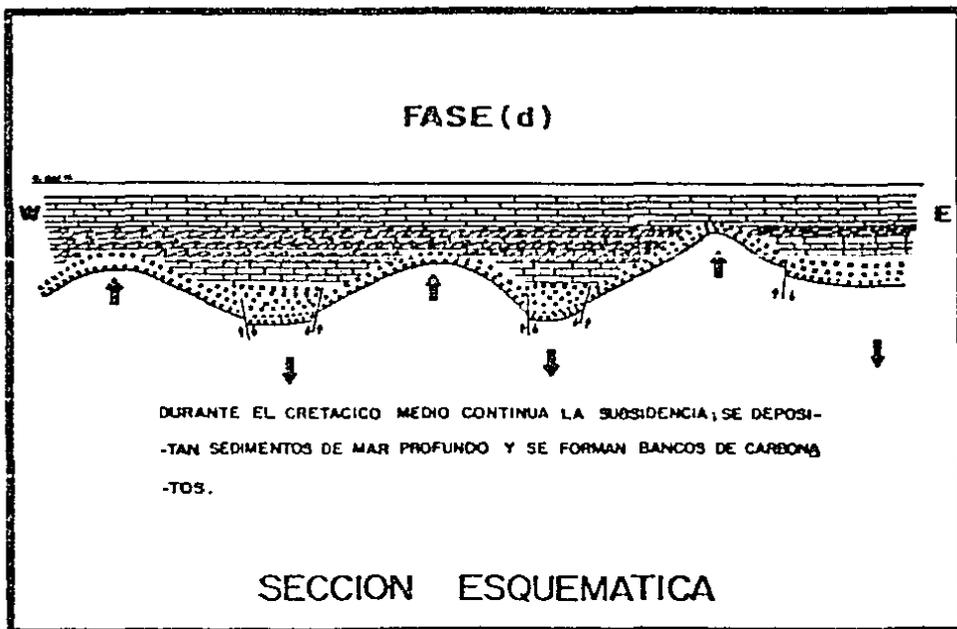


FIG. No. 22-B

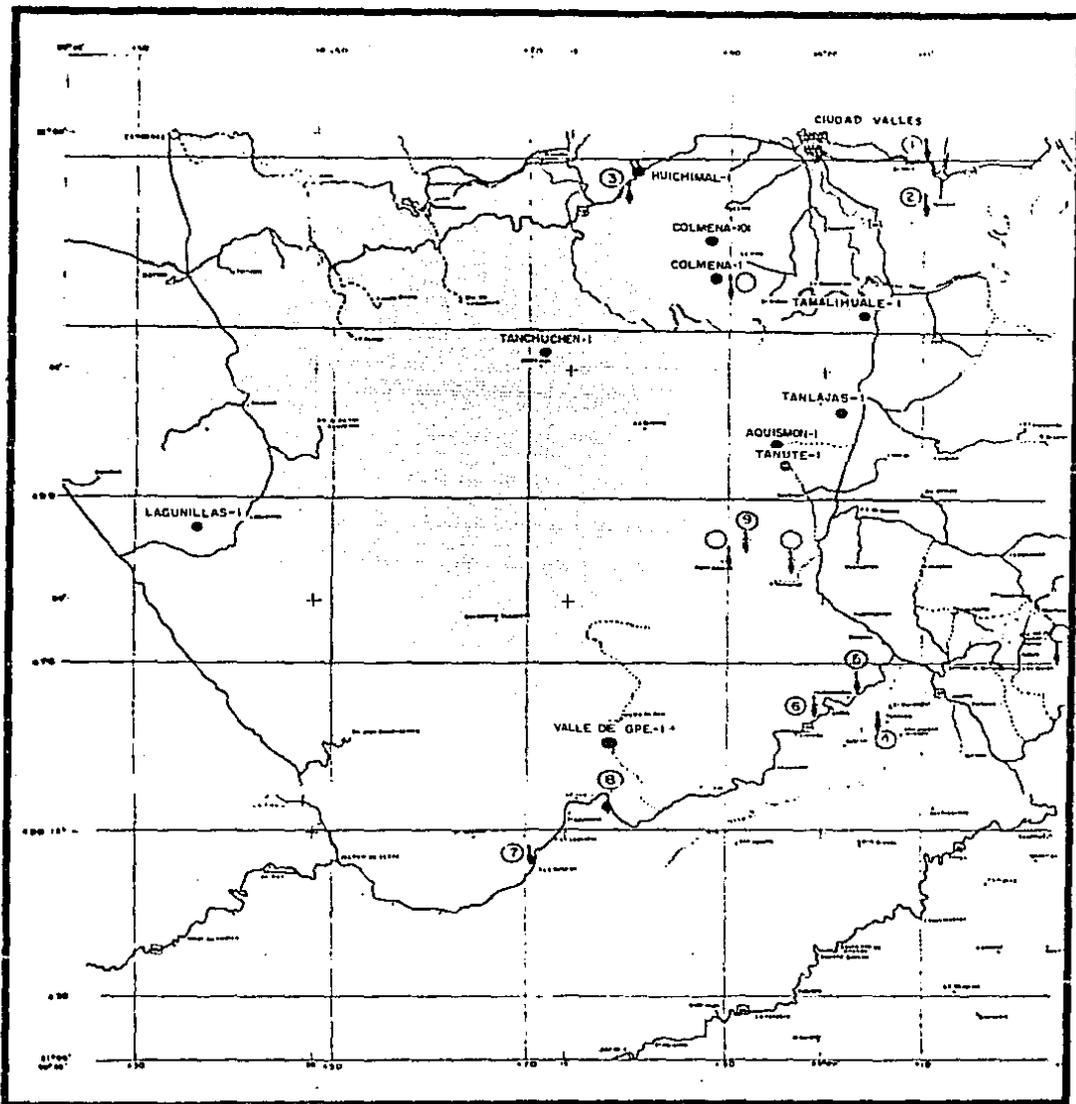


FIG. No. 23
 DISTRIBUCION DE MANIFESTACIONES SUPERFICIALES
 DE HIDROCARBUROS EN EL AREA

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Los trabajos de interpretación y modelado gravimétrico - han permitido establecer tentativamente el comportamiento de la secuencia carbonatada del Cretácico Medio y/o Inferior dentro del área.
- 2.- La interpretación de los datos sísmicos de reflexión hacen posible la identificación de tres horizontes estratigráficos: Triásico, Jurásico Superior y Cretácico Inferior.
- 3.- Asimismo, la correlación de los datos sísmicos junto con las columnas geológicas de los pozos exploratorios perforados, permiten postular la presencia de una depresión - del Triásico; teniendo como límites tentativos al oriente, los pozos Aquismón No. 1 y Huichimal No. 1; se interpreta su continuación al occidente hacia los pozos Tanchuchén No. 1 y Lagunillas No. 1.
- 4.- La conversión de los tiempos de reflejo a profundidades evidencia la posibilidad de encontrar una columna sedimentaria con posibilidades petrolíferas mayor de 5,800 m. en las partes profundas de la depresión triásica propuesta.
- 5.- Se considera que los pozos exploratorios perforados en el área, a excepción de Colmena No. 1, Tanchuchén No. 1 y Lagunillas No. 1, fueron situados en bloques levantados, limitando sus posibilidades exploratorias.

- 6.- De acuerdo al número de pozos exploratorios perforados en el área (siete) tendríamos en forma aproximada una densidad de perforación por área de un pozo exploratorio por cada 542.8 Km², lo cual, dadas las características geológicas del área, representa un porcentaje inferior del requerido para evaluar el área, tomando en cuenta que de los siete pozos, uno de ellos (Lagunillas No. 1) no cumplió con sus objetivos y dos más (Huichimal No. 1 y Colmena No. 101) lo hicieron apenas parcialmente.
- 7.- Sin embargo y de acuerdo a los resultados obtenidos (gasificaciones y manifestaciones de hidrocarburos en los pozos exploratorios Colmena No. 1 y recientemente Tanchuchén No. 1), es de esperarse que las localizaciones que se proponen en este trabajo confirmen la presencia de hidrocarburos comercialmente explotables dentro de las facies lagunares de la Formación San Andrés del Jurásico Superior.
- 8.- Es probable asimismo que las gasificaciones que se tuvieron en el Pozo Colmena No. 1 a 3,450 m. de profundidad sean debidas con la presencia de trampas estratigráficas por acuñamiento de los sedimentos del Jurásico Inferior contra la base del Jurásico Superior.
- 9.- Se recomienda la perforación de dos pozos exploratorios, localizado el primero al occidente del Pozo Colmena No. 1, en el P.V. 1867 de la línea sismológica No. 39, lugar

en el que se interpreta la presencia de trampas estructurales asociadas con el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior, y estratigráficas por acúñamiento de los sedimentos del Jurásico Inferior contra la base del Jurásico Superior. El segundo, situado al norte del Pozo Aquismón No. 1 a 10.100 kilómetros en el P.V. 1495 de la línea — sismológica No. 62-B, en donde se interpreta la presencia de una zona de acúñamientos asociados con sedimentos del Jurásico Inferior contra la base del Jurásico Superior.

IX.- BIBLIOGRAFIA

- Agunyo C., J.E. 1977 Sedimentación y diagénesis de la Formación Chipoco (Jurásico Superior) en afloramientos, estados de Hidalgo y San Luis Potosí. Revista del I.M.P. Vol. IX No. 2.
- Amos S. and Green A.R. 1980 Opening of the Caribbean tethys 26 C.G.I. Paris.
- Amos Salvador 1987 Late Triassic-Jurassic paleogeography and origin of Mexico basin. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin V. 71 No. 4 p. 419-451.
- Anderson H. Thomas and Schmidt A. Victor 1983 La evolución de Middle America and the gulf of Mexico Caribbean Sea Region during Mesozoic time: Geological Society of America, Bulletin V. 94, p. 941-966.
- Barker, C. 1979 Organic Geochemistry in Petroleum Exploration; AAPG Fall Education Conference, Houston, Texas.
- Betanzos G., A. 1986 Estudio de actualización geológica Prospecto Rayón para Petróleos

Mexicanos, Z.N.

Archivo interno.

- ESTÁ TERMINADO NO DEBE SER REVISADO
- Buffler, R.T., J.S. 1980 Structure and early geologic history of the deep central Gulf of Mexico Basin; the University of Texas marine science institute — Galveston Geophysics laboratory, — Contribution No. 377.
- Warkins, F.J. Shaub and J.L. Worsel
- Carrasco V., B. 1977 Albian sedimentation of submarine autochthonous carbonates east edge of the Valles-San Luis Potosi Platform, Mexico: SEPM special — publication No. 25 p. 263-272.
- Carrillo B., J. 1968 Medición de secciones geológicas en el frente este de la Sierra Madre Oriental (I.G.-495).
Archivo interno Pemex.
- Carrillo B., J. 1971 La Plataforma Valles-San Luis Potosí. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros — Vol. XXIII Nos. 1-6.
- Coney, P.-J. 1970 The geotectonic cycle and the new global tectonics. Geol. Soc. — America Bull p. 739-748.

- Coney, P.J. 1972 Cordilleran tectonics transitions and motion of the North American Plate: Nature V. 233, p. 462-465.
- Contreras y Montero 1983 Estudio bioestratigráfico basado en amonitas de las rocas liásicas de Honey Pahuatlán, Pue. y sus relaciones geológicas.
- B. y Núñez V., —
Miriam
- Dickinson, W.R. 1974 Plate tectonics and sedimentation society of economic paleontologists and mineralogists. Special publication No. 22.
- Dickinson, W.R. 1980 Plate tectonic constraints on the origin of the Gulf of Mexico. Louisiana S.V.B.R.L.
- and
Coney, P.J.
- Eberli P. Gregor, 1987 Segmentation and coalescence of Cenozoic carbonate platforms, Northwestern great Bahama bank. Geology V. 15 p. 75-79 January.
- Ginsburg N. Robert
- Enos Paul 1974 Reefs, platforms and basins of middle Cretaceous in Northeast Mexico. A.A.P.G. Bol. Vol. 5815 p. 800-808.

- Guzmán R., M.J. 1986 Estudio de actualización geológica Prospecto Colmena-Concá para -
Petróleos Mexicanos, Z.N.
Archivo interno.
- Hay, W.W. 1980 Sedimentological and geochemical trends resulting from the Breakup of Pangaea Oceanol acta 1981, -- proceedings 26th international -- geological congress geology of -- oceans symposium, Paris p. 135-147.
- Hernández G.,R. 1980 Evolución geológica y evaluación petrolera del centro de la Repú-- blica Mexicana.
Sociedad Geológica Mexicana V Con vención Geológica Nacional, México, D.F.
- Miner, J. Charles. 1983 Sedimentation and diagenesis -- Paul Enos and J.E. mid-cretaceous platform margin -- Aguayo C. east-central Mexico with accompa-
nying field guide.
Published by the Dallas Geological Society.
- Padilla y Sánchez 1978 Bosquejo geológico estructural de Ricardo J. la Sierra Madre Oriental en el --

- área Linares-Galeana-San Roberto -
 estado de Nuevo León.
 Universidad Nacional Autónoma de -
 México, Instituto de Geología Re--
 vista Vol. 2 No. 1 p. 45-54.
- Padilla y Sánchez 1982 Geologic evolution of the Sierra -
 Ricardo J. Madre Oriental between Linares, -
 Concepción del Oro, Saltillo and -
 Monterrey.
- Talwani M.J. Lamar 1959 Rapid gravity computations for two
 Worsel and Mark - dimensional bodies with applica--
 Landisman tion to the mendocino submarine -
 fracture zone.
 Journal of Geophysical Research -
 Vol. 64 No. 1 p. 49-59.
- Walper J.L. 1980 Tectonic evolution of the Gulf of
 Mexico.
 Louisiana S.V.B.R.L.
- Wilson, Lee James 1974 Characteristics of carbonate -
 platform margins.
 A.A.P.G. Vol. 58/15 p. 810-823.