

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

01179
2es.
5

CONTRIBUCIONES A LA INTERPRETACION TECTONICA DE COAHUILA,
UTILIZANDO DATOS GEOFISICOS

T E S I S

Que para obtener el titulo de:

MAESTRO EN INGENIERIA

Presenta:

RAFAEL SANCHEZ ALVAREZ

México, D.F. 1989

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.

CONTENIDO

página

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

INTRODUCCION1

I ANTECEDENTES

1.1 Geológicos4

1.2 Geofísicos7

II DATOS GEOLOGICOS Y GEOFISICOS

2.1 Datos Geológicos y de Subsuelo12

2.2 Datos Geofísicos y Petrofísicos17

III INTERPRETACION GEOLOGICO-GEOFISICA

3.1 Interpretación de Mapas21

3.1.1 Mapa Magnetométrico.....21

3.1.2 Mapa Gravimétrico24

3.2 Descripción de Perfiles Modelados27

3.2.1 Perfil AA' Monclova-Piedras Negras27

3.2.2 Perfil BB' Monclova-Garza34

3.2.3 Perfil CC' Concordia-Muzquiz38

3.2.4 Perfil DD' Maijoma-Concordia41

IV DISCUSION TECTONICA

4.1 Arco Magmático Paleozoico47

4.2 Sistema Marathon-Ouachita49

4.3 Megashear Mojave-Sonora.....51

V CONCLUSIONES56

BIBLIOGRAFIA59

RESUMEN

Uno de los problemas fundamentales para conocer las relaciones que guardan el cratón de Norteamérica y el adyacente cinturón orogénico Marathon-Quachita en el área, es la falta de afloramientos de las rocas Paleozoicas. Los métodos indirectos de exploración, al no estar limitados por esta restricción, pueden aportar datos sobre los paleoelementos.

El objetivo del trabajo, es contribuir a un mejor conocimiento tectónico de la región, mediante una interpretación de datos geológicos y geofísicos, que incluyen gravimetría, magnetometría, sismología de reflexión y datos geocronológicos, petrofísicos y de subsuelo en el Estado de Coahuila.

El análisis de mapas de datos potenciales y de los perfiles que se modelaron, permitió una mejor definición del basamento pre-Mesozoico, lo que se tradujo en la ubicación provisional del Sistema Marathon-Quachita, también se delimitó una área donde el basamento está compuesto por rocas ígneas ácidas, que incluyen granitos, granodioritas y tonalitas.

En el área de estudio se han postulado varias fallas de corrimiento lateral con base en evidencias superficiales; la existencia de una fuerte correlación entre anomalías gravimétricas y magnéticas con la traza de tales fallas, hace posible apoyar este tipo de estructuras en la región.

Al sur de la Isla de Coahuila se ha postulado una zona de fallamiento mayor, que podría corresponder con la Megashear Mojave-Sonora, ya que existe una gran similitud tanto en litología como en edad, entre las rocas graníticas del subsuelo de Coahuila, delimitadas en este trabajo y las reportadas en el subsuelo de los Estados de Tamaulipas y Veracruz, de acuerdo a esta correlación, se estima que el desplazamiento mínimo de la Megashear Mojave-Sonora es del orden de 400 km.

INTRODUCCION

En este trabajo se reportan los resultados de un estudio tectónico regional del Estado de Coahuila y sus zonas limítrofes con los Estados de Chihuahua y Nuevo León.

El área de estudio (Figura 1) cubre de los 25 a los 31 grados de latitud norte y de los 100 a los 106 grados de longitud al oeste de Greenwich. Desde el punto de vista paleogeográfico, la región estudiada incluye gran parte del Golfo Mesozoico de Sabinas así como los paleoelementos Jurásicos Península del Burro-Peyotes, Isla de La Mula, Isla de Coahuila, y la zona que comunica al Golfo de Sabinas con la Cuenca de Chihuahua.

El estudio esta basado principalmente en una interpretación regional de datos potenciales con enfoque tectónico, auxiliado de secciones sísmicas de reflexión, que mediante una correlación con los datos geológicos de superficie y subsuelo, permiten una mejor definición de la estructura y composición de las rocas que forman los paleoelementos, y el basamento de la zona estudiada.

La región se caracteriza por un conjunto de terrenos ígneos, metamórficos y sedimentarios cuyo estudio es de interés para la comprensión de la evolución tectónica y paleogeográfica del borde sur del Cratón de Norteamérica, el Sistema Marathon-Ouachita y el Golfo de México.

En la actualidad la exploración de hidrocarburos y minerales

está basada en la tectónica de placas, la cual permite explicar la historia geológica de una región de una manera congruente con la evolución tectónica de un continente. En este trabajo se presentan algunos resultados sobre el estudio del basamento en el área estudiada, que contribuyen a un mejor conocimiento de la tectónica y los elementos paleogeográficos de Coahuila.

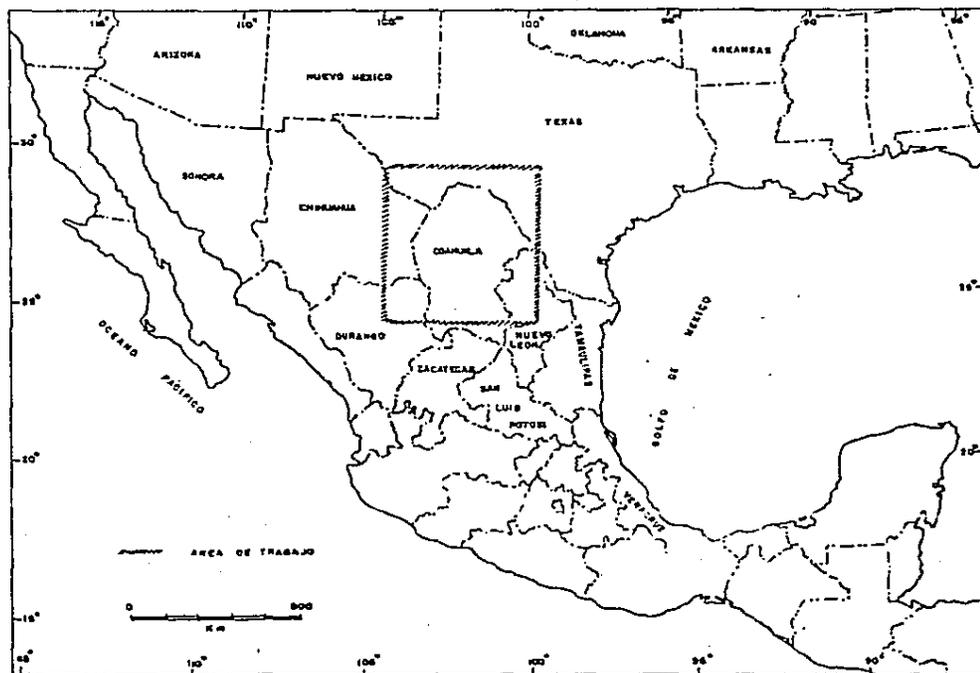


FIGURA 1 MAPA DE LOCALIZACION

De acuerdo al análisis de los datos, se hizo una correlación de las anomalías magnéticas con los alineamientos superficiales Sierra Mojada-China, San Marcos y San Carlos.

La falla Barroteran es postulada en este estudio a partir del defasamiento de dos diferentes zonas del basamento. En la primera la columna sedimentaria del Mesozoico, descansa sobre rocas ígneas ácidas asociadas a un arco volcánico del Paleozoico Tardío, en la segunda zona el basamento está compuesto de rocas metamórficas de la parte interna del Sistema Marathon-Ouachita.

En la parte noroccidental del Estado de Coahuila, se delimitó una área que puede contener rocas sedimentarias pre-Mesozoicas. De acuerdo con la evidencia geológica y geofísica, esta zona está intrusionada por rocas ígneas del Terciario.

ANTECEDENTES

1.1 Geológicos

En el área estudiada las unidades más antiguas son las rocas Paleozoicas afloran en sólo dos localidades, Sierra del Carmen y Las Delicias, el resto de la región está cubierto por rocas del Mesozoico y Cenozoico.

En la Sierra del Carmen afloran rocas metamórficas que son similares a las de la zona interna del Sistema Marathon-Ouachita (Flawn, 1961) encontradas en numerosos pozos en el subsuelo de Texas.

La Cuenca Las Delicias (McKee et al., 1988) está compuesta de una secuencia de rocas marinas del Pensilvánico Medio al Pérmico, derivadas de un arco volcánico; que forman parte de la Isla de Coahuila, la cual es un elemento paleogeográfico del Jurásico Tardío-Cretácico Temprano.

Evidencias de vulcanismo de finales del Paleozoico se han reportado en el subsuelo de la costa del Golfo de México desde Teziutlán, Puebla hasta Jiménez, Tamps (Lopez-Ramos, 1972; Garrison, 1980).

Para el Paleozoico Temprano se ha considerado la existencia de un cinturón de rocas clásticas que bordean al cratón de Norteamérica; sin embargo, recientemente se han encontrado evidencias de un cinturón carbonatado (Palmer *et al.*, 1984), paralelo al anterior que se ubicaría en la parte norte de Coahuila y noreste de Chihuahua e indicando que el borde sur del cratón para esa época se extendía hasta esas localidades.

En un estudio reciente sobre las rocas del Paleozoico en la Sierra del Cuervo, Handschy y Dyer (1987) han relacionado las rocas que ahí afloran con la deformación de las antiguas Montañas Rocallosas, en lugar de ser la extensión de la zona frontal del Sistema Marathon-Ouachita, tal como había sido postulado previamente por Flawn (1961).

El Sistema Marathon-Ouachita (Figura 2), ha sido dividido en tres partes (Flawn, 1961) que son: "foreland", zona frontal y zona interna, que se describen brevemente a continuación.

El "foreland", también llamado plataforma cratónica o miogeosinclinal, está compuesto principalmente de estratos de rocas carbonatadas de una plataforma marina somera (Nicholas y Rozendal, 1975). Se caracteriza por levantamientos de grandes bloques fallados que involucran al basamento (Handschy y otros, 1987); tales como el bloque de la Sierra del Nido, el levantamiento Tascotal, el levantamiento Devils River y cuencas intracratónicas como la Cuenca de Pedregosa.

El Terreno Coahuila de Campa y Coney (1983) está compuesto por dos partes, la primera (Handschy et al., op. cit.) interpretada como un arco volcánico, con base en gravimetría ya que en el área del Potrero de la Mula, aflora un granito tipo I cuyo origen debió ocurrir encima de una zona de subducción; la segunda parte se encuentra al este-sureste de la primera y consiste de un terreno metamórfico, que con el arco fue empujado contra la zona interna.

La Cuenca de Marathon ha sido largamente estudiada por varios autores y en la actualidad se asume (Ross, 1986) que está compuesta por rocas autóctonas (Montañas Glass) y rocas alogénicas (Marathon y Dugout); al hacer una restitución de estas últimas, se encontró que las rocas del borde de plataforma se ubicarían al sureste del levantamiento Devils River. Basado en esto Ewing (1985) sugiere la existencia de una cuenca de edad Tesnus (Missisípico), la cual se encontraría en o hacia el sureste del área El Consuelo al noreste de la Sierra del Carmen, asimismo interpreta al eje Devils River-Tascotal como un aulacógeno del Precámbrico, reactivado en el Paleozoico Tardío.

la evolución del Mesozoico ha sido tratada en estudios recientes por Padilla (1986), Moran (1986), Salvador (1987).

1.2 Geofísicos

Los trabajos de interpretación de métodos potenciales y de sismología disponibles, se refieren principalmente al sureste de los Estados Unidos de América; sin embargo ya que pudieran estar en condiciones tectónicas similares al noreste de México durante el Paleozoico Tardío, su análisis permite hacer algunas comparaciones con los datos que se presentan en este trabajo.

En la figura 3, se presenta el mapa de anomalías gravimétricas del sureste de E.U.A. (Nicholas y Rozendal, 1975), en donde se puede apreciar que los levantamientos estructurales mayores tienen expresión de máximos, mientras que las cuencas profundas coinciden en gran parte con mínimos.

Como se podrá observar el Sistema Orogénico Marathon-Ouachita, se caracteriza por un doble alineamiento de máximos y mínimos casi continuos desde el Estado de Arkansas hasta la frontera de México con Estados Unidos; los mínimos representan la expresión de los grandes paquetes de rocas clásticas sinorogénicas y postorogénicas de las cuencas del Paleozoico Tardío, los máximos se encuentran en forma discontinua y representan altos del basamento.

En las secciones sísmicas del trabajo antes mencionado, los reflectores del Cretácico se encuentran entre 0 y 0.5 segundos. Abajo de la discordancia angular se observan los reflejos del Paleozoico, los cuales fueron identificados por correlación con los datos del subsuelo obtenidos de los pozos Stewart-1 y Gillis-1.

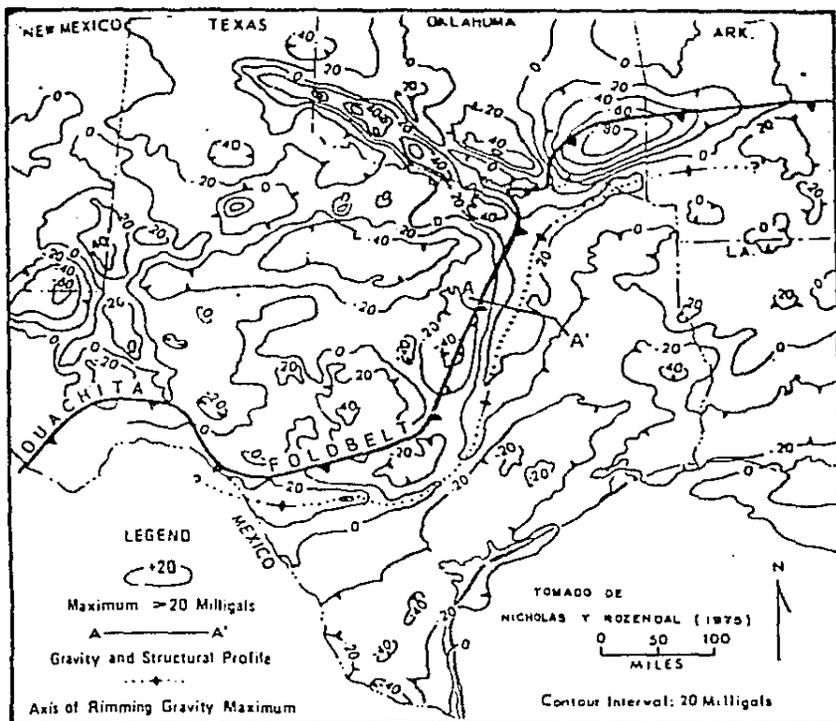


FIGURA 3 MAPA GRAVIMETRICO DEL SE DE EUA.

El mínimo gravimétrico de más de 100 Km de longitud que se ubica al sureste de Oklahoma y al oeste de Arkansas, tiene una correlación muy pobre con la geología superficial cartografiada (Simpson *et al.*, 1986); sin embargo los perfiles sísmicos confirman la existencia a profundidad de una potente sección sedimentaria bajo este mínimo de -80 mg (Lillie *et al.*, 1983). Otros ejemplos

de este marco tectónico ocurren en el frente de los Apalaches (Simpson et al., op. cit.).

En un estudio de carácter regional de métodos potenciales en el oeste de Texas y de un análisis hecho sobre planos a los que se les aplicaron diferentes filtros, Keller et al., (1985) muestra que en la Cuenca Pérmica (Cuenca Delaware, Plataforma de la Cuenca Central y Cuenca de Midland) las anomalías son relativamente suaves y sin complicaciones a causa de la gruesa cubierta sedimentaria.

La gran anomalía positiva asociada con la Plataforma de la Cuenca Central es interpretada por Keller (1988) como el efecto de la presencia de un núcleo máfico. En 1985 el pozo Nellie-1, perforado en el norte del Condado Pecos, aportó una prueba para esa interpretación. En esa perforación se encontraron rocas gabroicas desde los 1400 metros hasta la profundidad total de 5821 metros.

El Levantamiento Tascotal, conocido en México como Levantamiento de Ojinaga, es interpretado por el mismo autor como un rift incipiente del Pre-cámbrico reactivado en el Paleozoico Tardío, está limitado hacia el norte por la Cuenca de Marfa; el mínimo gravimétrico que se encuentra en el límite de estados entre Chihuahua y Coahuila, lo interpreta como debido en parte al efecto causado por una cuenca del Paleozoico Tardío la cual sería análoga a las cuencas de Delaware y Valverde.

Un buen número de paleoreconstrucciones que involucran al Golfo de México, presentan el problema del traslape de la parte sur de México y América Central. Entre los modelos propuestos se tienen aquellos que involucran fallas de desplazamiento lateral (Walper y Rowet, 1972, Anderson y Schmidt, 1983). Esto implica que la parte norte de México llegó hasta su posición actual por medio de movimientos laterales izquierdos a lo largo de un sistema de fallas, o bien por mecanismos más complejos que involucran la acreción de terrenos.

Los datos paleomagnéticos de México son congruentes con los modelos que involucran movimientos laterales izquierdos (Urrutia, et al., 1987) sin embargo los autores reconocen que la evolución tectónica de México parece ser más complicada de lo que se había supuesto.

DATOS GEOLOGICOS Y GEOFISICOS

La interpretación que se presenta en el capítulo siguiente está basada en numerosos datos de tipo geológico y geofísico, que se obtuvieron de la bibliografía existente y de informes internos de Petróleos Mexicanos.

2.1 Datos geológicos

La forma de la secuencia sedimentaria Mesozoica y la litología de la misma, fueron usadas como restricciones de los cuerpos geométricos modelados.

El Instituto Mexicano del Petróleo y algunas compañías extranjeras han determinado edades absolutas en numerosas muestras de rocas ígneas y metamórficas tanto de afloramientos como de núcleos de pozos. El método utilizado ha sido el de K/Ar a menos que se especifique algún otro.

La ubicación de los pozos, datos geocronológicos, secciones sísmicas y los perfiles modelados se encuentran en la figura 4.

A continuación se mencionan las características litológicas y edades del basamento encontrado en afloramientos y pozos. Las profundidades en su mayor parte están dadas bajo el nivel del mar.

El pozo Candela-1, alcanzó las rocas del basamento a la profundidad de -3698 metros. De estas rocas se perforaron 92 metros y fueron clasificadas como tonalitas con una edad de 329 ± 12 m.a.

El pozo Oro-1, alcanzó las rocas del basamento a la profundidad de -3179 metros, clasificadas como andesita y tonalita de hornblenda. Esta última datada en 230 ± 11 m.a.

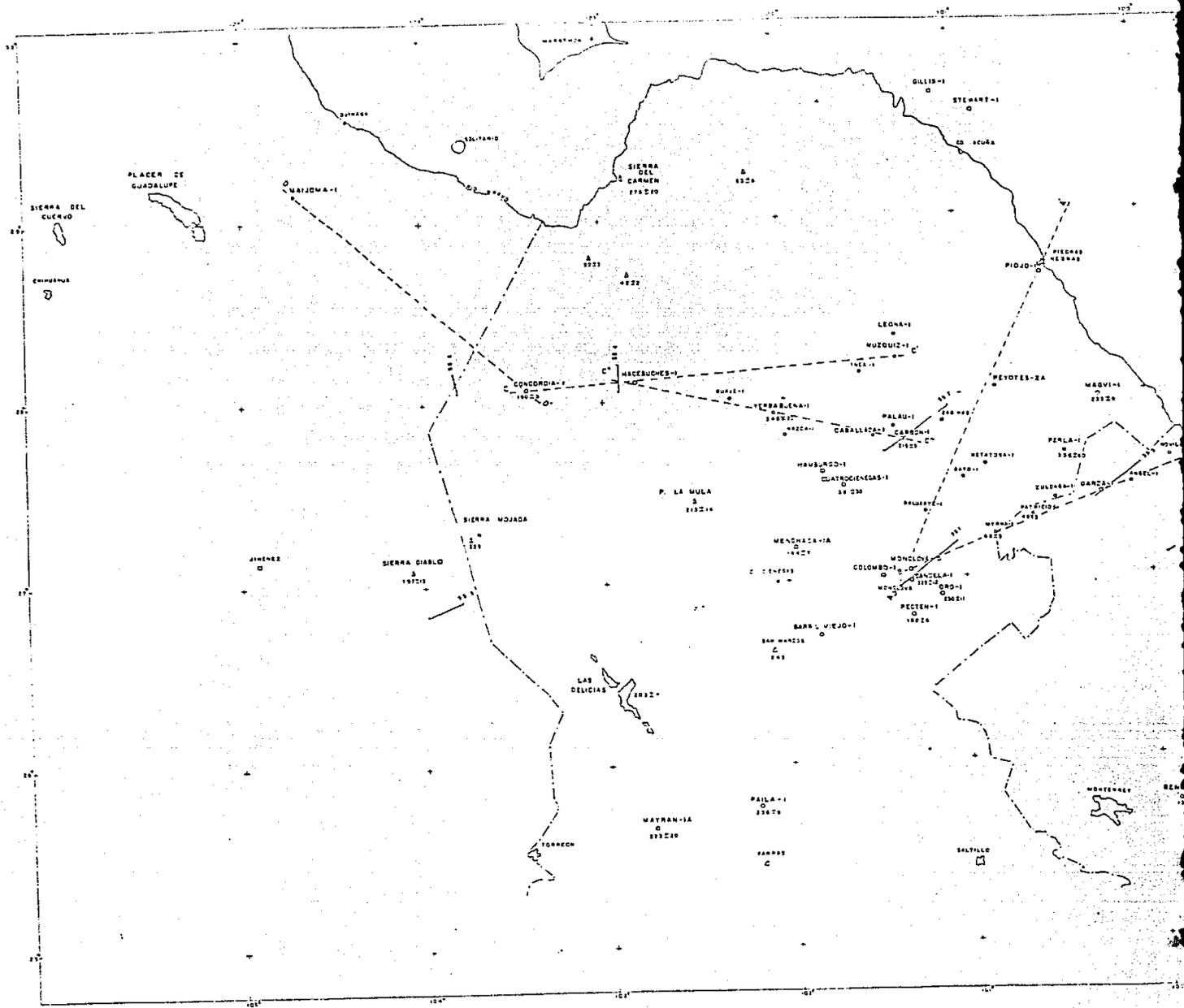
El pozo Colombo-1, alcanzó las rocas del basamento a la profundidad de -4143 metros, siendo estas clasificadas como cuarzodiorita alterada.

El pozo Hamburgo-1A, penetró rocas del basamento a la profundidad de -3751 metros, habiendo cortado 51 metros de diorita de hornblenda cloritizada.

El pozo Barril Viejo perforado al sureste de Cuatro Ciénegas encontró una granodiorita como basamento (Flawn y Díaz, 1959).

En el pozo Cuatro Ciénegas-1, se alcanzó el basamento a la profundidad de -3411 metros, que cortó una tonalita con una edad de 381 ± 30 m.a.

El pozo Menchaca-1A encontró las rocas del basamento a -1389 metros, de las cuales se perforaron 148 metros de granitos de biotita con una edad de 164 ± 7 m.a., que las ubica en el Jurásico Medio.



En el pozo Pecten-1 el basamento fue alcanzado a -1143 metros, de los que se perforaron 300 metros. A estas rocas se les determinó una edad de 160 ± 6 m.a., pero probablemente su edad verdadera sea del orden de 225 ± 20 m.a., debido a que existen evidencias de un recalentamiento de la roca en el Jurásico Medio.

El pozo Metatosa-1 alcanzó a la profundidad de -2199 una roca ígnea sumamente alterada por procesos hidrotermales.

El pozo Perla-1 encontró rocas metaígneas (Gneiss granítico); su edad radiométrica por el método de Rb/Sr es de 358 ± 70 m.a. (Denison, et al., 1969).

El pozo Peyotes-2A encontró el basamento a -1064 metros, se perforaron 51 metros de pizarras y metagrawacas (Flawn y Díaz, 1959).

El pozo Leona-1 atravesó las rocas del Mesozoico y a la profundidad de 1738 metros encontró rocas clasificadas como esquistos de clorita-epidota, cuya roca original fue probablemente una antigua secuencia sedimentaria.

El pozo Magvi-1 encontró un esquistos de cuarzo-muzcovita a 3390 m cuya roca original pudo ser una secuencia areno-arcillosa, posteriormente afectada por metamorfismo regional de bajo grado. La edad de estas rocas es de 233 ± 9 m.a.

El pozo Carbón-1 encontró a la profundidad de -2927 m las rocas del basamento clasificadas como esquisto cuarzofeldespático de los que se perforaron 8 m. Se les determinó una edad de 215 ± 5 m.a.

El pozo Mayrán-1 encontró una riolita silicificada de 233 ± 9 m.a. como basamento, a la profundidad de -1936 metros.

El pozo Paila-1A encontró una ignimbrita silicificada, a la profundidad de -1098 metros, datada en 236 ± 9 m.a. por Rb/Sr. Se perforaron 223 metros de éstas rocas.

El pozo Palau-1 cortó a la profundidad de -2455 metros, un gneiss de muscovita-granate, del cual se perforaron 24 metros.

El pozo Nazca-1 alcanzó las rocas del basamento (esquisto cuarzofeldespático) a la profundidad de -1678 metros, de los que se perforaron 101 metros.

En la Sierra del Carmen afloran esquistos de muscovita que Flawn (1961) asignó a la zona interna del Sistema Marathon-Quachita y que fueron datadas por Danison (op cit.) en 275 ± 20 m.a., por el método de Rb/Sr.

En el valle San Marcos al suroeste de Cuatro Ciénegas (Jones, 1982 en McKee et al., 1984) estan reportados granitos y granitoides de 242 ± 2 m.a. Sin embargo Mugica (1986) reporta en el Rancho El Jabalí de esa misma área, una roca ígnea intrusiva clasificada

como tonalita de hornblenda, datada en 367 ± 18 m.a. La litología y edad de estas rocas son similares a las encontradas en el área de Monclova en el pozo Candela-1.

En el Potrero de la Mula se encuentra aflorando un granito tipo I datado por el método de Rb/Sr en 213 ± 14 m.a. (Jones et al., 1984) cuya evidencia sugiere un emplazamiento arriba de una zona de subducción.

En el Valle de Acatita, en la Cuenca de Delicias, fue datada una granodiorita muy similar a la del Potrero de la Mula, dando una edad de 203 ± 4 m.a. en el mineral de biotita, y de 204 ± 4 m.a. sobre la roca total.

2.2 Datos Geofísicos y Petrofísicos

El mapa de intensidad magnética total que se presenta en la figura 5, forma parte de la Carta Magnética de México (actualmente en compilación), misma que ha sido facilitada por Petróleos Mexicanos para la realización de este trabajo.

La compilación se realizó a una altura de vuelo de 3500 metros sobre el nivel del mar. En la integración de los datos magnéticos se ha requerido de continuaciones de campo hacia arriba y filtrados posteriores en los bordes para evitar anomalías anormales.

El mapa magnético se presenta a la misma escala que el de anomalías gravimétricas para que su comparación sea fácil y rápida; los datos están configurados cada 20 gamas y al valor de configuración se le deben sumar 48200 gamas para lograr el valor real del campo magnético.

El mapa de anomalías gravimétricas residuales que se presenta en la figura 6, se tomó de la publicación de Keller y Dyer (1988). Los valores de anomalía de Bouguer fueron corregidos al nivel del mar usando una densidad de 2.67 gr/cm³. A estos datos se les restó una superficie de segundo grado como anomalía regional; a la anomalía residual resultante se le aplicó un filtro bidimensional para eliminar las longitudes de onda menores a 50 Km. La anomalía residual ya filtrada y configurada cada 5 miligales es la que se presenta en el mapa (figura 6).

Para el modelado gravimétrico se dispuso de la información del registro de densidad compensada, de los datos de litologías del subsuelo así como de la naturaleza y profundidad del basamento de 26 pozos perforados por Petróleos Mexicanos.

En las tablas 1 a 4 se presentan los datos de 8 unidades de densidad en las que se dividió la columna estratigráfica, con el objeto de que los modelos fueran sencillos y de carácter regional; en cada tabla están agrupados los datos que son usados en los perfiles modelados.

La densidad de las formaciones se encontró al hacer un promedio del registro de densidad compensada cada 20 metros. Las formaciones que presentaron densidades parecidas, se agruparon en las unidades que se presentan en las tablas.

Para la determinación de la densidad de cada unidad, sólo se incluyeron a las formaciones que fueron atravesadas completamente por los pozos. En ocasiones no se dispuso del registro de densidad compensada, por lo que en las tablas no aparecen algunos datos de densidad.

La unidad I incluye a las Formaciones Upson, Austin, Eagle Ford, Buda, Calizas Monclova y Del Río, del Cretácico Tardío, cuya litología en conjunto está compuesta por calizas, lutitas y areniscas.

La unidad II incluye a las Formaciones Georgetown, Kiamichi, Tamaulipas Superior, la Peña y Cupido del Cretácico Temprano y Tardío; este conjunto está compuesto por calizas y en menor proporción por calizas arcillosas y lutitas.

La unidad III está integrada por las Formaciones La Virgen y La Mula del Cretácico Temprano. Su mayor espesor corresponde a calizas, dolomías y evaporitas, y en menor proporción a areniscas y limolitas.

La unidad IV está integrada por las Formaciones Padilla, Barril Viejo y Menchaca de la parte basal del Cretácico Temprano; litológicamente la unidad está compuesta por calizas densas, lutitas y areniscas.

La unidad V agrupa a formaciones del Jurásico Tardío, como La Casita, la Gloria, Olvido, al conglomerado con el que se inicia la secuencia sedimentaria del Mesozoico, en ocasiones también incluye a lechos rojos. Este conjunto está compuesto en su mayor parte de rocas clásticas

La unidad VI está compuesta por formaciones del Paleozoico Tardío penetradas en los pozos Maijoma-1 y Concordia-1; litológicamente está constituida de rocas clásticas y en menor proporción por calizas.

TABLA 1 DATOS DE DENSIDAD

POZO UNIDAD	COLOMBO-I	CANDELA-I	MONCLOVA-I	BAJAJARTE-IA	GATO-I	PIOJO-I	PECTEN-I	MOCHACA-IA	HAMBURGO-I	CUATROCIE NESES-I
I	2.65	2.65	2.68		2.48	2.65				
II	2.71	2.72	2.70		2.73	2.75	2.60			2.70
III	2.79	2.78	2.80	2.74	2.68	2.82	2.84		2.74	2.81
IV	2.73	2.70	2.81				2.70		2.73	
V	2.73	2.59	2.62	2.71	2.74		2.66	2.63	2.66	
VII	2.71	2.63	2.70				2.70	2.74	2.79	2.71

TABLA 2
DATOS DE DENSIDAD

POZO UNIDAD	MYRNA-IA	PATRICIO-I	ZULOAGA-I	SALINILLAS-I	GARZA-101
I		2.46	2.57	2.68	2.55
II		2.65	2.64	2.79	2.65
III			2.75	2.87	2.78
IV			2.71	2.73	2.77
V			2.71	2.58	2.72
VII	2.64		2.89		2.80

TABLA 3 DATOS DE DENSIDAD

POZO UNIDAD	HAZCA-I	CABALLADA-I	PALAU-I	CARBON-I	MAGVI-I
I			2.69	2.58	
II	2.57		2.76	2.71	
III	2.77		2.83	2.80	
IV	2.77	2.74	2.82	2.76	2.72
V	2.72	2.72	2.79	2.72	2.72
VIII	2.80	2.75	2.78	2.75	2.77

TABLA 4 DATOS DE DENSIDAD

POZO UNIDAD	MANJOMA-I	CONCORDIA-I	MACEBUCHES	GUAJE-I	INCA-I	MUZQUIZ-I
II	2.51	2.60			2.71	2.69
III	2.64	2.73	2.74		2.80	2.74
IV	2.58	2.69	2.65	2.69	2.67	2.67
V	2.63	2.63	2.65	2.53		
VI	2.66	2.66	2.69			
VIII		2.68				

La unidad VII está constituida por rocas del basamento, que consiste de rocas ácidas intrusivas (granitos) y extrusivas con una edad radiométrica que las sitúa entre el Paleozoico Tardío y el Triásico Temprano.

La unidad VIII contiene la información de densidad de los pozos que alcanzaron el basamento metamórfico. Incluye sólo a las rocas metamorfizadas de antiguas secuencias sedimentarias ya que las rocas metaígneas se incluyeron en la unidad anterior.

INTERPRETACION GEOLOGICO-GEOFISICA

3.1 Interpretación de Mapas

En esta sección se interpretan los mapas gravimétrico y magnético mediante una correlación con los datos de geología superficial y los datos del subsuelo.

3.1.1 Mapa Magnético

En el mapa magnético se han interpretado 3 alineamientos que pueden corresponder a grandes fallas de diversos tipos que han sido propuestas con anterioridad. Tales fallas son: San Carlos, San Marcos y Sierra Mojada-China.

En la figura 5 se podrá observar la expresión magnética de varios cuerpos intrusivos Terciarios, que se caracterizan por tener el máximo casi circular y el mínimo de poca amplitud, están formando parte de dos franjas este-oeste, la primera se encuentra en el norte del estado y la segunda al sureste de Monclova, cada franja comprende tres anomalías, sin embargo en la superficie se observan numerosos cuerpos más pequeños, algunos de los cuales ya han sido estudiados (Bloomfield y Cepeda, 1973; Mugica, 1986). Además de los descritos existe otra franja donde se localizan alineados norte-sur, los intrusivos Minerva, La Vasca y La Encantada.

En la parte central de la figura 5 se observa un alineamiento de máximos y mínimos orientados con rumbo aproximado de N 55 E, que empieza unos 40 Km al norte de Jiménez, Chihuahua, y que cruza toda el área de estudio, mismo que ha sido correlacionado con el Lineamiento Sierra Mojada-China, descrito por Padilla (1986) como un rasgo tectónico observable en fotografías de satélite, con el cual coincide en dirección y posición. Este alineamiento debe corresponder a una falla de gran profundidad que permitió el emplazamiento de cuerpos ígneos en el Jurásico Medio, como lo confirman los datos de los pozos Menchaca-1A y Pecten-1 que se localizan sobre el alinenmiento de anomalías magnéticas, y que encontraron sendos cuerpos ígneos cuyas edades son 164 ± 7 y 160 ± 6 m.a. Estos datos coinciden con la edad reportada por Anderson y Silver (1979) para las rocas ígneas ácidas (granitos) que se emplazaron en la traza de la Megashear Mojave-Sonora.

La anomalía magnética del área de Monclova, tiene una forma arqueada y es de gran amplitud, parece estar separada en dos partes por el Lineamiento Sierra Mojada-China. Los pozos Monclova-5, Candela-1, Hamburgo-1, Cuatro Ciénegas-1 y Colombo-1 entre otros que se encuentran localizados en el área que ocupa esta anomalía, encontraron rocas intrusivas y extrusivas de tipo ácido descritas en el capítulo anterior. De tal forma que existen evidencias para suponer que esta anomalía corresponde a un área donde el basamento es ígneo ácido del Paleozoico Tardío-Tridésico Temprano. Es importante notar que estas anomalías se observan con un espesor de casi 5 Km de sedimentos y una altura de vuelo de 3.5 Km sobre el nivel del mar.

En la parte sur de la anomalía de Monclova se localiza el pozo Barril Viejo-1; que encontró una granodiorita como basamento, por lo que en el área que comprende esta anomalía el basamento es de tipo ígneo, de manera similar al bloque anterior.

Al sur y sureste del área de Monclova, existen algunos alineamientos de anomalías que corresponden con cuerpos ígneos encontrados en los pozos Paila-1 y Mayrán-1, los que dada su proximidad a la cuenca Las Delicias, probablemente pertenezcan al arco volcánico postulado al sur o sureste de la cuenca en el Paleozoico Tardío.

En el área Saltillo-Monterrey, donde la Sierra Madre Oriental presenta una curvatura para alinearse este-oeste, las anomalías magnéticas contrastan con las que se encuentran hacia el noroeste ya que su expresión es débil; probablemente refleje un cambio en la naturaleza y/o profundidad del basamento, con respecto a los bloques de rocas ígneas que se encuentran al occidente.

La zona norte del Estado de Coahuila se diferencia del área de Monclova por tener una respuesta magnética débil, lo que sugiere que los cuerpos ígneos se encuentran profundos o que no existe contraste de susceptibilidad entre las rocas del basamento, los pozos perforados en la zona han encontrado rocas metamórficas sobre las cuales descansa la columna sedimentaria del Mesozoico.

Entre el terreno de basamento ígneo y el terreno de basamento metamórfico se postula en este trabajo la probable existencia de la falla Barroteran debido a que separa dos tipos de basamento.

3.1.2 Mapa Gravimétrico

En el mapa gravimétrico (figura 6) no se aprecia una correlación directa de las anomalías con la geología superficial, por lo que cada anomalía se tratara por separado.

El máximo gravimétrico de 40 miligales que se ubica en la frontera de México con Estados Unidos y que con una ligera flexión en su rumbo, continua hasta el occidente de Ojinaga, Chih., se puede correlacionar con los levantamientos Devils River y Tascotal. Esta anomalía presenta una bifurcación que se interna hacia territorio mexicano y que se ha denominado en este trabajo como Máximo Boquillas. Esta saliente se continua hasta unos 15 Km al norte del pozo Concordia-1, despues aparece más al sur sólo que en forma discontinua, los lugares donde esta anomalía aparece seccionada corresponden con la traza de la postulada falla Barroteran y el Lineamiento Sierra Mojada-China.

Hacia el este del máximo Boquillas se observa un gradiente que probablemente se debe a una falla, dado que en esta zona se encuentran algunos de los cuerpos intrusivos terciarios.

El máximo de Anáhuac, de 55 mg se ubica sobre el poblado del mismo nombre y se extiende hacia el norte hasta conectarse con el máximo de Devils River. La magnitud de la anomalía sugiere la existencia de un cuerpo ígneo básico a profundidad.

El mínimo Pedregosa, se localiza en el límite de Estados entre Chihuahua y Coahuila, tiene un valor de -20 mg, su longitud es de 300 Km y casi 100 Km de ancho. Se encuentra dislocado en dos lugares, el primero coincide con el alineamiento de anomalías magnéticas asociadas aquí a la discontinuidad Sierra Mojada-China, el segundo desplazamiento ocurre al noroeste del pozo Concordia-1 en la traza de la falla Barroteran y coincide con dos anomalías magnéticas, que podrían representar la evidencia de una zona de debilidad.

El mínimo Florida tiene una orientación norte-sur, con más de 200 Km de longitud y 60 Km de ancho, termina cerca del poblado de Ocampo, donde hacia el noroeste en el área de La Mula afloran rocas graníticas. Dado que la Cuenca Las Delicias representa una cuenca cercana a un arco volcánico, Handschy y otros (1987) han interpretado este mínimo como evidencia de un arco volcánico Paleozoico. Sin embargo, el mínimo Florida coincide en el mapa magnético con un área sin anomalías importantes, en esta región se encuentra el pozo Hacebuches-1 que se perforó hasta el basamento compuesto de rocas metasedimentarias (lutitas alteradas) bajo las rocas del Mesozoico; los datos anteriores muestran que el área que ocupa este mínimo no se puede correlacionar con el arco volcánico postulado en el NE de México en el Paleozoico Tardío.

El mínimo de Peyotes, es un rasgo casi circular de aproximadamente 70 Km de diámetro, que se localiza sobre el elemento paleogeográfico Península del Burro-Picachos. En el extremo norte de esta anomalía se localiza el pozo Peyotes-2A que encontró las

rocas metamórficas de la zona interna del Sistema Marathon-Quachita a la profundidad de 1761 metros.

Entre los mínimos Florida y Peyates, existe un fuerte gradiente de 40 mg orientado norte-sur, de longitud similar al mínimo Florida al cual es paralelo y que debe corresponder a un cambio en la composición del basamento.

3.2 Descripción de Perfiles Modelados

Se modelaron 4 perfiles para tener evidencia cuantitativas que justificaran o cambiaran la interpretación que se hizo sobre los mapas.

Las restricciones más importantes durante el modelado fueron la información regional del subsuelo, la densidad de las rocas atravesadas por los pozos y la información sísmica, de la que se presentan seis secciones típicas. En los modelos, las estructuras locales que se observan en la sísmología no están representadas debido a su carácter regional.

Se considera la densidad de contraste como una densidad promedio, con la cual se hace contrastar la densidad de los cuerpos modelados. Para todos los perfiles fue de 2.70 gr/cm³.

Los perfiles fueron modelados en 2 dimensiones (Talwani y Landisman, 1959; Talwani y Heirtzler, 1963), sin embargo se calculó el efecto de los cuerpos en 2.5 dimensiones, comprobándose que los modelos no cambian significativamente como para modificar las interpretaciones geológicas que se presentan.

3.2.1 Perfil AA' Monclova-Piedras Negras

En la figura 7, se muestra el perfil AA', el cual se inicia en la ciudad de Monclova y termina 30 Km al noreste de Piedras Negras Coahuila.

En el mapa gravimétrico se observa que el perfil cruza el máximo de Anahuac en su expresión más occidental, el mínimo Peyotes y el máximo Devils River.

Para el modelado de este perfil se contó con la información de subsuelo de 5 pozos, en cuatro de éstos se dispuso del registro de densidad compensada. En la tabla 1 se resumen los datos de las unidades de densidad utilizados.

A continuación se describen brevemente los pozos que intervienen en el perfil, el tipo de basamento y la profundidad a la que fue alcanzado.

El pozo Monclova-5 alcanzó el basamento ígneo a -3362 m. Estas rocas se clasificaron como tonalita de clorita.

El pozo Baluarte-1A perforó hasta una profundidad de -4486 m sin haber alcanzado las rocas del basamento, habiendo terminado la perforación dentro de rocas de la Formación La Casita del Jurásico Tardío.

El pozo Gato-1 llegó hasta -3412 m, quedando dentro de rocas continentales denominadas lechos rojos.

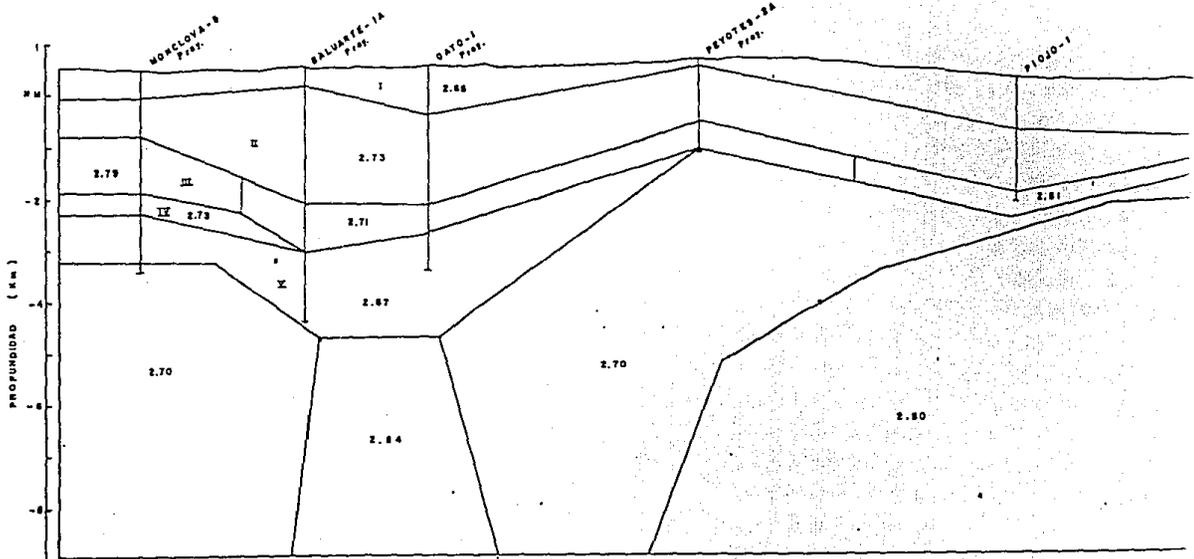
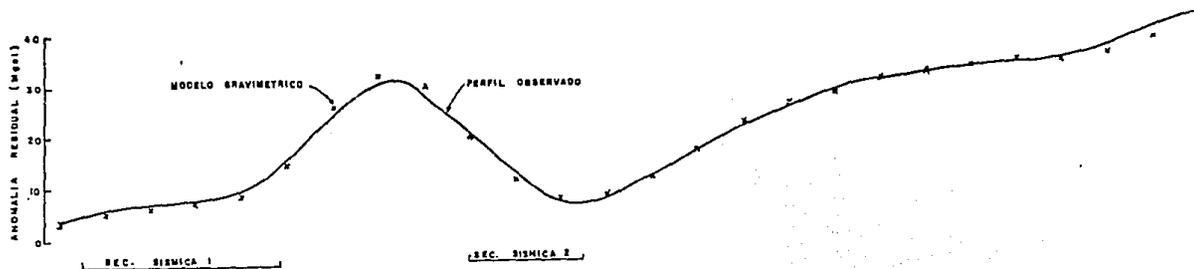
El pozo Peyotes-2A, alcanzó el basamento a la profundidad de -1064 m, siendo de tipo metamórfico.

El pozo Piojo-1 se perforó hasta la profundidad de -1160 mts., terminando la perforación dentro de la Formación La Virgen del Cretácico Temprano.

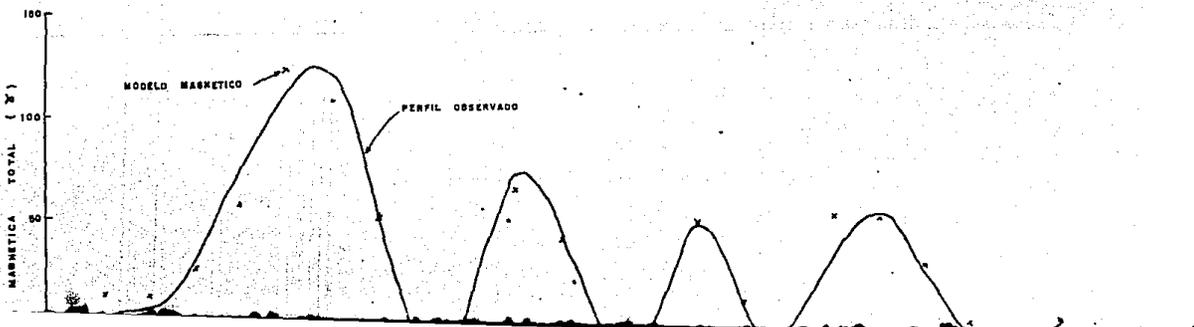
En la figura 7A, las rocas sedimentarias de la Cuenca de Sabinas se modelaron con 5 cuerpos, cuya geometría está determinada por los datos del subsuelo; el primero con densidad de 2.65 gr/cm³ correspondiente a la unidad de densidad I, el cuerpo 2 está compuesto principalmente de rocas carbonatadas con una densidad de 2.73 gr/cm³ correspondiendo a la unidad II, el cuerpo 3 en realidad está compuesto de 3 partes, con densidades de 2.79, 2.71 y 2.81 gr/cm³ respectivamente, debido a que la unidad de densidad III presenta fuertes variaciones a lo largo del perfil. La unidad de densidad IV solo se presenta en el extremo suroeste del perfil, esta unidad con densidad de 2.73 gr/cm³, se modeló con el cuerpo cuatro. Las rocas clásticas de las formaciones del Jurásico Tardío y los conglomerados basales, se modelaron con densidad de 2.67 gr/cm³ correspondiente a la unidad V.

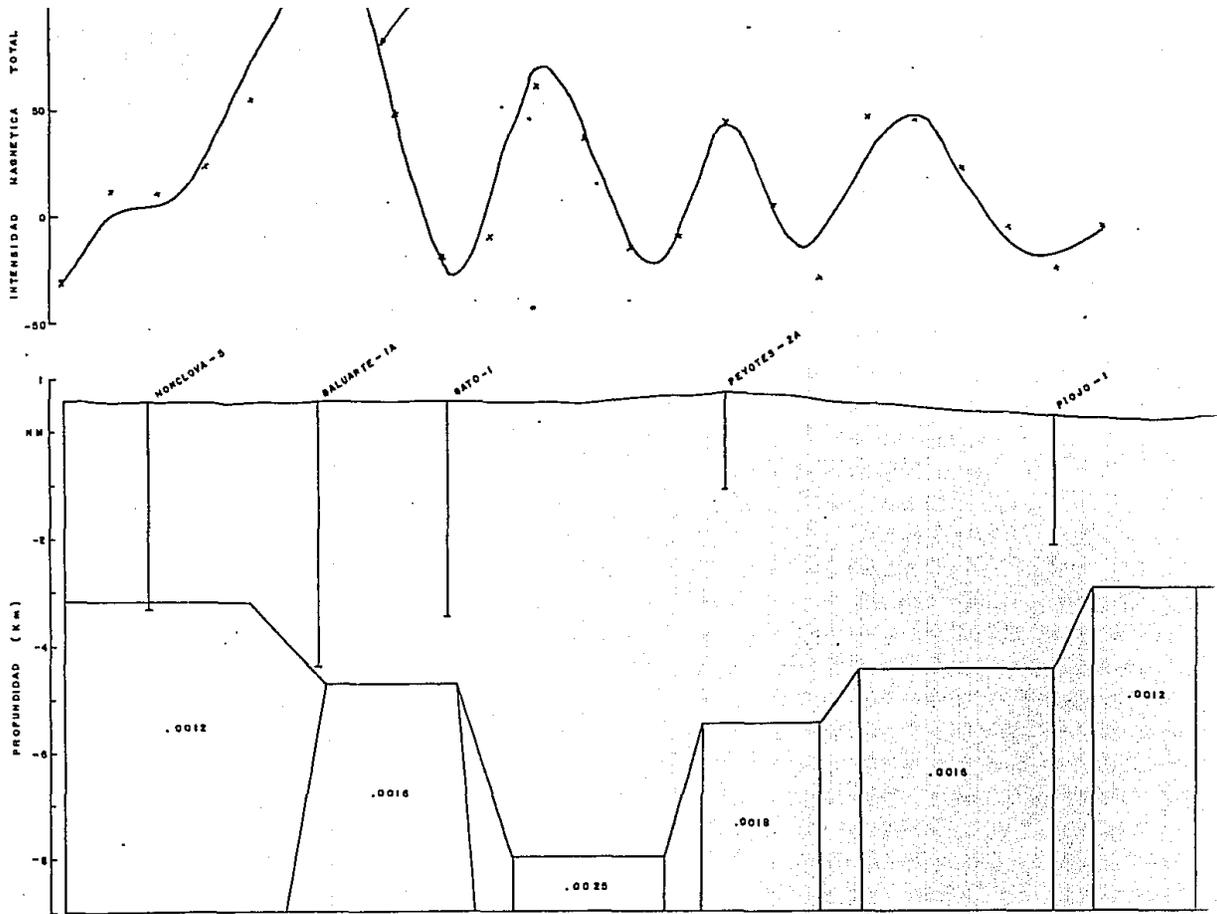
El Levantamiento Devils River, se modeló con la densidad promedio de los pozos que alcanzaron el basamento de tipo metamórfico hacia el noroeste de este perfil, de 2.78 gr/cm³, estos datos están resumidos en la Tabla 3, como se puede apreciar el basamento es más somero hacia la frontera con Estados Unidos.

Entre los máximos de Anahuac y Devils River, se modeló un cuerpo de densidad 2.70 gr/cm³ que puede corresponder a sedimentos o metasedimentos pre-Mesozoicos asociados al mínimo de Peyotes y

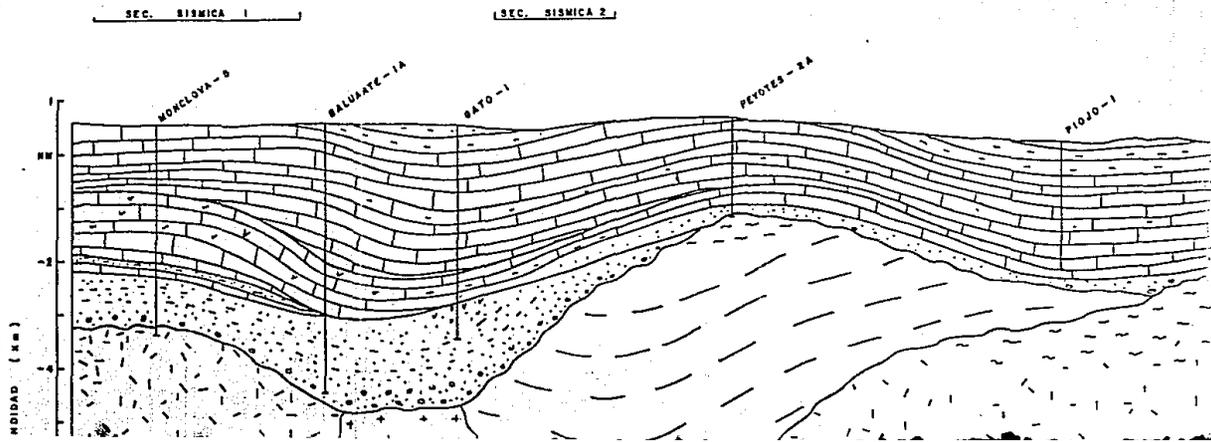


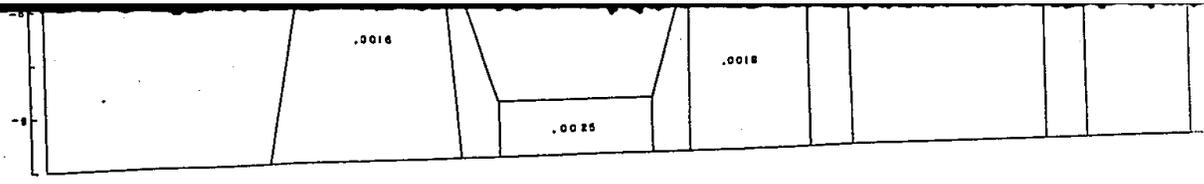
7 A



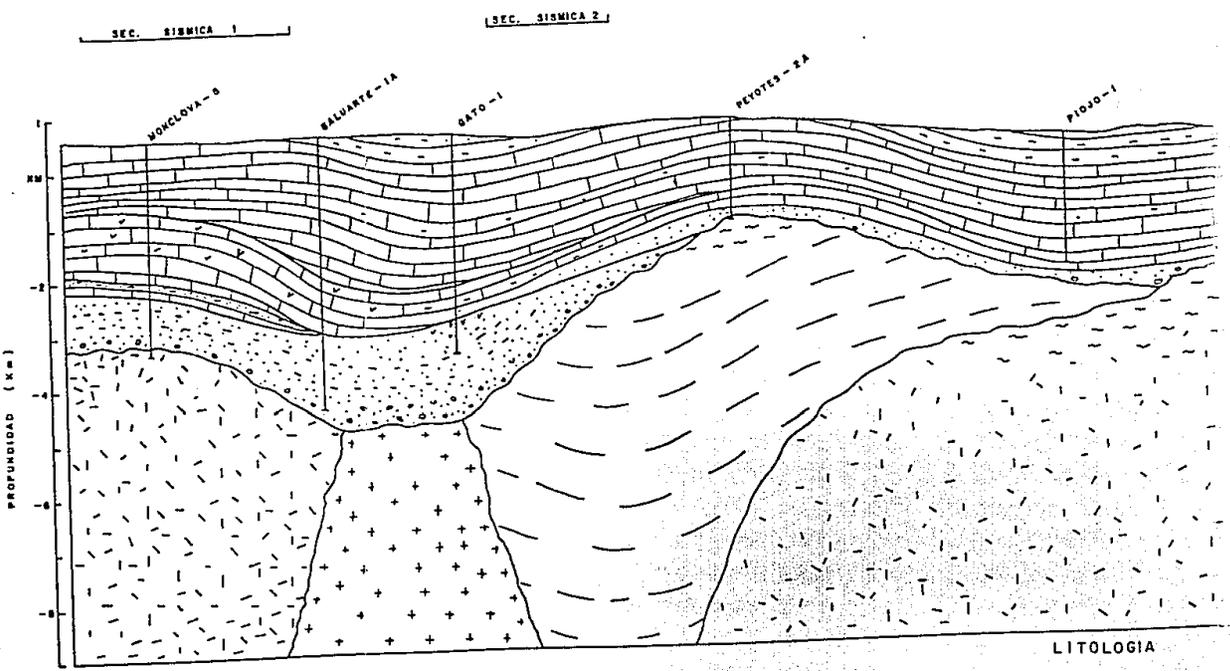


7B





7B



7C

- LITOLOGIA
-  ROCAS SEDIMENTARIAS
 -  ROCAS CLASTICAS
 -  ROCAS GRANITICAS
 -  ROCAS IG. INTERMEDIAS
 -  METASEDIMENTOS ?
 -  ROCAS METAMORFICAS

FIGURA 7 PERFIL AA' MONCLOVA - PIEDRAS NEGRAS

A. Modelo gravimétrico B. Modelo magnético C. Modelo geológico

que se encuentran formando parte de la Península Jurásica del Burro-Picachos.

El modelo magnético, se presenta en la figura 7B, el ajuste a los datos observados se logra con un modelo muy parecido al gravimétrico. El área de Monclova se modeló con una anomalía suprabasamental de contraste de susceptibilidad .0012, el cuerpo ígneo intrusivo asociado al máximo gravimétrico de Anáhuac se modeló con un cuerpo de igual geometría que el del modelo gravimétrico con contraste de susceptibilidad de .0016; la parte de la anomalía que corresponde con el mínimo Peyotes se modeló con un cuerpo a la profundidad de -8 Km con un contraste de susceptibilidad de .0025; pero si se observa la anomalía en el mapa magnético se ve, que el perfil la cruza, en su parte más occidental por lo que es posible que el cuerpo se encuentre hacia el oriente, fuera del perfil.

El levantamiento Devils River se modeló con un conjunto de cuerpos ígneos cubiertos por rocas metamórficas y sedimentarias de forma similar a las encontradas en el pozo Stewart-1.

Las secciones sísmicas 1 y 2 (figuras 8 y 9) se proyectaron a este perfil para apoyar los modelos postulados, aunque no coinciden exactamente con la dirección del perfil.

La sección 1 (figura 8) tiene un rumbo NE-SW, es perpendicular a las estructuras geológicas superficiales; se puede observar que entre el PV 480 y el PV 280 aparecen fuertes eventos de reflexión de 0 a 1.4 segundos, estos reflejos corresponden a las formaciones

SECCION SISMICA 1

CANDELA-1

CAMPO MONCLOVA

M. J. 1967

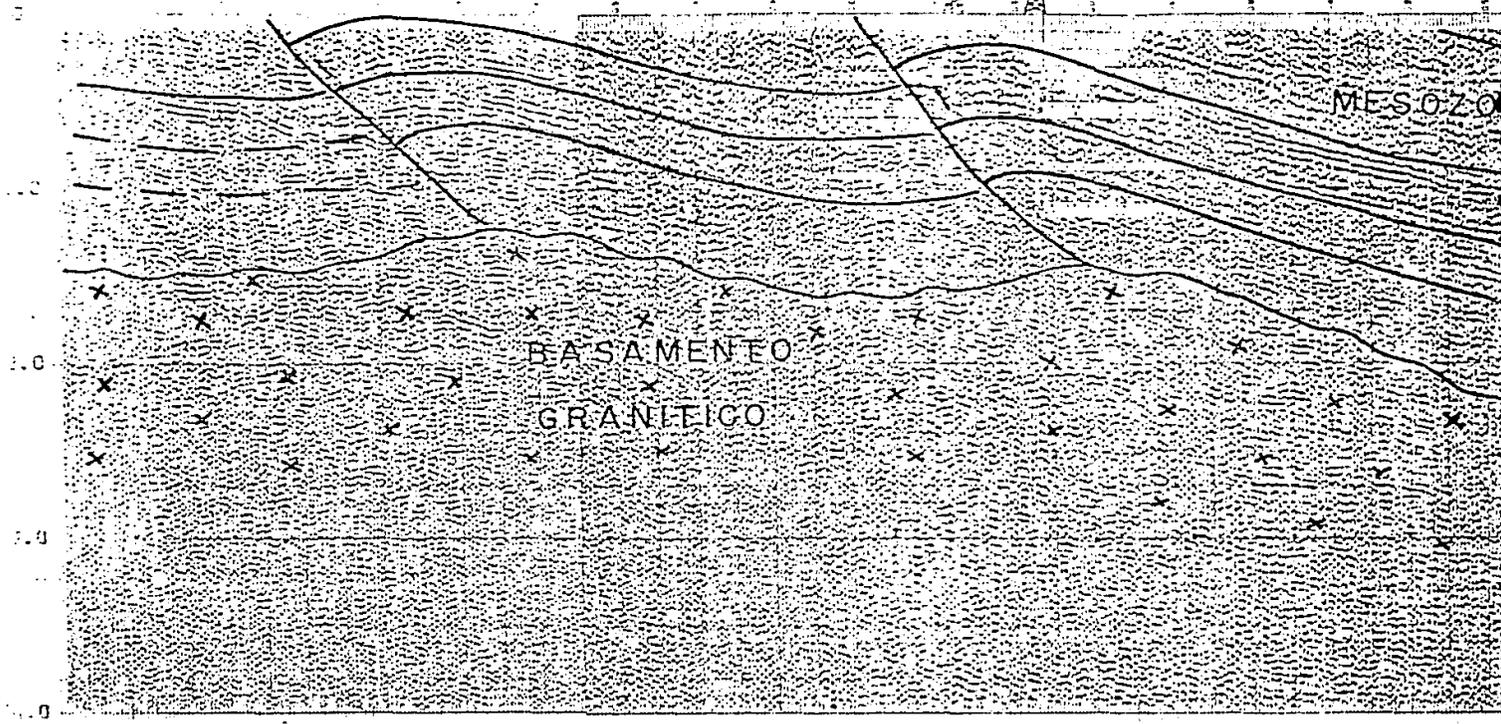
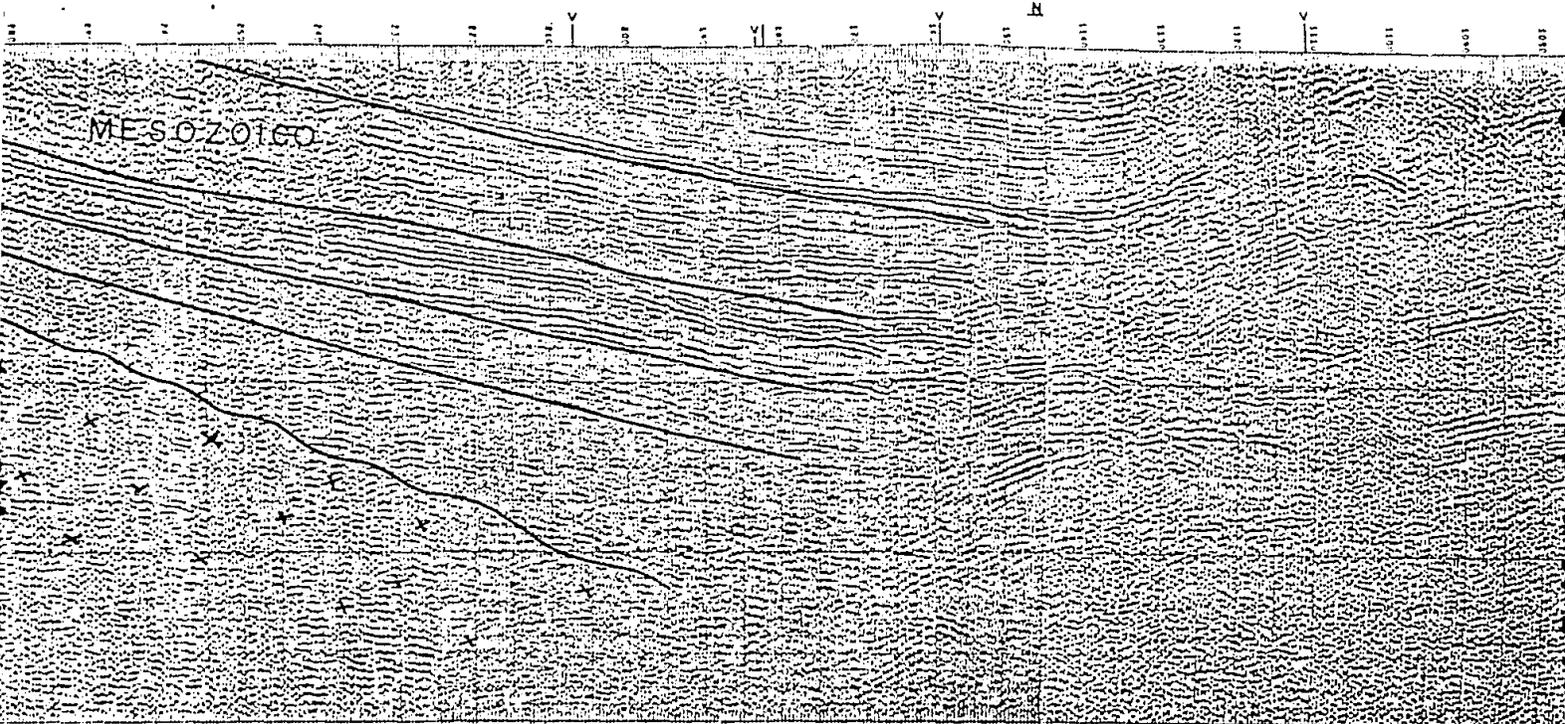
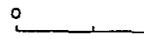


FIGURA 8



MESOZOICO

del Jurásico Tardío y Cretácico, que se han identificado en los pozos del área. Sin embargo abajo de los reflectores anteriores, se aprecia una ausencia de eventos, debido a que en esta área el basamento es de tipo ígneo, como lo evidencia el mapa magnético y comprobado con los datos de los pozos que llegaron al basamento en esta región.

Del PV 280 al PV 180 se observa que los reflectores se profundizan hacia el noreste ya que los eventos se observan hasta los 2.5 segundos; como consecuencia, el basamento también tiene que estar más profundo.

Del PV 180 al PV 990 la sección no muestra reflejos continuos, sino que aparecen cortados y desorganizados; probablemente debido a la deformación de las evaporitas que se encuentran en esta área. Se considera que es la parte más profunda de la sección.

La sección sísmica 2 (figuras 9 y 10) también tiene un rumbo NE-SW, es perpendicular a las estructuras geológicas superficiales. Se dividió en dos partes debido a su longitud.

En la parte A (figura 9) de esta sección se puede observar que las rocas del Cretácico se encuentran entre 0 y 1.5 segundos aproximadamente; la ausencia de reflejos que se observa del PV 3025 al PV 2929, se debe a que esta parte de la sección se encuentra sobre el bloque de basamento granítico.

SECCION SISMICA 2

parte A

0 3 Kms.

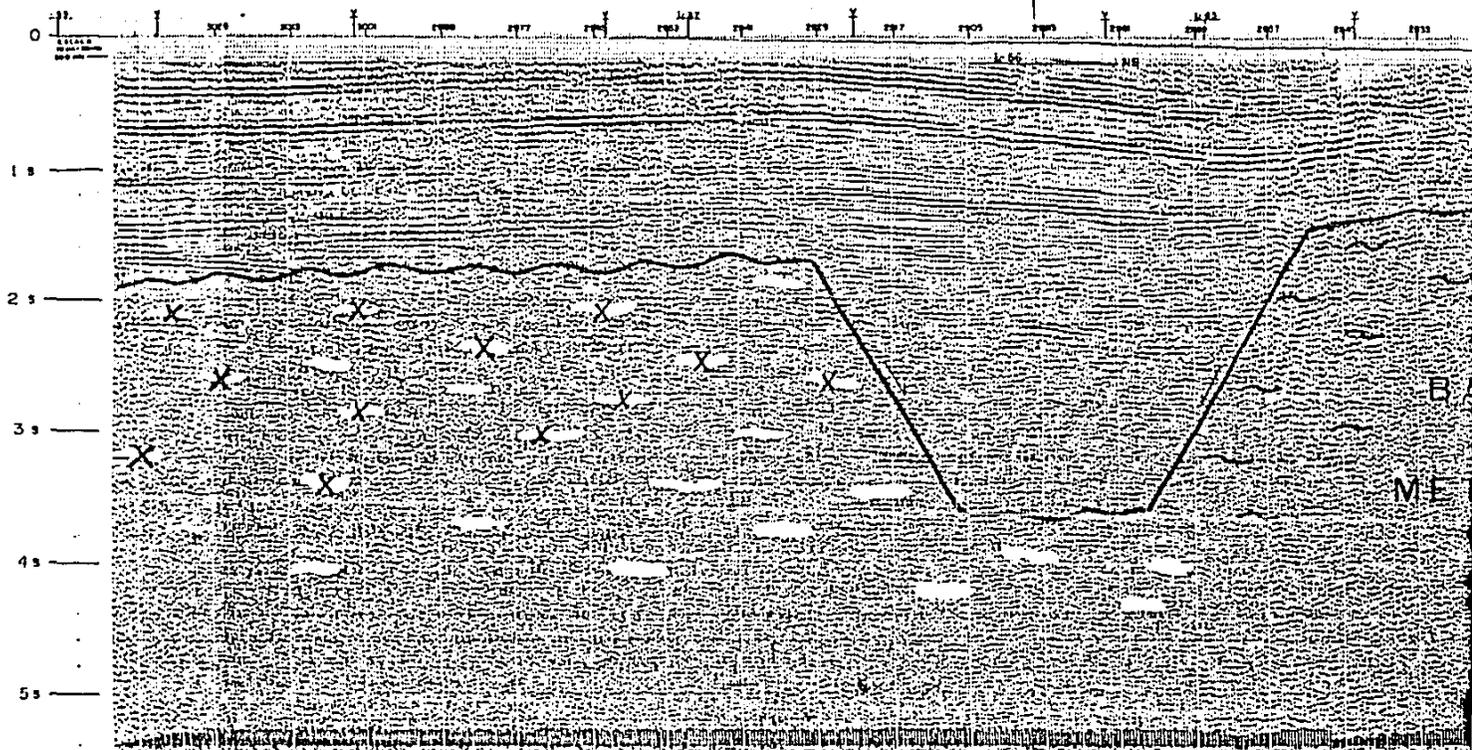
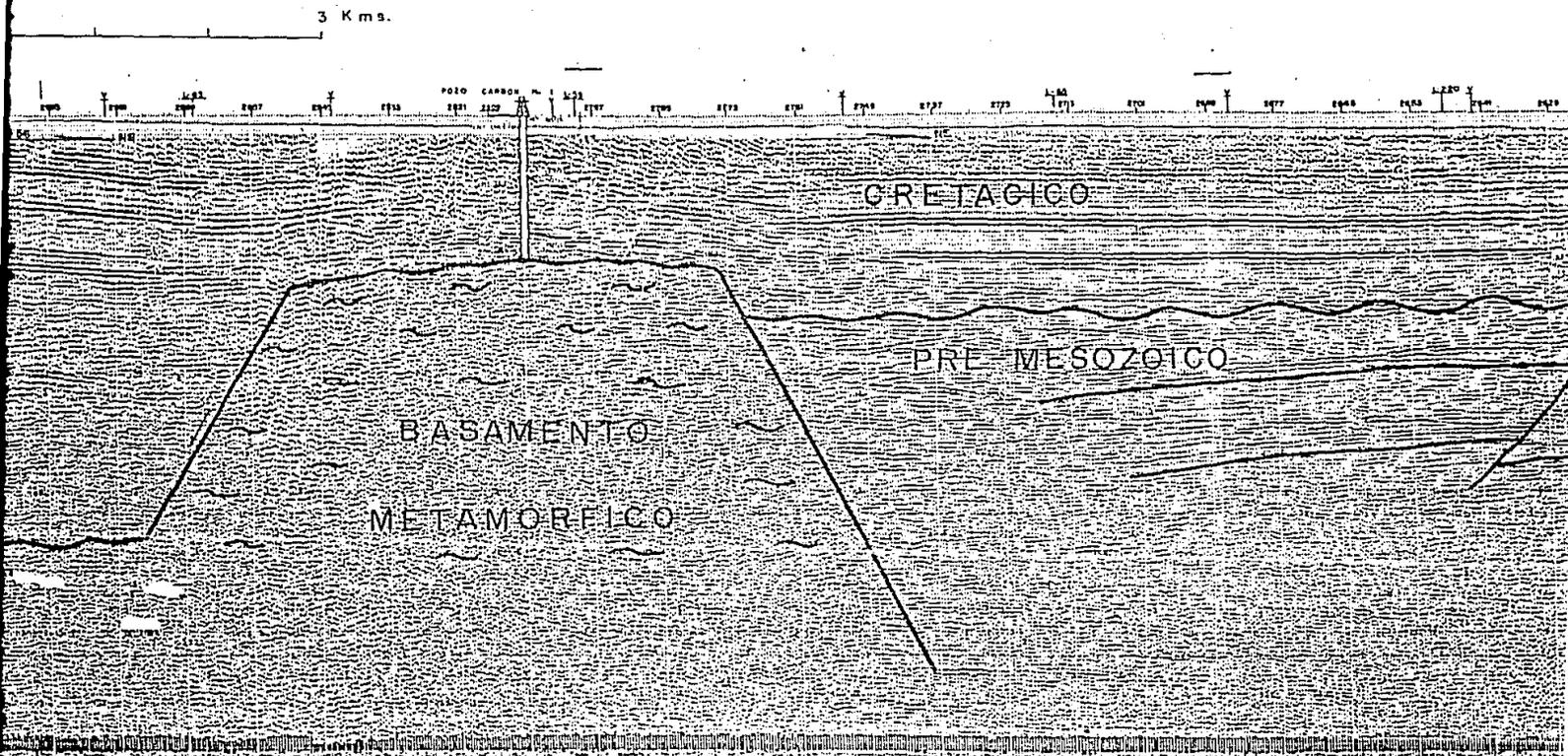


FIGURA 9



Entre el PV 2845 y el PV 2773 la ausencia de reflectores por abajo de los eventos del Cretácico, se debe a que el basamento en esta parte es de tipo metamórfico, tal como lo manifiesta el pozo Carbón-1 perforado en este bloque de basamento.

Del PV 2773 al PV 2593, las rocas del pre-Mesozoico son diferentes desde el punto de vista de respuesta sísmica, ya que se observan reflectores continuos y de buena calidad.

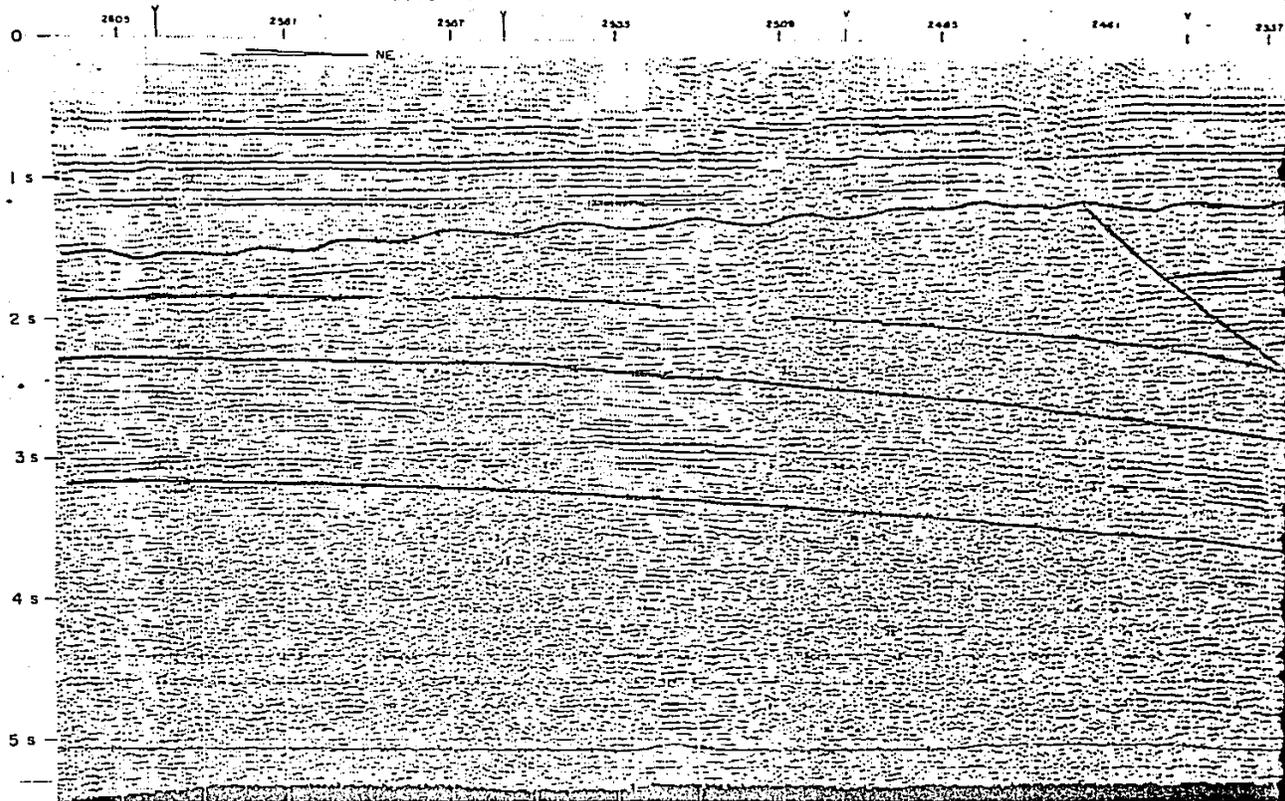
La parte B de la sección 2 (figura 10) es la que se ha proyectado al perfil ya que la parte A se aleja demasiado. Se puede observar como los reflectores del Cretácico se hacen más someros hacia el noreste.

Los eventos pre-Mesozoicos se encuentran en el extremo de la sección a menos de un segundo, y estan separados de los eventos del Cretácico, por una discordancia que se manifiesta como un zona cáctica; dado que a 25 Kilómetros aproximadamente en la dirección de la sección se encuentra el pozo Peyotes-2A, el cual encontró rocas metamórficas como basamento, es posible que los reflectores sean debidos a que el basamento está compuesta de rocas metasedimentarias. El pozo está localizado dentro del área que ocupa el mínimo gravimétrico Peyotes.

El modelo geológico deducido del ajuste de los datos gravimétricos y magnéticos y apoyado en las secciones sísmicas 1 y 2, se presenta en la figura 7C. Como se puede ver el basamento en el área de Monclova se compone de rocas ígneas tanto intrusivas como

SECCION SISMICA 2

Parte B



0 5 Kms.

FIGU

2485

2441

2337

2443

2349

2377

2303

2349

2301

2261

2221

CRETACICO

PRE-MESOZOICO

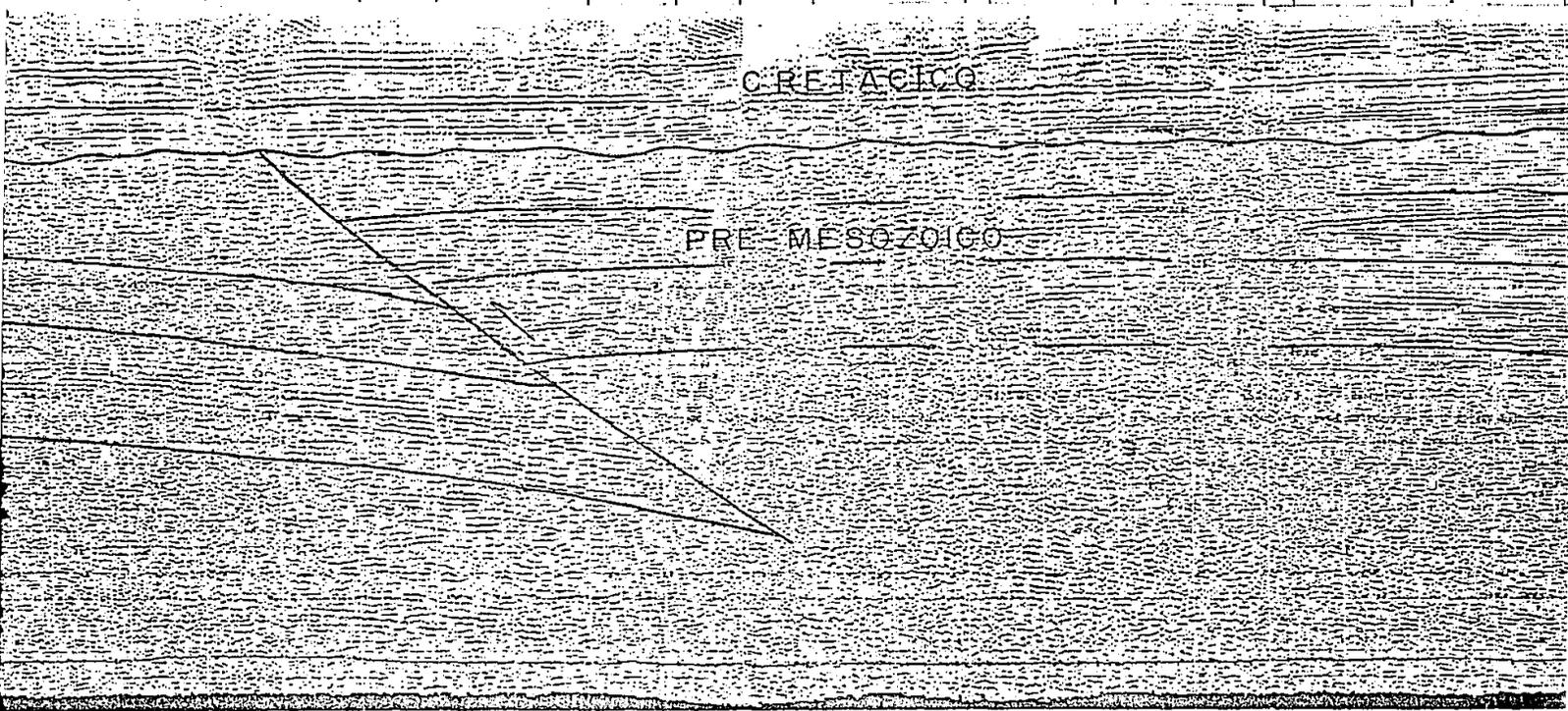
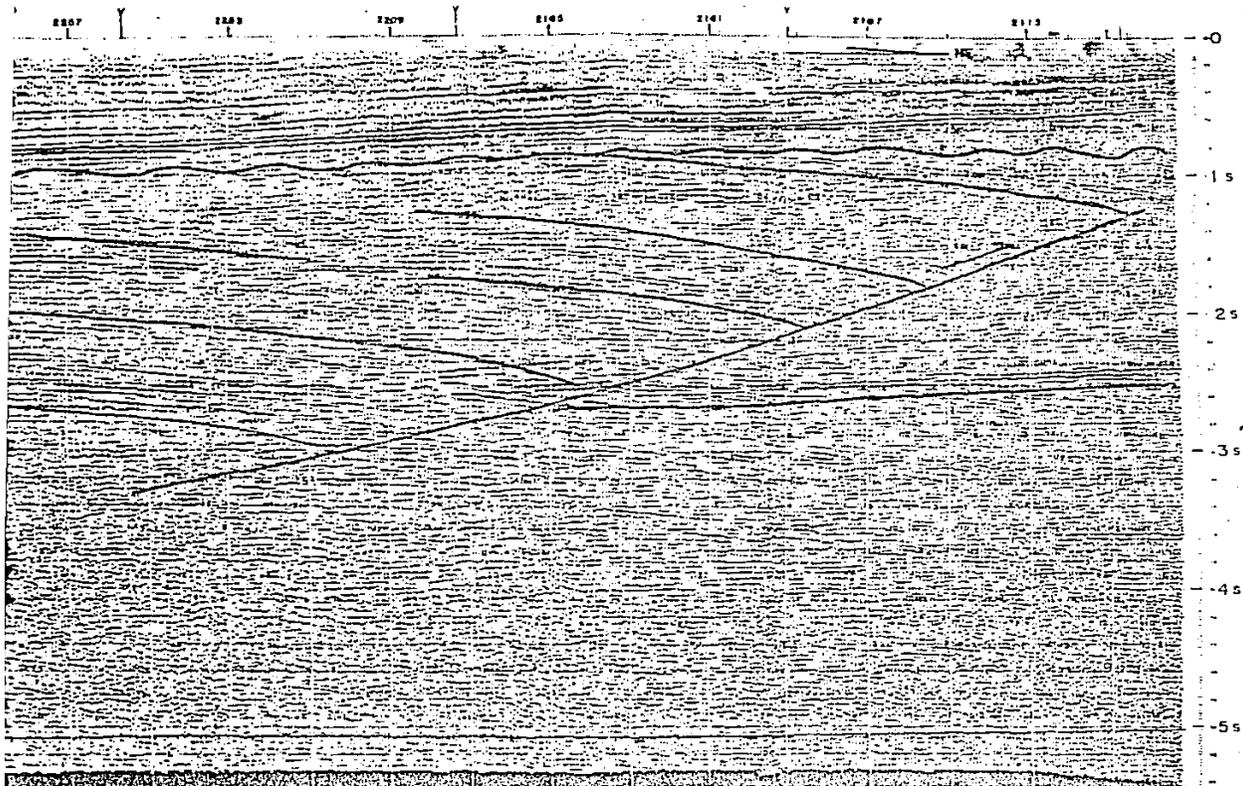


FIGURA 10



extrusivas de tipo calcoalcalino, que se deben de haber generado al final del Paleozoico (Pérmico) y principios del Mesozoico (Triásico) de acuerdo con los datos geocronométricos ya consignadas.

El levantamiento de Devils River, está compuesto de rocas metamórficas y metaígneas como lo demuestran los modelos y los datos del pozo Stewart-1 (Nicholas y Rozendal, 1975).

Entre el área de Monclova, donde existe un levantamiento del basamento ígneo y el levantamiento Devils River, existe una depresión donde se encuentran rocas sedimentarias probablemente metamorfizadas.

La Cuenca de Sabinas no tiene una expresión de mínimo gravimétrico como era de esperarse, debido a que la densidad promedio de la columna geológica es prácticamente igual a la del basamento.

Así, con el modelado también se comprueba que el mínimo de Peyotes se debe a la presencia de sedimentos o metasedimentos pre-Mesozoicos, que en forma de reflejos se observan en la sección sísmica 2 y pone en evidencia una mejor correlación de la tectónica pre-Mesozoica con los datos gravimétricos.

3.2.2 Perfil BB' Monclova-Garza

Este perfil se inicia en el área de Monclova y termina 25 Kms. al noroeste de Nuevo Laredo, Tamaulipas, a la orilla del Río Bravo. Cruza una de las anomalías más notables del mapa gravimétrico como lo es el máximo de Anahuac de 55 miligales de amplitud.

En el modelado de este perfil, presentado en la figura 11, se tuvieron como restricciones los datos del subsuelo y de densidad obtenidos de 7 pozos que se describen brevemente a continuación.

Así tenemos que el pozo Monclova-5 alcanzó el basamento ígneo a la profundidad de -3362 m, siendo estas rocas clasificadas como tonalita de clorita de las que se perforaron 159 m, dando una densidad promedio de 2.70 gr/cm³.

El pozo Myrna-1A se perforó hasta la profundidad de -3369 m donde tocó una roca ígnea intrusiva clasificada como pórfido granodiorítico de biotita-hornblenda, se perforaron 55 metros de esta roca. La edad absoluta por el método de K-Ar es de 62 ± 5 m.a., con una densidad promedio de 2.64 gr/cm³.

El pozo Patricio-1 alcanzó las rocas del basamento a -3552 m, de las que cortó 114 metros, descritas como pórfido andesítico. En núcleo que se cortó se hizo una datación por el método de K-Ar dando una edad de 48 ± 3 m.a. correspondiendo al Eoceno Medio.

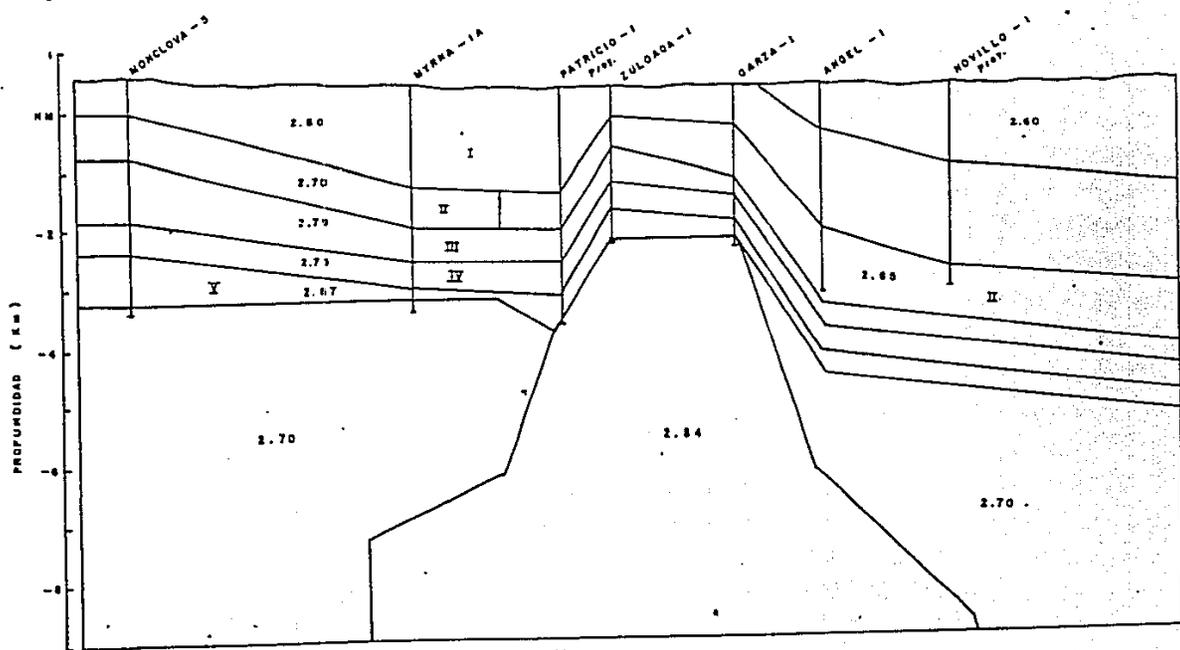
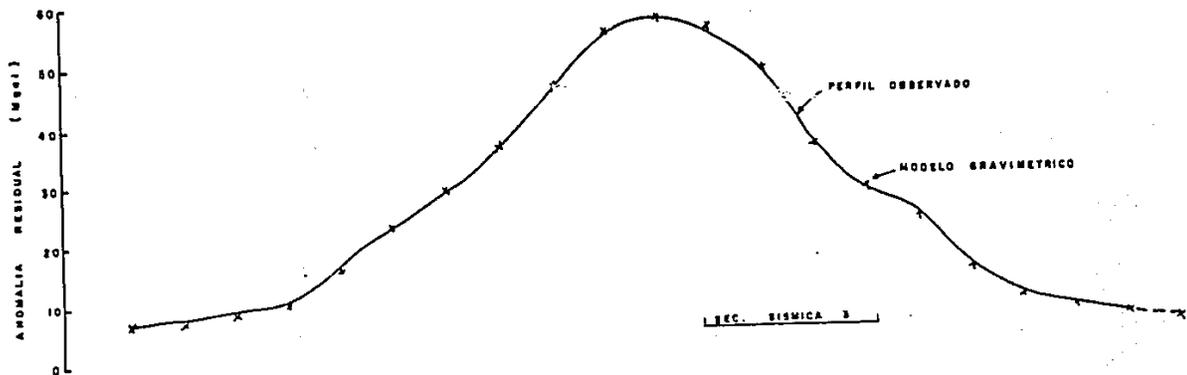
El pozo Zuloaga-1 queda aproximadamente a 7 Km del perfil, pero dentro del máximo de Andhuac, por lo que se considera oportuno mencionarlo. Este pozo alcanzo las rocas del basamento a -2305 m, la roca se clasificó como toba andesítica, de la que se perforaron 60 metros, aportando una densidad promedio de 2.89 gr/cm³.

El pozo Garza-101 alcanzó las rocas del basamento a la profundidad de -2371 m, de las que se cortaron 26 metros, con una densidad promedio de 2.80 gr/cm³. El pozo Garza-1, que se localiza a 70 metros del anterior, cortó 195 metros de basamento del que se obtuvieron tres núcleos, clasificados como basalto, pórfido andesítico, y pórfido traquítico respectivamente, mostrando que las rocas ígneas encontradas en estos pozos son de intermedias a básicas.

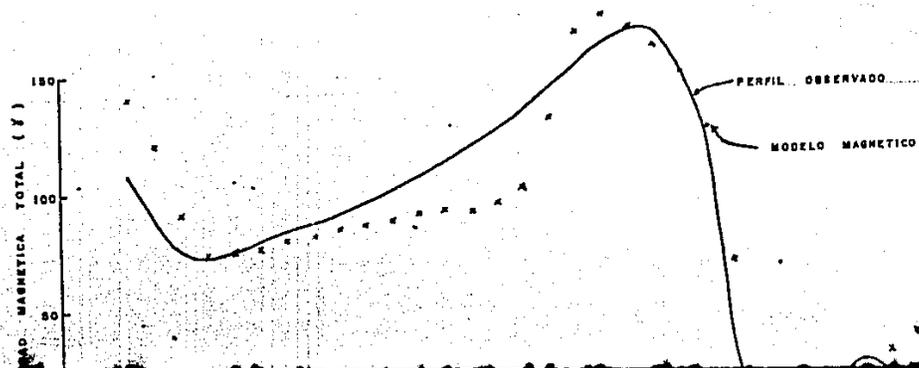
El pozo Angel-1 perforó hasta la profundidad de -3260 m, sin encontrar las rocas del basamento, habiendose detenido la perforación dentro de la Formación Cupido.

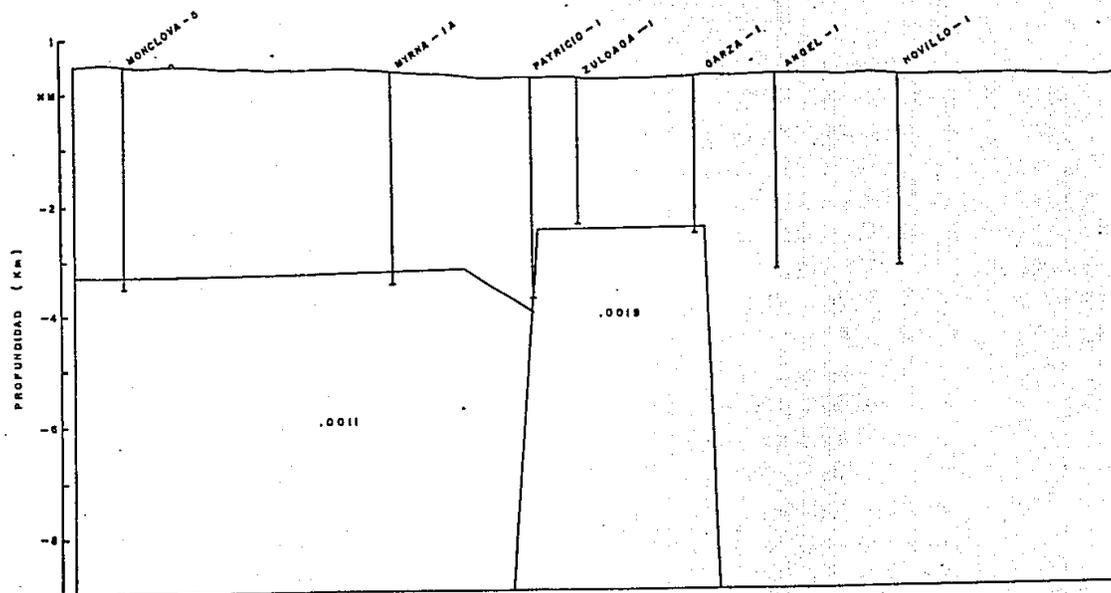
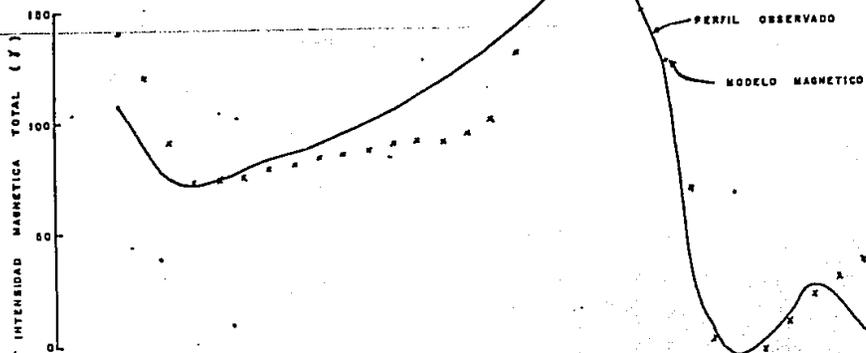
El pozo Novillo-1 se perforó hasta -3178 m, donde se paró la perforación dentro de rocas de la Formación Aurora.

En la figura 11A, se presentan los cuerpos geométricos con los que se modelaron las rocas sedimentarias de la Cuenca de Sabinas, de acuerdo a las unidades de densidad descritas en el capítulo anterior. El cuerpo 1 se modelo con densidad de 2.60 gr/cm³ que corresponde a la unidad I; del cuerpo 2 solo se incluyó el lado derecho que presenta un cambio en la densidad de la unidad II de



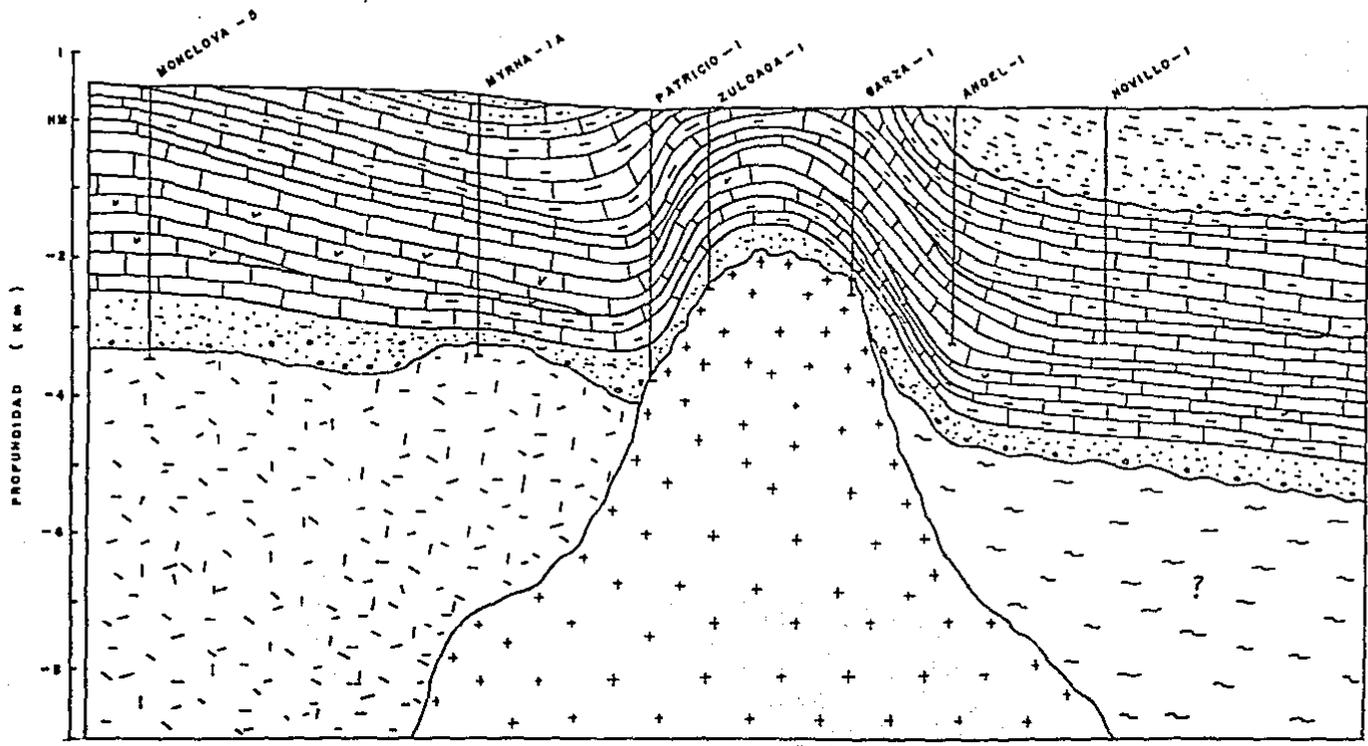
II A





II B





II c

LITOLOGIA

-  ROCAS CARBONATADAS
-  ROCAS CLASTICAS
-  ROCAS GRANITICAS
-  ROCAS IG. INTERMEDIAS
-  ROCAS METAMORFICAS

FIGURA II PERFIL BB' MONCLOVA - GARZA

- A. Modelo gravimétrico
- B. Modelo magnético
- C. Modelo geológico

2.70 a 2.65 gr/cm³, la cual si presenta una diferencia con respecto a la densidad de contraste. La unidad III en este caso se incluyó como un solo cuerpo a lo largo del perfil con densidad de 2.79 gr/cm³; el cuerpo 4 se modeló con densidad de 2.73 gr/cm³ y la unidad de densidad V se modeló con una densidad de 2.67 gr/cm³.

La magnitud de la anomalía, y el hecho que el modelo de las rocas sedimentarias del Mesozoico, no ajustaran los datos observados, sugería una fuente dentro del basamento, por lo que se adicionó el cuerpo ígneo intrusivo de probable composición química intermedia a básica como causante del máximo Andhuac con densidad de 2.84 gr/cm³, la cual contrasta con las rocas del basamento granítico del área de Monclova y de las rocas del Mesozoico que tienen ambas una densidad promedio de 2.70 gr/cm³.

La diferencia estructural que a nivel de la cima de la Formación La Casita se aprecia entre los pozos Garza-101 y Myrna-1A (-3275 y -2020 m, respectivamente), apoya el modelo presentado ya que ambos pozos cortaron secuencias similares.

El ajuste de los datos magnéticos calculados y los observados, se logró con el modelo presentado en la figura 11 B, el cual es muy parecido al del modelo gravimétrico. Las susceptibilidades de los cuerpos están dadas en base al mejor ajuste; sin embargo los basaltos que afloran en el área de Sabinas, Coahuila tienen susceptibilidades de .0006 y .001 unidades cgs que son similares a las utilizadas en los modelos.

SECCION SISMICA 3

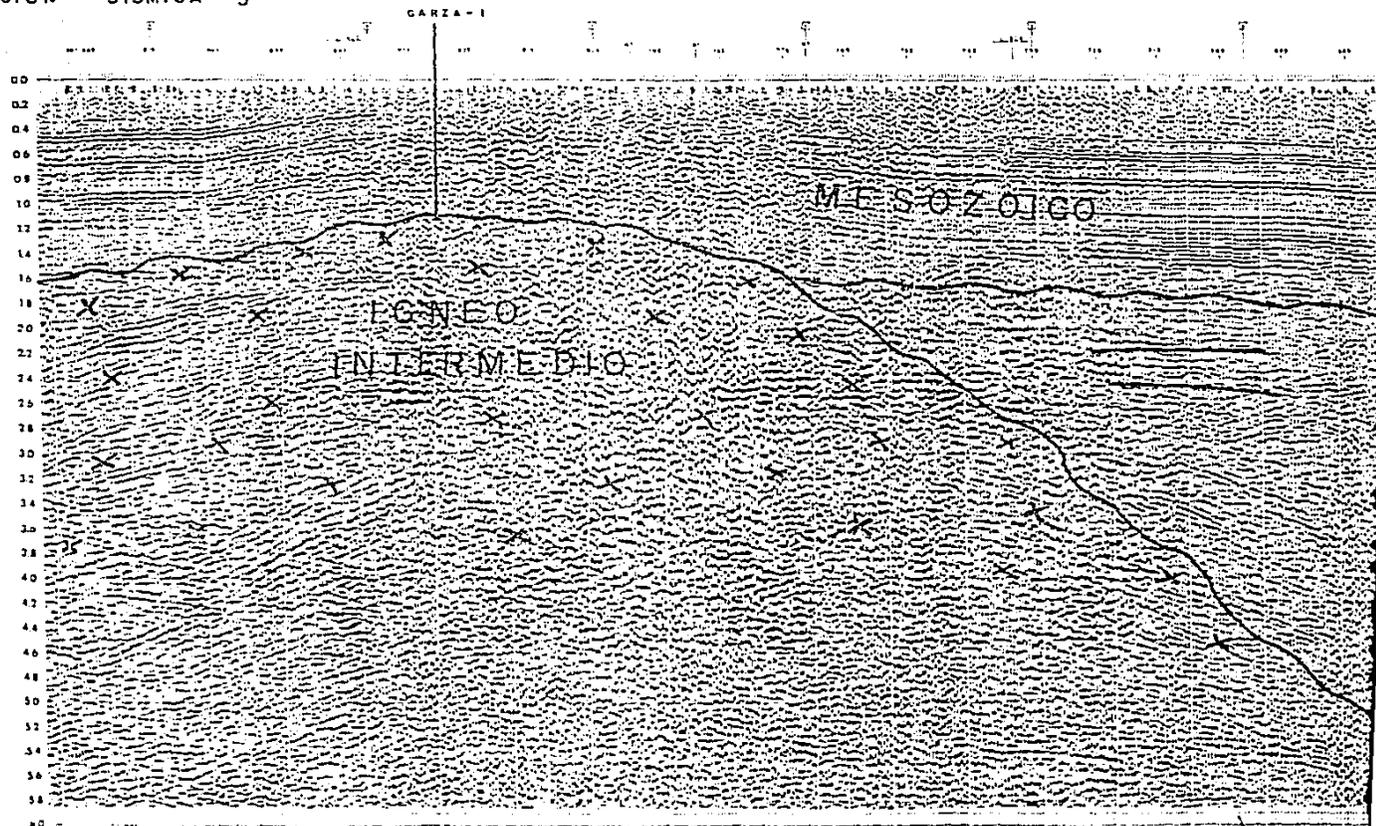


FIGURA 12

0 5 Kms.



La sección sísmica 3 (figura 12), tiene un rumbo NE-SW, es perpendicular a las estructuras geológicas superficiales y ha sido proyectada al perfil como se observa en la figura 11 C.

La sección presenta cuatro paquetes de eventos sísmicos diferentes. El primero que corresponde a las rocas del Terciario, que se observan entre el PT 625 y el PT 337 de 0 a 0.6 segundos, las cuales fueron identificadas en los pozos Angel-1 y Novillo-1. El segundo paquete corresponde a las rocas del Jurásico Tardío y Cretácico, identificadas en esta sección por los datos del pozo Garza-1, y que se caracterizan por presentar reflejos continuos y de buena calidad.

Entre el PT 889 y el PT 775 se presenta el tercer paquete por abajo de 1.2 segundos, el cual se caracteriza por la presencia de difracciones y la ausencia de reflejos; debido a que está compuesta de un cuerpo ígneo intermedio, tal como lo sugieren los datos del basamento de los pozos Zuloaga-1 y Garza-1 entre otros.

La cuarta secuencia se puede identificar porque los reflejos son de mala calidad y aparecen en tramos cortos; además de que está separada de la secuencia del Mesozoico por una discordancia. Se considera que probablemente este compuesta de rocas metasedimentarias similares a las encontradas en el basamento del pozo Magvi-1 que se localiza aproximadamente a 40 Kilómetros al norte de esta línea.

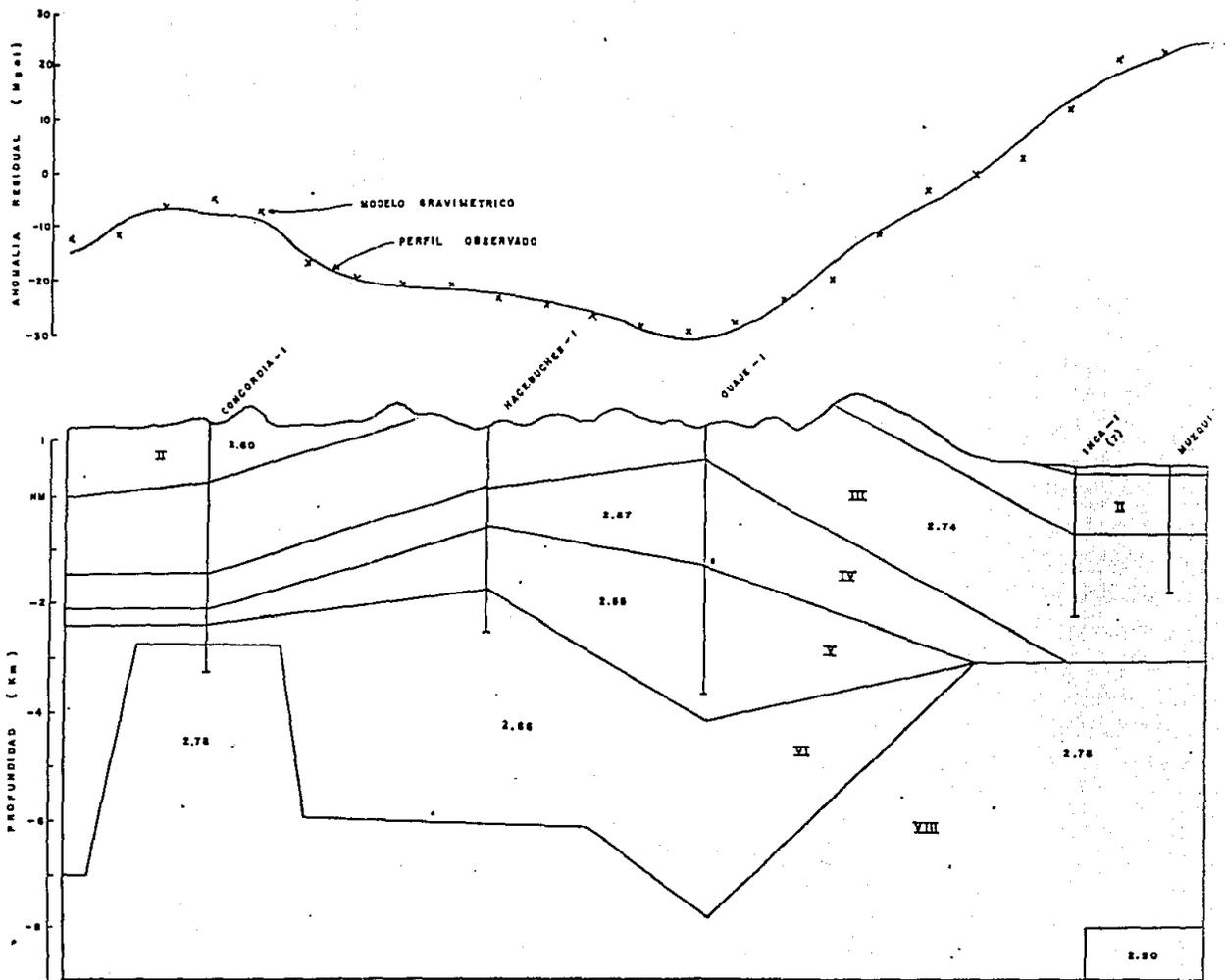
El modelo geológico regional se presenta en la figura 11C, y como rasgo principal resalta el intrusivo intermedio de Andhuac, que provoca el máximo gravimétrico del mismo nombre y que parece ser el responsable de la diferencia estructural entre los pozos Myrna-1A y Zuloaga-1.

3.2.3 Perfil CC' Concordia-Muzquiz

En el área que ocupa el mínimo Florida se trazó el perfil CC' (figura 13) que se inicia en el pozo Concordia-1 y termina en el pozo Muzquiz-1.

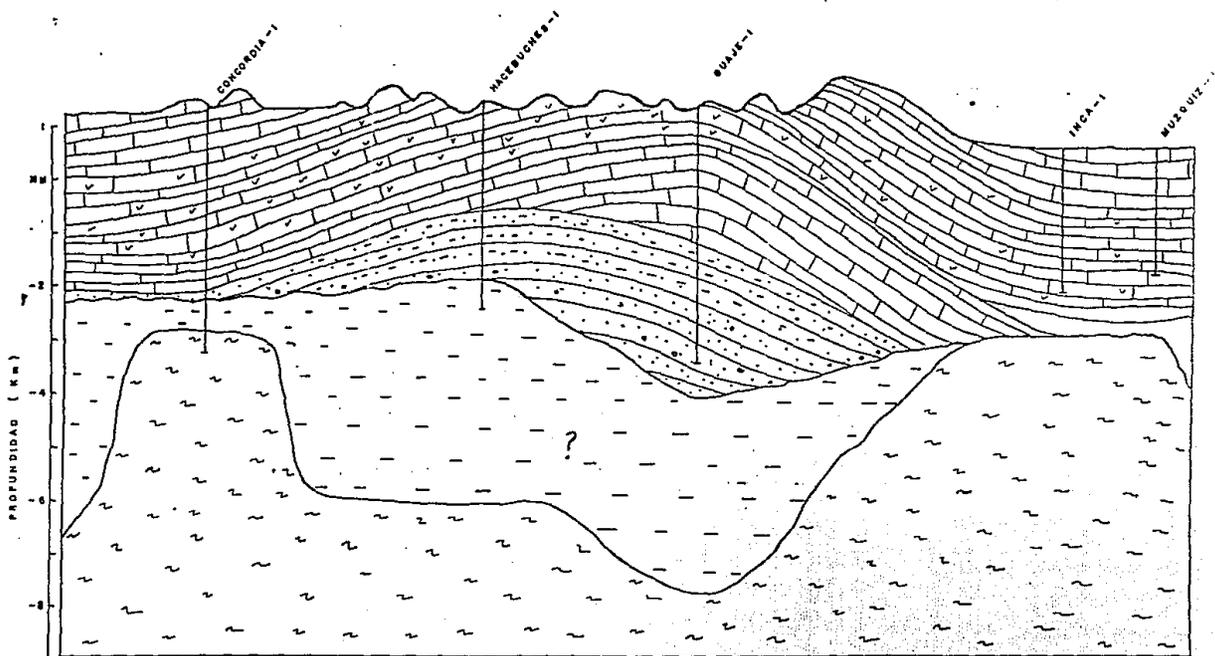
El pozo Concordia-1 alcanzó las rocas sedimentarias del Paleozoico a la profundidad de -2381 m, después de haber atravesado la secuencia sedimentaria del Mesozoico. A la profundidad de -2781 m, alcanzó la cima de las rocas metamórficas del basamento; habiendo perforado 450 metros de estas rocas hasta una profundidad de -3231 metros. Las rocas del basamento fueron clasificadas como cataclasita de filita, las cuales fueron datadas por el método de K-Ar en 190 ± 7 m.a.

El pozo Hacebuches-1 encontró una secuencia normal de rocas sedimentarias del Mesozoico hasta la profundidad de -1840 m, donde encontró un cambio en el rumbo e intensidad de los echados que corresponde con un cambio litológico, a partir de esta profundidad se perforaron 600 metros de rocas metasedimentarias descritas como lutitas alteradas.



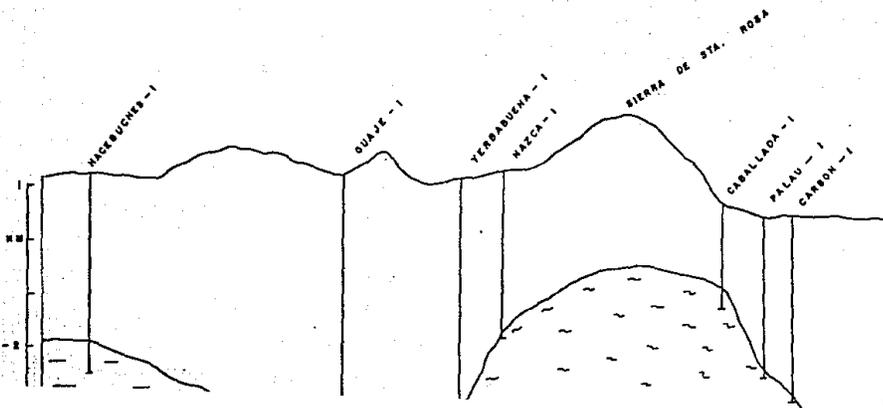
13 A





13 B

- LITOLOGIA
-  ROCAS CARBONATADAS
 -  ROCAS CLASTICAS
 -  ROCAS METAMORFICAS



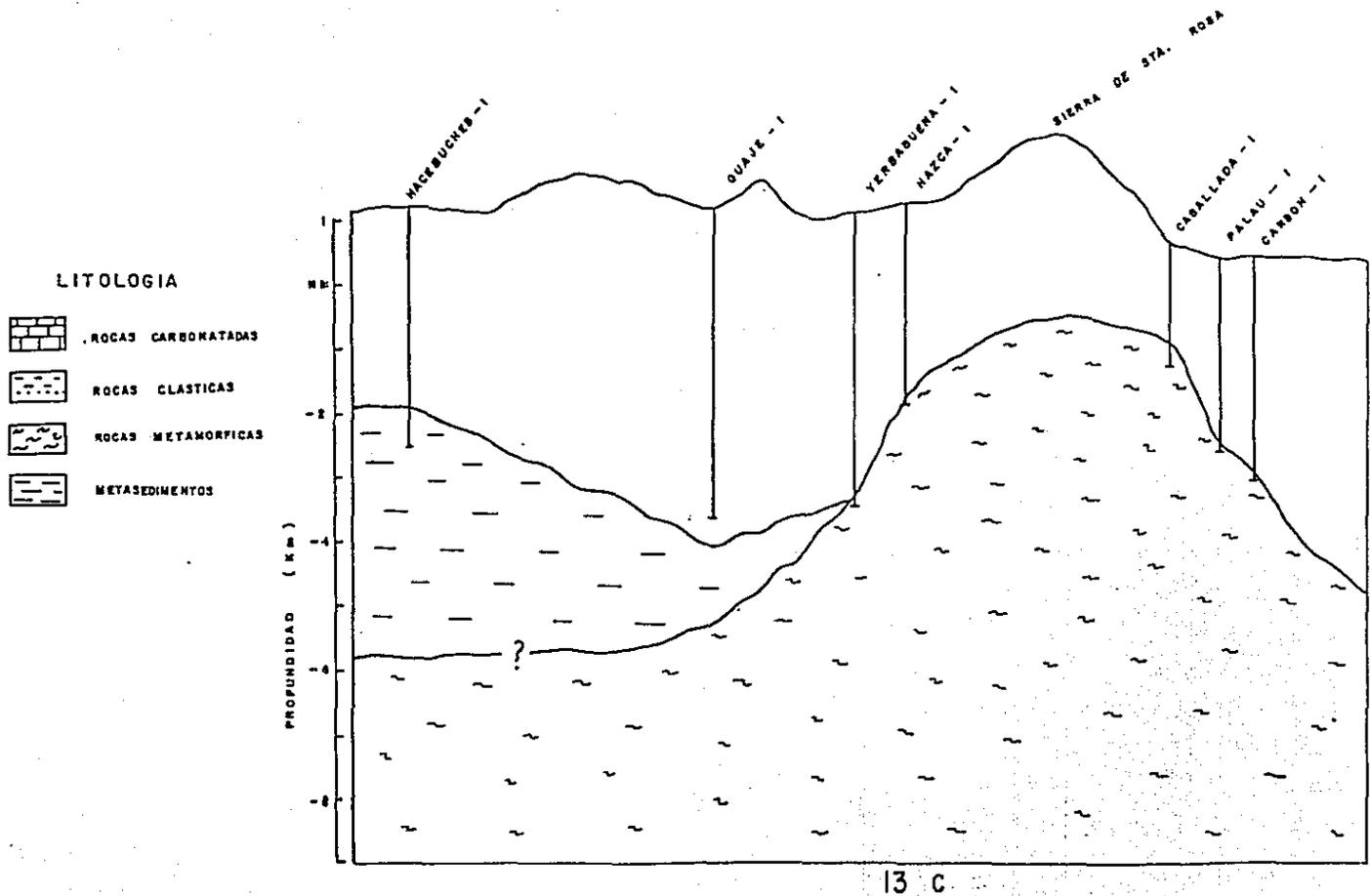


FIGURA 13 PERFIL CC' CONCORDIA-MUZQUIZ

A. Modelo gravimétrico

B. Modelo geológico

C. Perfil C^{II}C^{III}

En el modelo gravimétrico se incluyen los datos de subsuelo del pozo Guaje-1, el cual fue incorporado como restricción en el modelado aunque se encuentra 15 kilómetros desplazado del perfil, pero dentro del mínimo Florida. De igual forma el pozo Inca-1 fue proyectado al perfil una distancia de 8 kilómetros.

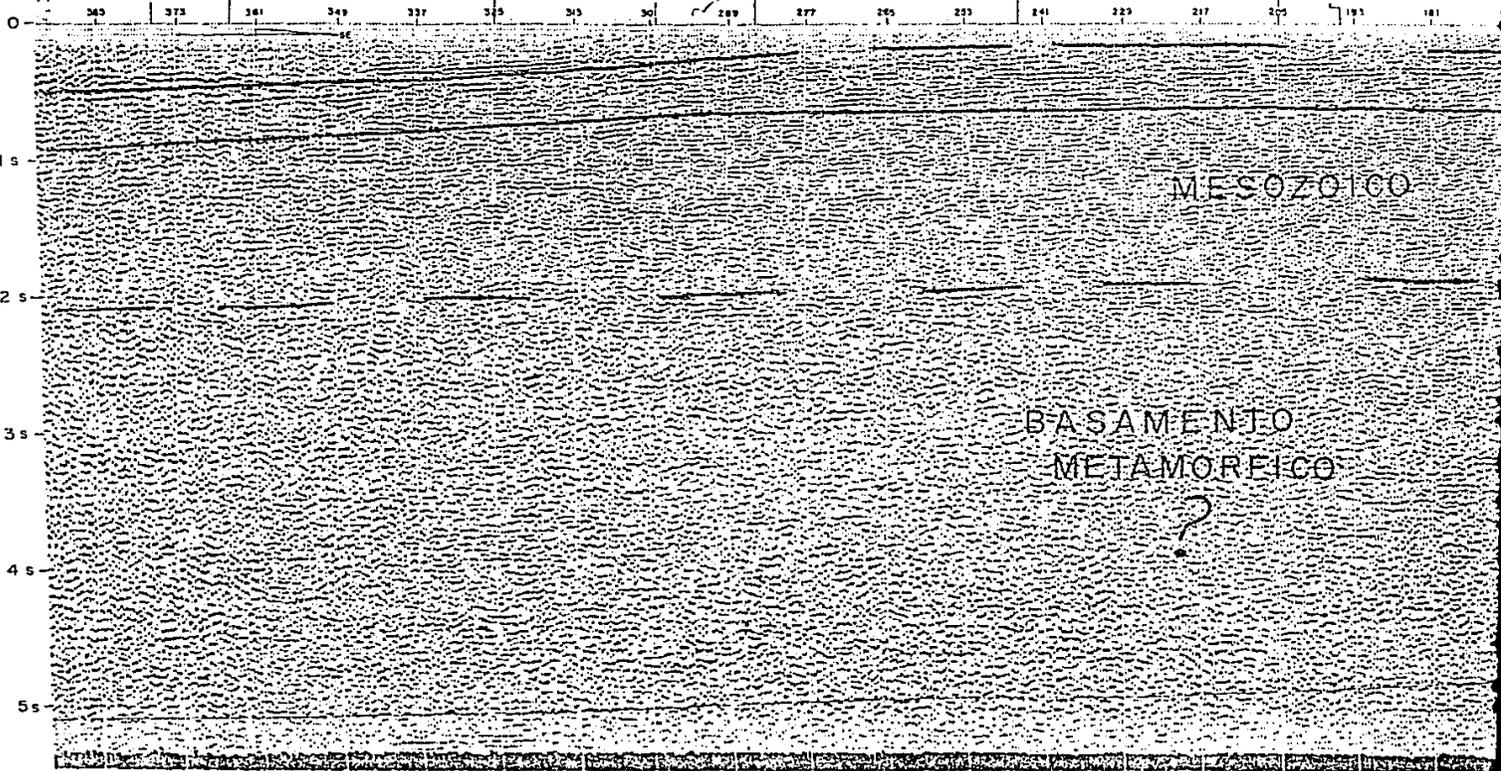
En la tabla 4 se encuentran los datos de densidad de los pozos que fueron utilizadas en el modelado de este perfil.

El modelo gravimétrico presentado en la figura 13 A, fue construido con base en los datos de los pozos y las unidades de densidad ya conocidas; así tenemos que el cuerpo 1 tiene una densidad de 2.60 gr/cm³, formado por las rocas de la unidad de densidad II; el cuerpo 2 representa las rocas carbonatadas y evaporíticas de la unidad III con densidad de 2.74 gr/cm³; el cuerpo 3 tiene una densidad de 2.67 gr/cm³ y corresponde a la unidad IV; en el cuerpo 4 están representadas las rocas clásticas del Jurásico Tardío de la unidad V con densidad de 2.55 gr/cm³. Se modeló un cuerpo de 2.90 gr/cm³ de densidad, que fue necesario incluir para lograr el ajuste de los datos observados en el extremo del perfil y que puede interpretarse como que forma parte del basamento metamórfico.

Como una primera aproximación se modeló con los datos del subsuelo y las densidades medidas sin involucrar el basamento pre-Mesozoico. De esta forma se calculó su efecto gravimétrico, que no ajustó los datos observados, por lo que se procedió a incorporar los cuerpos que se asignaron al basamento; lográndose de esta forma

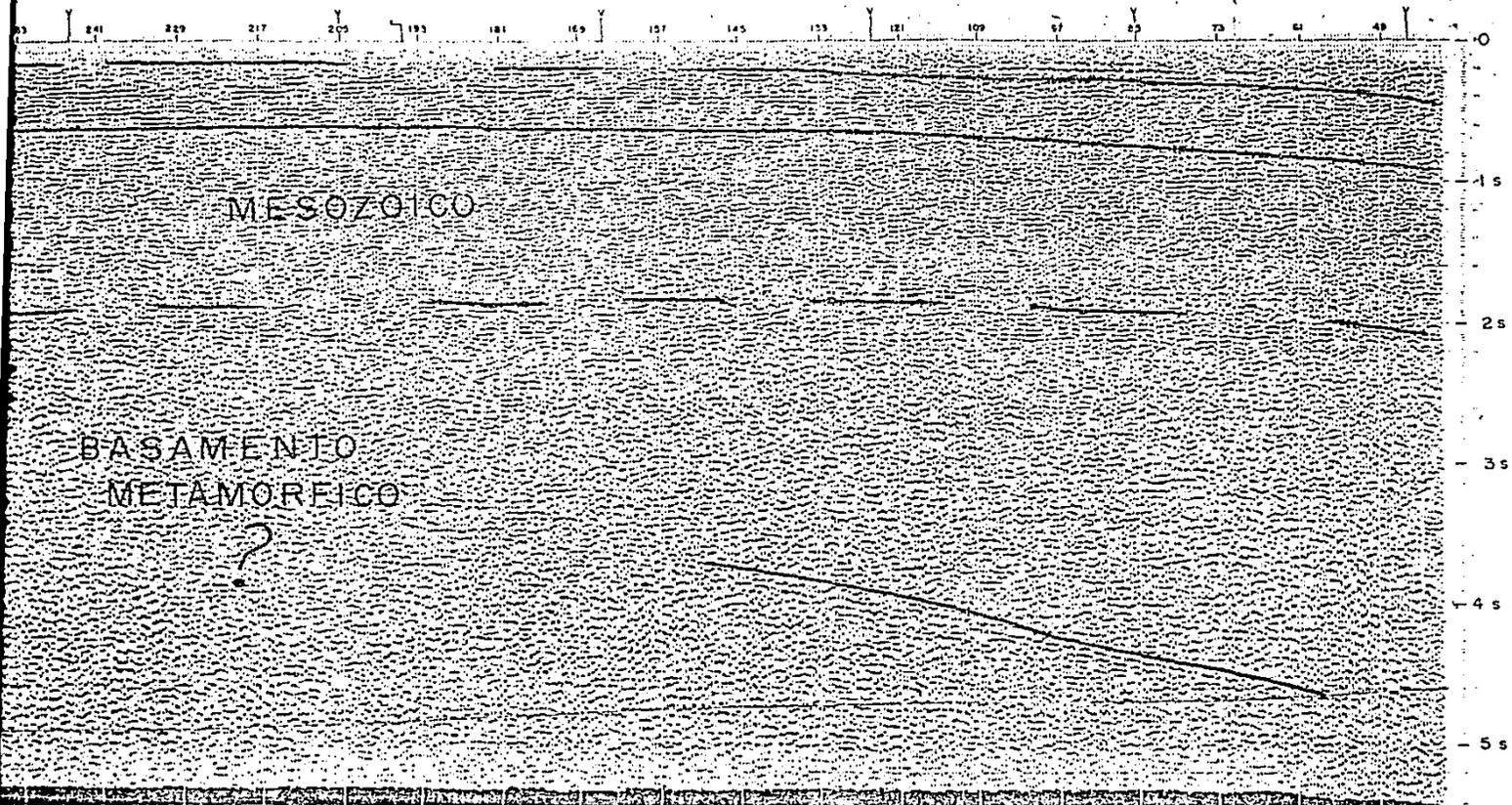
SECCION SISMICA 4

0 3 Kms.



0 3 Kms.

FIGURA 14



el ajuste a los datos observados con el modelo de la figura 13 A.

La sección sísmica 4 (figura 14) se localiza a 8 kilómetros al oeste del pozo Hacebuches-1; siendo su rumbo prácticamente N-S, es perpendicular al perfil y paralela a las estructuras geológicas del Mesozoico.

En esta sección se puede apreciar que la calidad de los reflejos es pobre; aún para las rocas del Mesozoico que se observan entre 0 y casi 2 segundos.

Las rocas evaporíticas de la Formación La Virgen, se encuentran muy cercanas a la superficie o están aflorando en esta región. Debido a que son fácilmente deformables, se cree que pueda ser esta una de las causas de la mala calidad de la información sísmica.

El pozo Hacebuches-1 encontró rocas metasedimentarias como basamento, con echados de más de 45 grados; por esta razón se podrá observar que la sección sísmica no presenta reflejos por abajo del Mesozoico.

El modelo geológico de la figura 13 B, muestra a las rocas del Mesozoico formando un arco muy amplio hacia el centro del perfil. Las rocas de la unidad de densidad III compuesta de rocas carbonatadas y evaporitas se encuentran muy someras, lo que puede ser una de las causas de la mala información que se observa en la sección 4. Abajo de las rocas del Mesozoico se ha interpretado,

provisionalmente, un paquete de rocas metasedimentarias o sedimentarias, como lo evidencian los pozos Concordia-1 y Hacebuches-1. Sin embargo, otros modelos son factibles ya que se ha interpretado el mínimo Florida como la evidencia geofísica de un arco volcánico (Handschy et al., op cit.) tal interpretación falla al no poder explicar el porqué las anomalías magnéticas en esta área no son relevantes si se ven a una escala regional.

Se han interpretado dos bloques de basamento metamórfico, uno detectado por el pozo Concordia-1, y otro que probablemente se encuentre abajo de los pozos Inca-1 y Muzquiz-1. En este modelo se asume que gravimétricamente se comportan de manera similar; sin embargo estos bloques pudieran tener historias geológicas diferentes que solo estudios petrográficos y geocronológicos posteriores podran aclarar.

El perfil C''- C''' que se presenta en la figura 13 C, se construyó sobre los pozos que encontraron rocas metamórficas como basamento, para apoyar la interpretación del bloque de basamento que se encuentra en el lado oriental del perfil C-C'.

3.2.4 Perfil DD' Maijoma- Concordia

Este perfil se inicia en el pozo Maijoma-1, sobre el levantamiento Tascotal (Keller y Dyer, 1988), cruza el mínimo de Pedregosa y termina en el máximo de Boquillas.

A continuación se mencionan los pozos que intervienen en el modelado de este perfil.

El pozo Maijoma-1, fue perforado hacia el sureste de la ciudad de Ojinaga; atraveso la secuencia sedimentarias del Mesozoico y a profundidad de -3189 m, alcanzó las rocas sedimentarias del Paleozoico, las cuales perforó hasta la profundidad de -4144 m, sin encontrar las rocas del basamento.

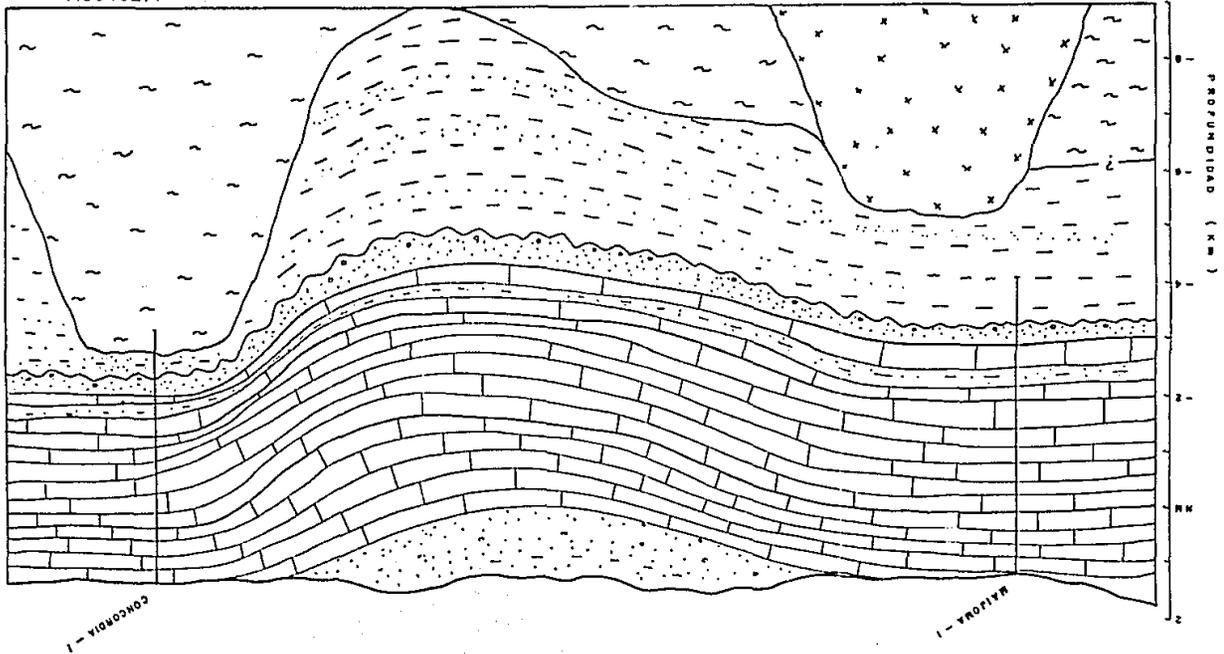
El pozo Concordia-1, que también forma parte del perfil anterior, presenta la cima de las rocas del Paleozoico a -2381 m y la cima de las rocas metamórficas a -2781 metros.

El modelo gravimétrico presentado en la figura 15 A, se construyó con base en las unidades de densidad ya conocidas. El cuerpo 1 se modeló con una densidad de 2.74 gr/cm³ correspondiente a la unidad II. Las rocas de la unidad de densidad III están representadas por el cuerpo 2 dividido en dos partes, ya que la variación en la densidad de esta unidad es bastante marcada; la primera con una densidad de 2.84 gr/cm³, se encuentra hacia el extremo noroeste y la segunda con densidad de 2.69 gr/cm³ hacia el extremo sureste. La unidad de densidad IV se modeló con el cuerpo 3 con un valor de 2.58 gr/cm³ en el lado noroeste y de 2.65 gr/cm³ en el lado sureste del perfil. La unidad compuesta de rocas clásticas está modelada con densidad de 2.63 gr/cm³ en la parte noroeste y de 2.60 gr/cm³ en el lado sureste. La densidad de contraste para las rocas del Mesozoico es de 2.70 gr/cm³.

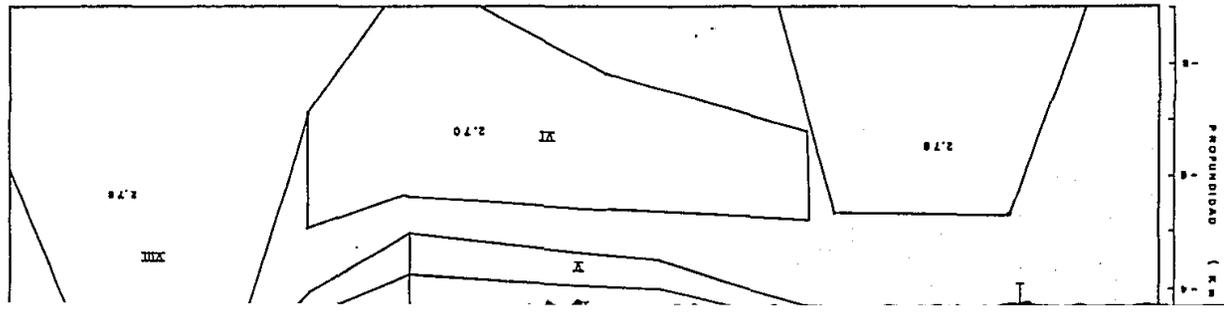
A. Modelo gravimétrico B. Modelo geológico

FIGURA 15 PERFIL DD' MAIJOMA - CONCORDIA

- LITOLOGIA
- ROCAS METAMÓRFICAS
 - ROCAS ÍGNEAS INTERMEDIAS
 - ROCAS CLÁSICAS
 - ROCAS CARBONATADAS



15 A



Las rocas sedimentarias del Paleozoico, se modelaron con una densidad de 2.66 gr/cm³, teniendo la necesidad de aumentar su espesor hacia el área donde la curva gravimétrica acusa un mínimo para ajustar los datos observados.

Bajo el pozo Maijoma-1 se modeló un cuerpo ígneo cuya densidad sería de 2.80 gr/cm³. Este cuerpo está representado en el mapa de intensidad magnética total por una anomalía de gran intensidad.

La sección sísmica 5 (figura 16) tiene un rumbo NE-SW. Dada su lejanía del perfil, no fue posible proyectarla directamente; pero ya que se encuentra en el área que ocupa el mínimo Pedregosa se incluye como información indirecta para apoyar el modelo geológico.

Como se podrá observar, entre el PV 925 y 709 se encuentran numerosos reflejos entre los 3 y los 6 segundos; los que parecen estar cabalgados por una secuencia más somera que se observa entre los PVs 925 y 805 de 2 a 3 segundos. La falla está interpretada en base al echado de los reflectores. En esta área no existen pozos profundos para identificar los reflejos, pero dado su carácter y el tiempo en que se presentan, no parecen corresponder a las rocas del Mesozoico; por lo que pueden representar reflejos de rocas pre-Mesozoicas. En superficie existen rocas volcánicas que dificultan la obtención de datos de buena calidad, en el mapa magnético se observa que el área está afectada por intrusivos ígneos probablemente en su mayor parte del Terciario.

SECCION SISMICA 5

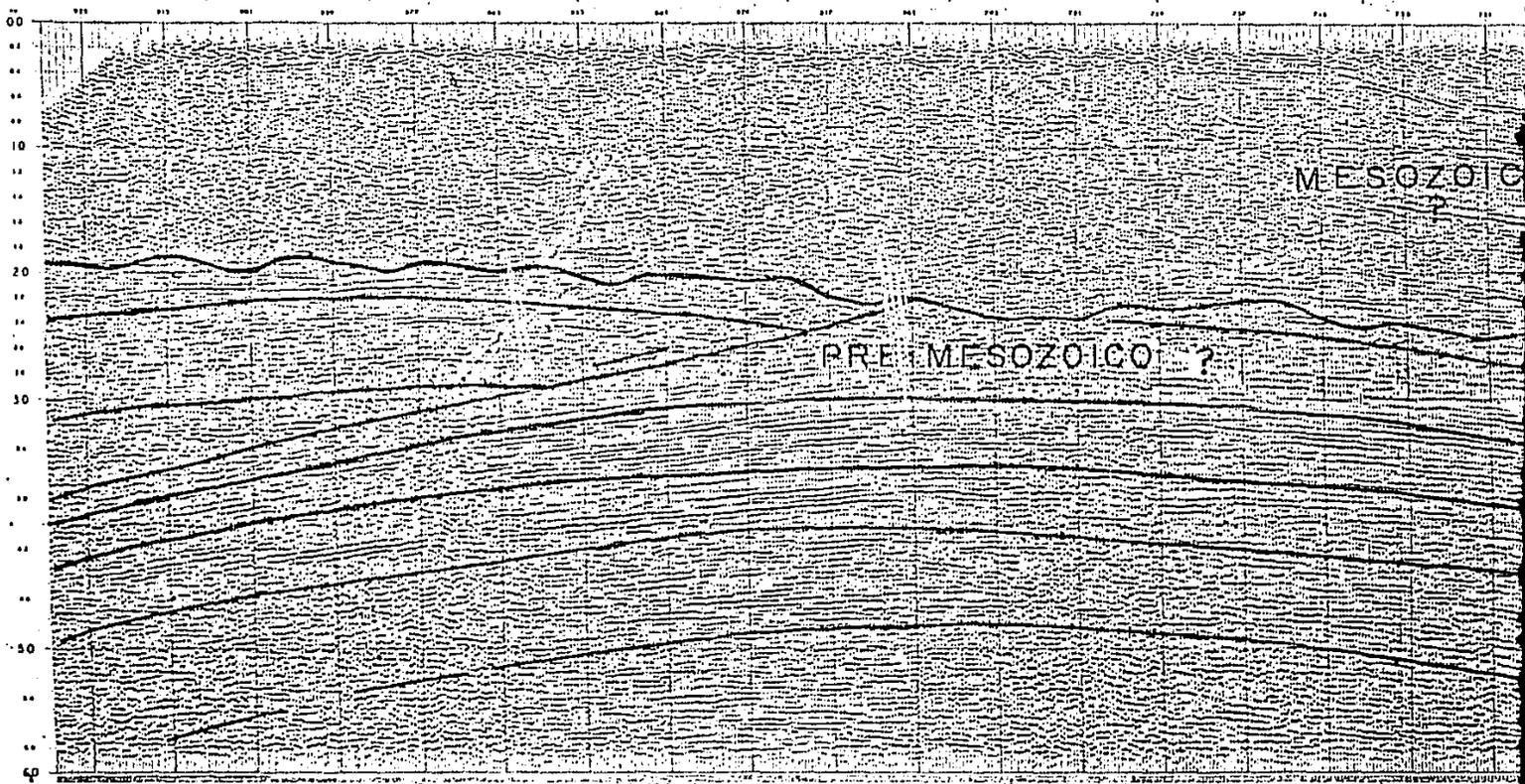
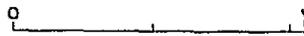
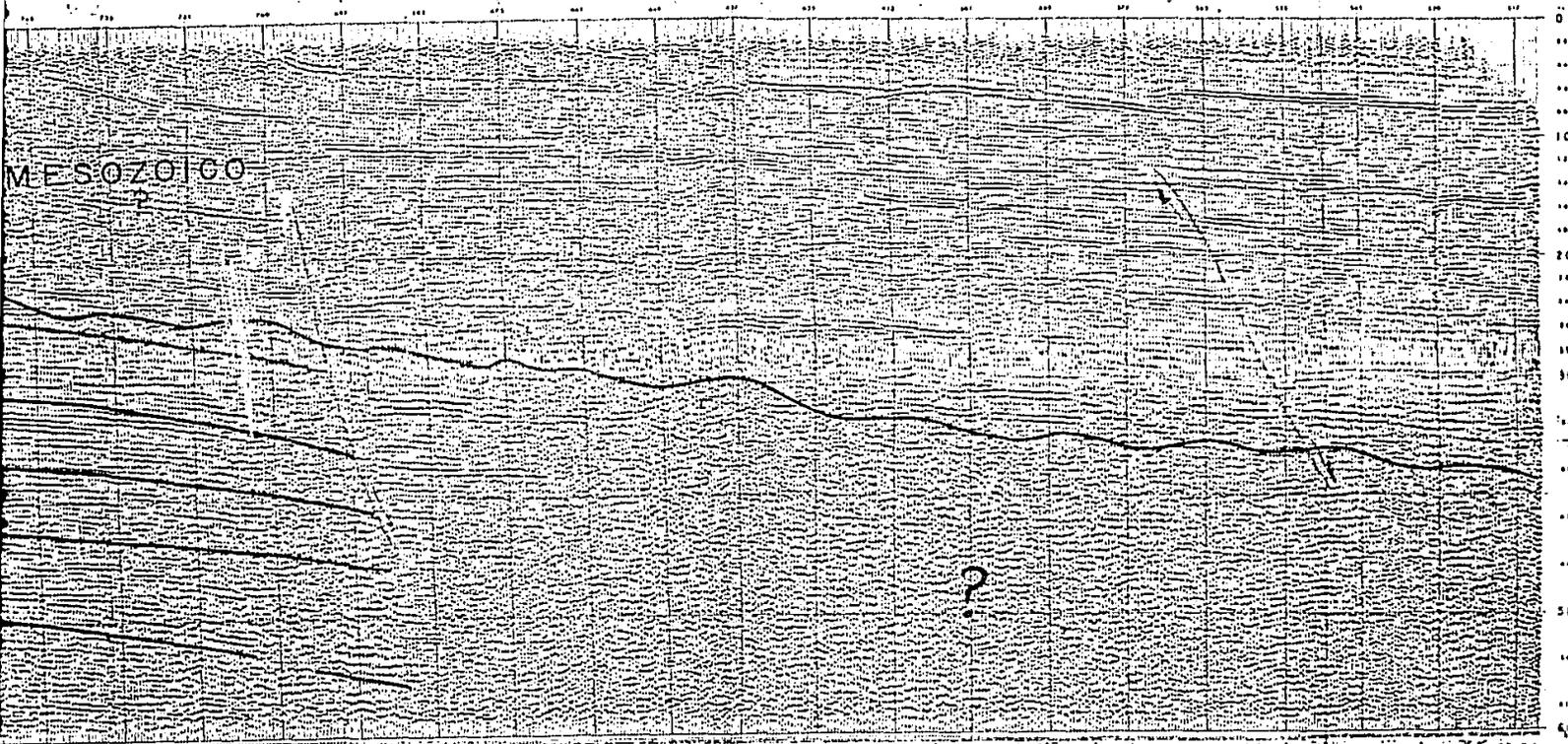


FIGURA 16

5 Kms.



Entre los PVs 709 y 517 se observa reflejos de 2 a 3 segundos que deben corresponder a las rocas del Mesozoico.

La sección sísmica 6 (figura 17), tiene un rumbo N-S y al igual que la anterior se encuentra dentro del mínimo gravimétrico de Pedregosa.

La sección muestra entre 0 y 1.6 segundos un paquete de reflejos poco deformados que probablemente correspondan a las rocas del Mesozoico.

Entre los PVs 541 y 409 se observa otro tipo de eventos entre 1.6 y 3.6 segundos, separados de los reflejos superiores por lo que parece ser un discordancia ya que muestra un plegamiento diferente.

La superficie que cubre el mínimo de Pedregosa está cubierta de rocas volcánicas y gruesos espesores de sedimentos aluviales que dificultan la obtención de datos sísmicos; sin embargo esta sección al igual que la anterior son una prueba de que el mínimo se debe en parte a la presencia de rocas sedimentarias pre-Mesozoicas, que están intrusionadas por rocas ígneas del Terciario de acuerdo a la evidencia del mapa magnético.

El modelo geológico presentado en la figura 15 B, supone la existencia de rocas ígneas básicas a debajo de las rocas que forman el levantamiento Tascotal y la existencia de un grueso paquete de rocas sedimentarias pre-Mesozoicas entre los pozos Maijoma-1 y

SECCION SISMICA 6



00
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

541 529 517 505 493 481 469 457 445 433 421 409 3

L-5

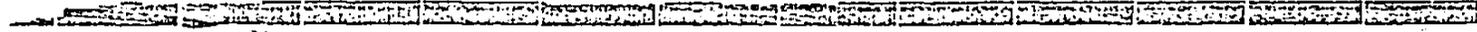
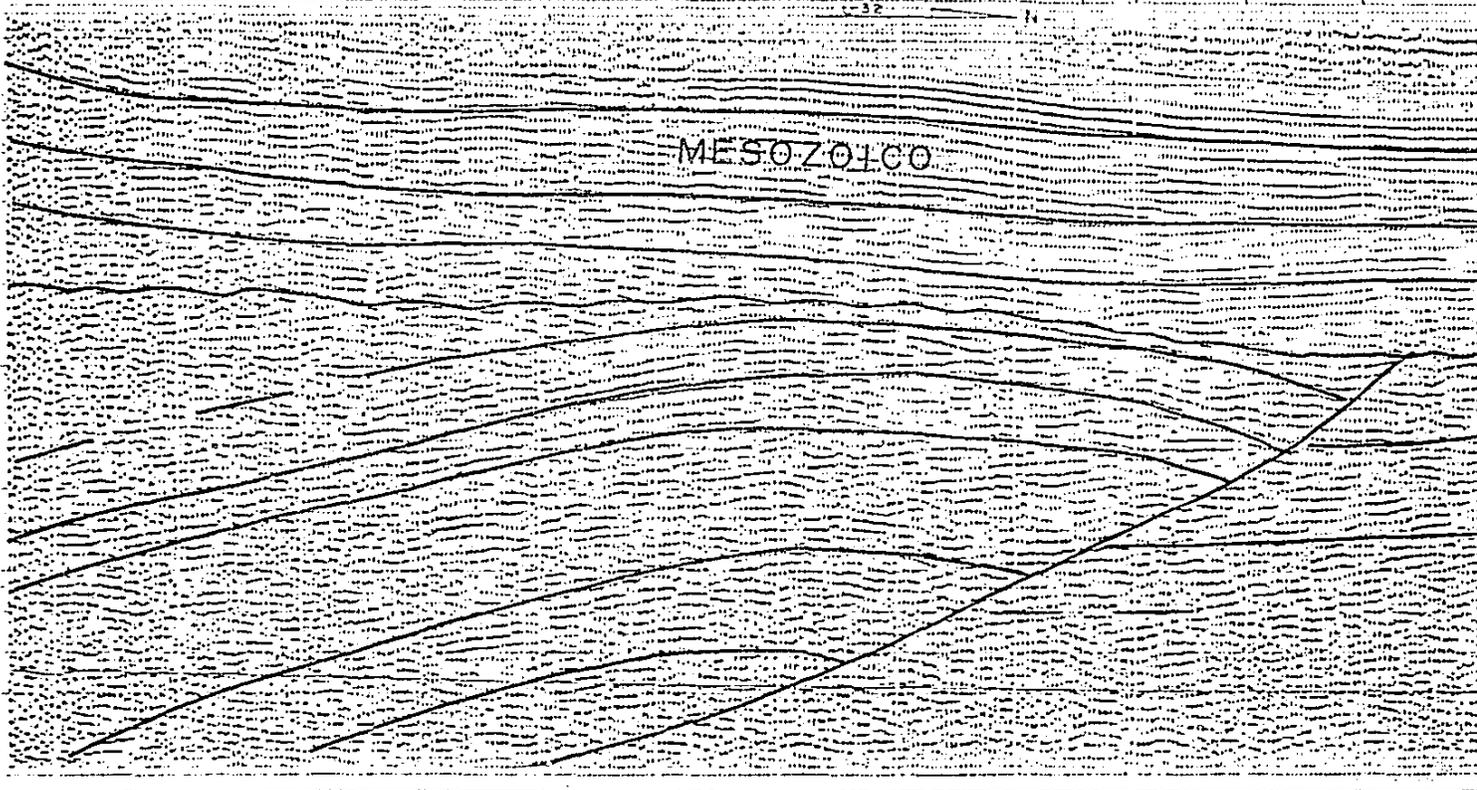
Y

Y

Y

N

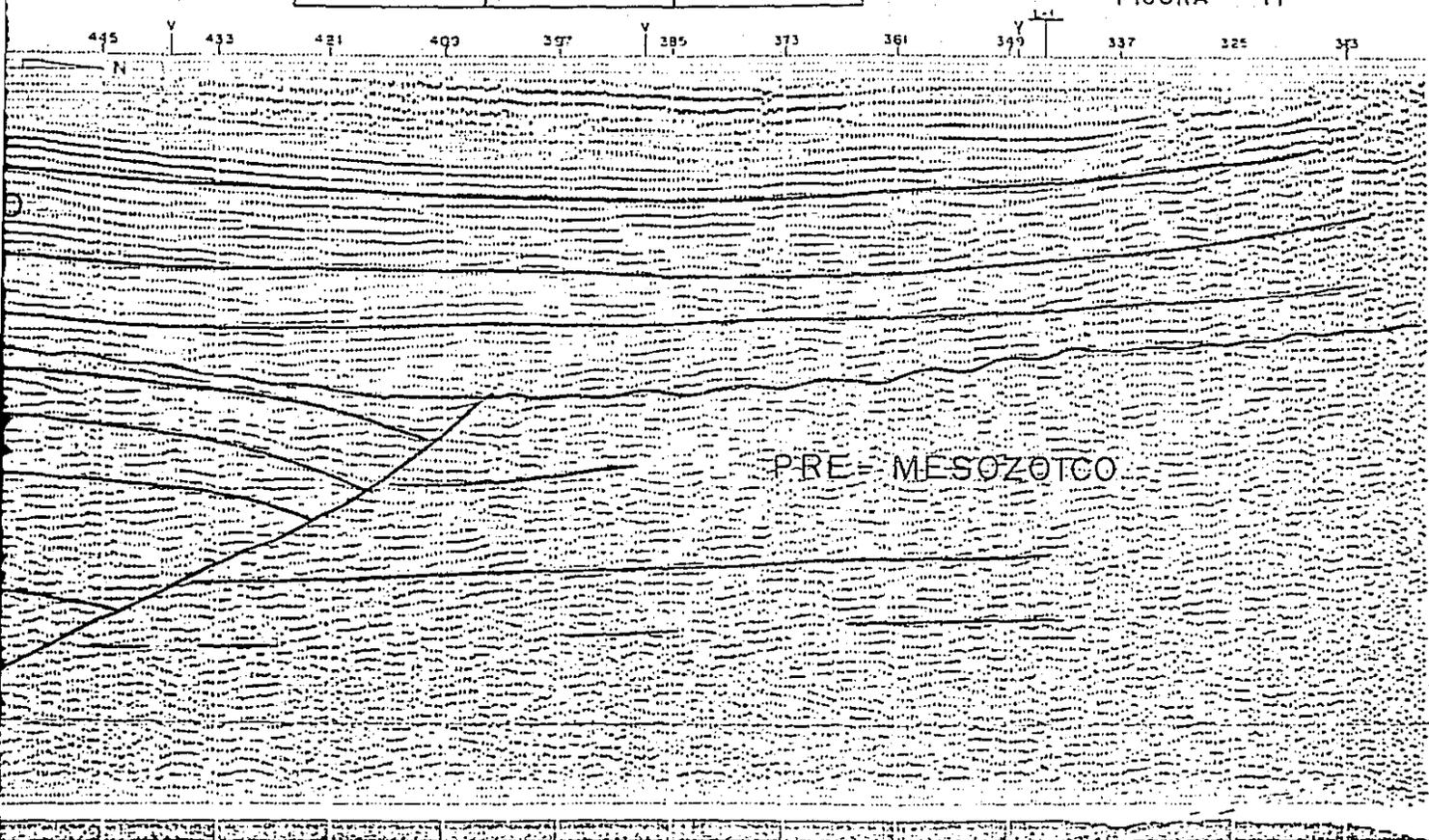
MESOZOICO



0 3 Kms.

FIGURA 17

445 433 421 409 397 385 373 361 349 337 325 313



Concordia-1; que fue afectada por intrusiones de rocas ígneas durante el Terciario, probablemente debido a efectos distensivos del Rift del Río Grande (Mugica, 1986).

El levantamiento del basamento metamórfico bajo el pozo Concordia-1, tiene su expresión en el máximo Boquillas.

DISCUSION TECTONICA

En la figura 18 se presenta la integración de la Pangea en el Pérmico Tardío. La colisión del noroeste de sudamérica contra el sureste del Cratón de Norteamérica (Walper y Rowett, 1971; Pindell, 1983) está representada por el frente orogénico Marathon-Ouachita.

El cierre de los océanos Paleozoicos debido a procesos de convergencia, implicó la formación de zonas de subducción con arcos volcánicos que debieron formarse en el Paleozoico Medio y Tardío. Sin embargo, su localización, número, características y polaridad no han sido documentadas.

Las secuencias magmáticas de arco, que representan el registro de parte de los procesos de subducción no se han identificado y los datos disponibles permiten muy diversas interpretaciones.

Dado que algunos de los bloques de rocas ígneas delimitadas en este trabajo forman parte de la Península de Coahuila, y ésta debió formarse como parte de un arco volcánico es probable que halla sido llevada hasta su posición actual a través de grandes fallas.

La presencia de una zona de subducción en el lado occidental no permite descartar la posibilidad de que el arco volcánico postulado este relacionado con esa zona de subducción.

A continuación se discuten los resultados que se obtuvieron en este trabajo.

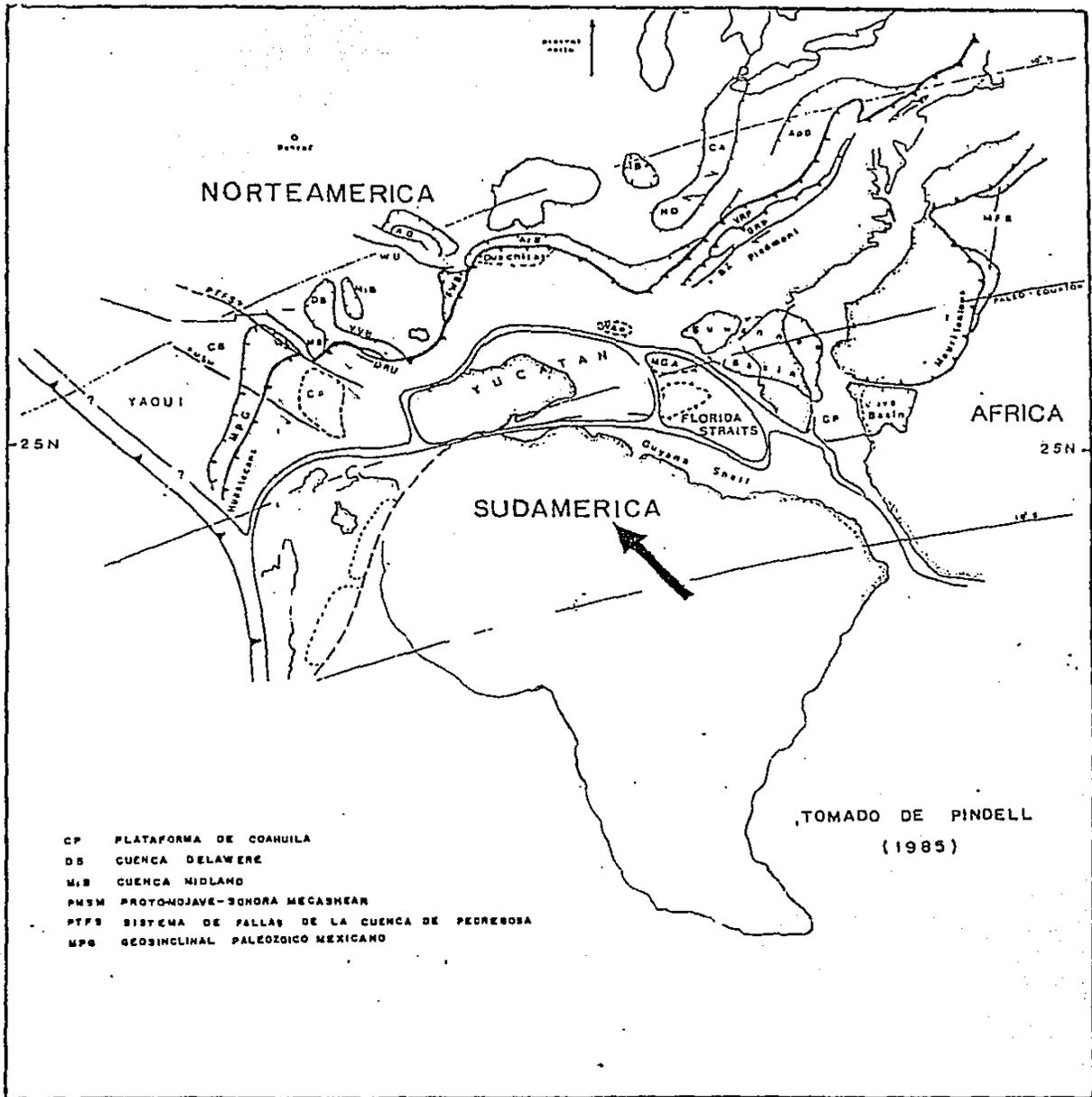


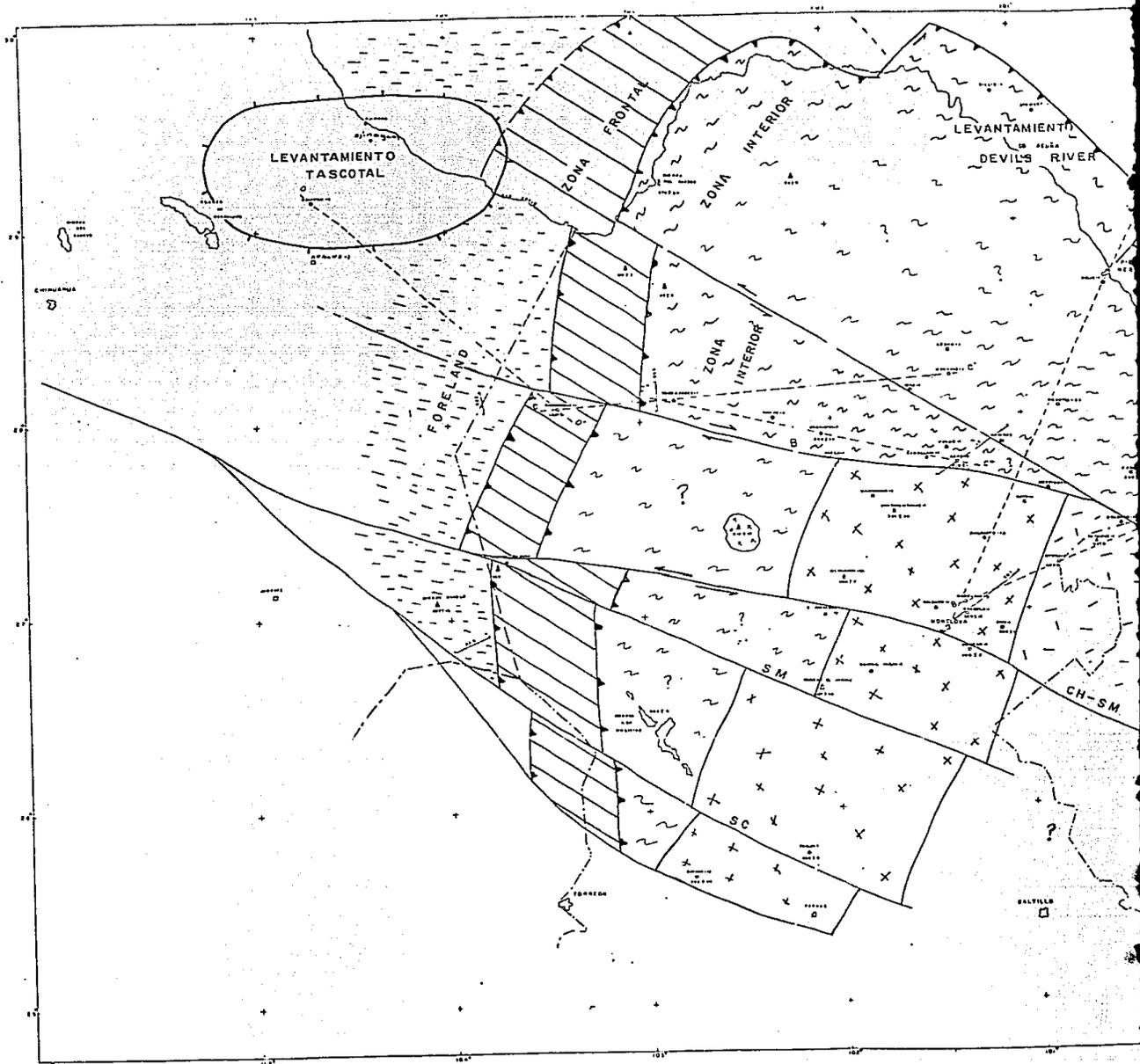
FIGURA 18 RECONSTRUCCION TECTONICA DE PANGEA EN EL PERMICO TARDIO

4.1 Arco Magmático Paleozoico

Las rocas de edad Paleozoico de la Cuenca las Delicias, han sido interpretadas como depósitos provenientes de un arco volcánico activo desde el Pensilvánico Medio hasta el Pérmico (McKee y Anderson, 1988) y se ha interpretado que el arco se encuentra hacia el sur o sureste de la cuenca con base en las relaciones de facies y estructuras macroscópicas.

El mínimo gravimétrico Florida ha sido interpretado por Handschy y otros (1987) como la evidencia geofísica de un arco volcánico dentro del terreno de Coahuila. Este mínimo está limitado al occidente y al norte por dos franjas de intrusivos Terciarios que reflejan una zona de debilidad. El área en el mapa magnético que corresponde con el mínimo Florida, no presenta anomalías de importancia que puedan relacionarse con un complejo de arco volcánico; además existen los datos del pozo Hacebuches-1 que encontró 600 metros de metasedimentos (lutitas alteradas) debajo de la secuencia sedimentaria del Mesozoico sin encontrar rocas ígneas. El pozo Guaje-1, también perforado en el área que ocupa este mínimo no encontró rocas ígneas aunque llegó hasta la profundidad de 5000 m; de tal forma que no existen evidencias de un arco volcánico en el área del mínimo de Florida.

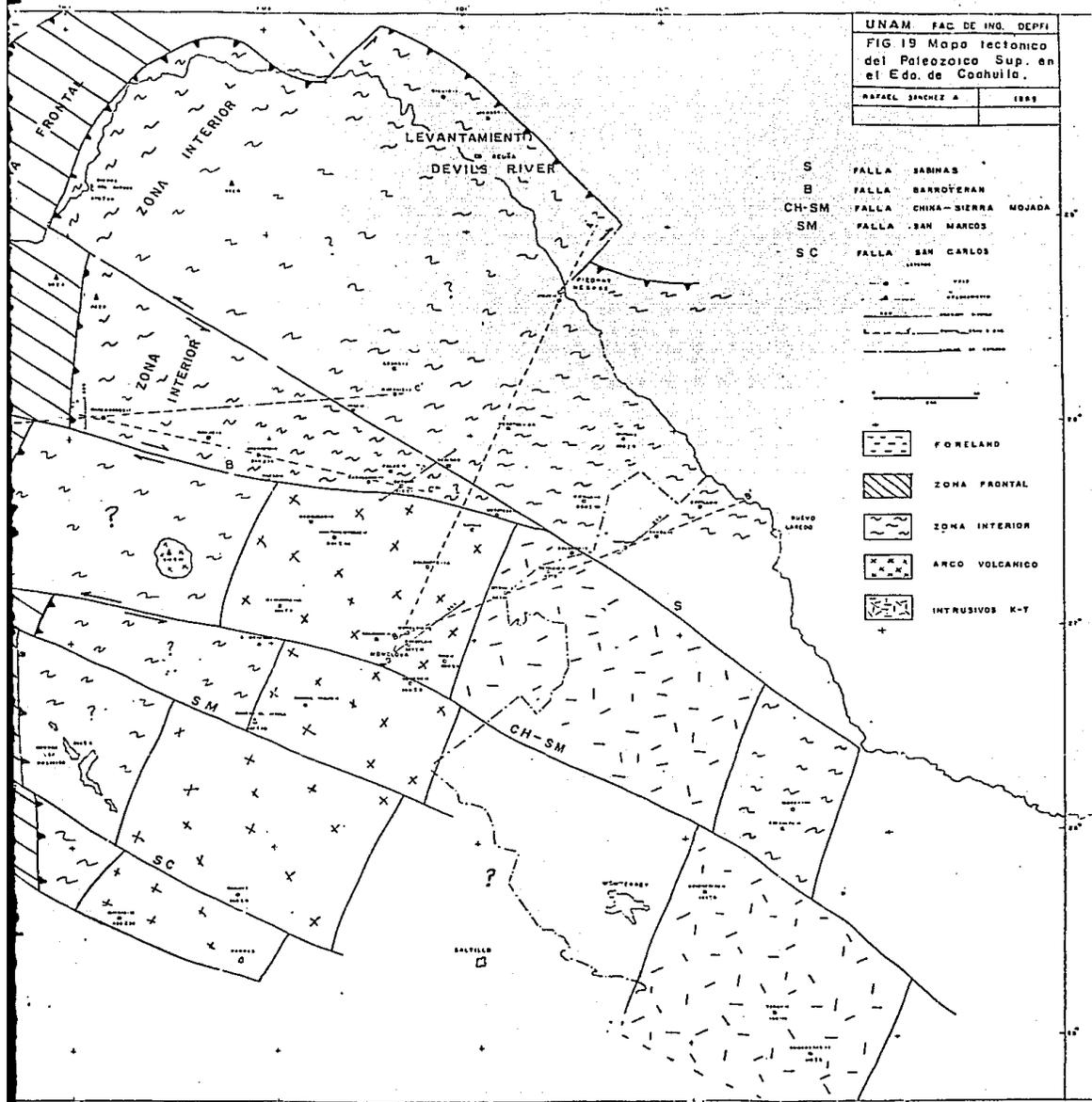
En el centro del Estado de Coahuila, se han delimitado en este trabajo cuatro bloques (figura 19), donde el basamento está compuesto de rocas graníticas de edad Permo-Triásica. Cada bloque



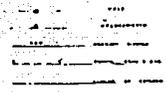
UNAM FAC DE ING. DEPTO

FIG 19 Mapa tectónico del Paleozoico Sup. en el Edo. de Coahuila.

RAFAEL SANCHEZ A 1989



- S FALLA SARRINAS
- B FALLA BARROTERRAN
- CH-SM FALLA CHINA-SIERRA MOJADA
- SM FALLA SAN MARCOS
- SC FALLA SAN CARLOS



- FORELAND
- ZONA FRONTAL
- ZONA INTERIOR
- ARCO VOLCAMICO
- INTRUSIVOS K-T

fue definido con base en los datos geofísicos y por al menos uno de los once pozos que llegaron al basamento granítico de esa edad.

Las rocas ígneas que se encuentran en el subsuelo al este y sureste de Monterrey, no se incluyen como parte de los bloques ya que las edades reportadas, en tres pozos (Benemérito-1, Terán-1 y Trincheras-1) que alcanzaron este tipo de basamento, corresponden al Jurásico Medio y Cretácico Temprano; además de que las anomalías magnéticas no se asemejan a las que se observan en los bloques mencionados.

De acuerdo a los resultados arriba citados, se confirma la hipótesis de Flawn y Díaz (1959) acerca de la existencia de un terreno granítico pre-Mesozoico, que se encontraba al este de la Península de Coahuila, en el noreste de México.

Es posible que las rocas graníticas que forman parte de la Isla de Coahuila y las encontradas en el subsuelo de la costa del Golfo de México, sirvieran como contrafuerte a la deformación de la Sierra Madre Oriental.

En la costa mexicana del Golfo de México, en los Estados de Tamaulipas y Veracruz, ha sido reportado un basamento ígneo en el subsuelo compuesto principalmente por granitos, granodioritas y tonalitas (Lopez-Ramos, 1972) de edad Permo-Triásico; que probablemente representen al complejo plutónico preservado del arco volcánico, postulado para el noreste de México (Garrison *et al.*, 1980).

Es difícil substraerse a la idea de correlacionar las rocas graníticas, que se encuentran en el subsuelo del centro de Coahuila con las que también se encuentran en el subsuelo de la costa del Golfo de México, ya que en edades y litología son muy similares. Actualmente se encuentran separadas por cientos de Kilómetros, sin embargo la zona de desplazamiento coincide con la traza de la postulada Megashear Mojave-Sonora. Lo anterior está representado en la figura 20, donde se supone que estas rocas formaron parte de un conjunto que fue desplazado a principios del Mesozoico.

El arco volcánico postulado en el noreste de México, estaría representado por las rocas graníticas de edad Permo-Triásico, delimitadas en este trabajo y las reportadas en la costa del Golfo de México.

4.2 Sistema Orogénico Marathon-Ouachita

La continuación en el noreste de México del Sistema Orogénico Marathon-Ouachita se presenta en la figura 19; está compuesto por el "foreland", la zona frontal y la zona interna. Este sistema fue formado por la colisión de Gondwana y Norteamérica (Pindel, 1985) en el Paleozoico Tardío.

El "foreland" está definido en este trabajo, por el mínimo gravimétrico Pedregosa, que de acuerdo con el modelo presentado en el perfil DD', se debe en parte a un paquete de rocas sedimentarias pre-Mesozoicas; las cuales de acuerdo con la información magnética,

están intrusadas por rocas ígneas principalmente del Terciario.

La zona interior está definida por el mínimo gravimétrico Florida, el cual corresponde a una área donde las anomalías magnéticas son suaves y de poca amplitud. Las rocas metamórficas que afloran en la Sierra del Carmen corresponden a esta zona; en el subsuelo los pozos perforados han encontrado rocas metamórficas del Paleozoico Tardío como basamento.

El Sistema Marathon-Ouachita se conserva como tal sólo en la parte norte de Coahuila, donde un bloque es desplazado hacia el sureste por la falla Sabinas. A partir de la falla Barroteran se incorpora dentro del escenario tectónico un conjunto de cuatro bloques, donde el basamento es de tipo granítico de edad Permo-Tridésica, el cual probablemente fue acrecionado al continente como parte de la Península de Coahuila (Figura 18).

La falla Barroteran marca un límite al Sistema Orogénico Marathon-Ouachita ya que hacia el norte se le conoce por presentar el "foreland", y sus zonas frontal e interna, hacia el sur cambia a un sistema que involucra un arco volcánico; el cual fue desplazado en el Jurásico Medio por cinco fallas, estas son Barroteran, Sierra Mojada-China, San Marcos, San Carlos y Mojave-Sonora.

En la figura 19, se puede apreciar el desplazamiento que sufre el frente orogénico, debido a un sistema de fallas laterales, las cuales delimitan los bloques presentados, que con cierta confianza son definidos hasta el borde sur de la Isla de Coahuila; donde se

terminan para continuar al norte de Cd. Victoria, Tamaulipas.

Si se acepta el hecho de la existencia de un arco volcánico en el subsuelo del área ubicada al oeste de Monclova, el concepto que se tiene del Sistema Orogénico Marathon-Quachita deberá cambiar a como se le conoce en Estados Unidos; ya que hacia el norte no se han documentado evidencias de un arco volcánico asociado al sistema. El límite probable deberá coincidir con la terminación de las anomalías magnéticas y la dislocación de las anomalías gravimétricas sobre la falla Barroteran.

4.3 Megashear Mojave-Sonora

Esta estructura fue propuesta por (Silver y Anderson, 1974), como una zona que se extiende desde el sur de California, a través del desierto de Mojave y Sonora hasta la Sierra Madre Occidental; separando dos terrenos Precámbricos, uno orogénico y el otro magmático. Tiene una orientación S 60 E y es en ocasiones de decenas de kilómetros de ancho.

Con nuevos estudios geocronológicos y de campo, Anderson y Silver (1979), definieron que esta zona está compuesta de rocas volcánicas, hipabisales y plutónicas; cuya edad dominante es Jurásico Medio. La parte somera de las rocas plutónicas es félsica, siendo emplazadas entre 175-150 m.a. La serie volcánica se acumuló entre 170 y 180 m.a. Las rocas más jóvenes que son afectadas por la estructura son Jurásicas.

Alfonso (1976) en el III Simposium de Geología de Subsuelo de la región noreste del país, presentó una serie de cuatro fallas laterales que cruzan gran parte del Estado de Coahuila basado en datos de pozos. La segunda de éstas, llamada Falla Monclova, coincide con el rumbo y dirección del alineamiento de anomalías magnéticas que aquí se presenta.

Tardy (1980) observó la discontinuidad que presentan las estructuras geológicas del Mesozoico en esa región, y propuso el Lineamiento de Caltam, el cual coincide con el rumbo y posición con la falla Monclova.

El Lineamiento Sierra Mojada-China fue descrito por Padilla (1986) como una discontinuidad que se observa en fotografías de satélite; el cual prácticamente coincide con las fallas Monclova y Caltam y la relaciona directamente con la Megashear Mojave-Sonora.

El primer trabajo de campo sobre el fallamiento lateral en la región, fue hecho por McKee y otros (1984), sobre la falla San Marcos, la cual según estos autores define el límite norte de la Isla de Coahuila. En ese estudio se presentan evidencias de que la falla ha tenido movimientos durante el Jurásico, Cretácico y el Terciario; si bien la evidencia es para movimientos verticales, sugieren que puede ser la misma megashear de Silver y Anderson.

El fallamiento lateral izquierdo ofrece una solución al problema del traslape de parte de México y Centroamérica en las reconstrucciones de la Pangea para principios del Mesozoico; por lo que la extensión sureste de la Megashear Mojave-Sonora fue propuesta por Anderson y Schmidt (1983), para poder presentar un modelo de evolución del Golfo de México. Se postula que pasa al sur del truncamiento del Sistema Marathon-Ouachita y del lado sur de la Isla de Coahuila y sigue una dirección hacia el sureste hasta algún punto al norte de Cd. Victoria Tamaulipas; donde afloran rocas Paleozoicas comparables con las del Sistema Marathon-Ouachita.

La zona de falla coincidiría entonces donde la Sierra Madre Oriental da un giro hacia el oeste, de tal forma que este cambio tan notable en los alineamientos de las estructuras del Mesozoico refleja el límite entre dos provincias de basamento que fueron yuxtapuestas por el desplazamiento de la Megashear Mojave-Sonora.

Las rocas graníticas de edad Permo-Tridésica encontradas en el subsuelo de Tamaulipas y Veracruz en las perforaciones de Pemex (Fig. 20) pierden su continuidad al noreste de Cd. Victoria cerca del poblado de San Carlos en el área donde se postula que pasa la traza de Megashear Mojave-Sonora, para aparecer nuevamente en la Isla de Coahuila.

Desde el punto de vista de correlación de datos geológicos y geofísicos, es muy interesante que el alineamiento de anomalías magnéticas de más de 600 Km, tenga su expresión superficial en el Lineamiento Sierra Mojada-China, contra el cual se truncan las

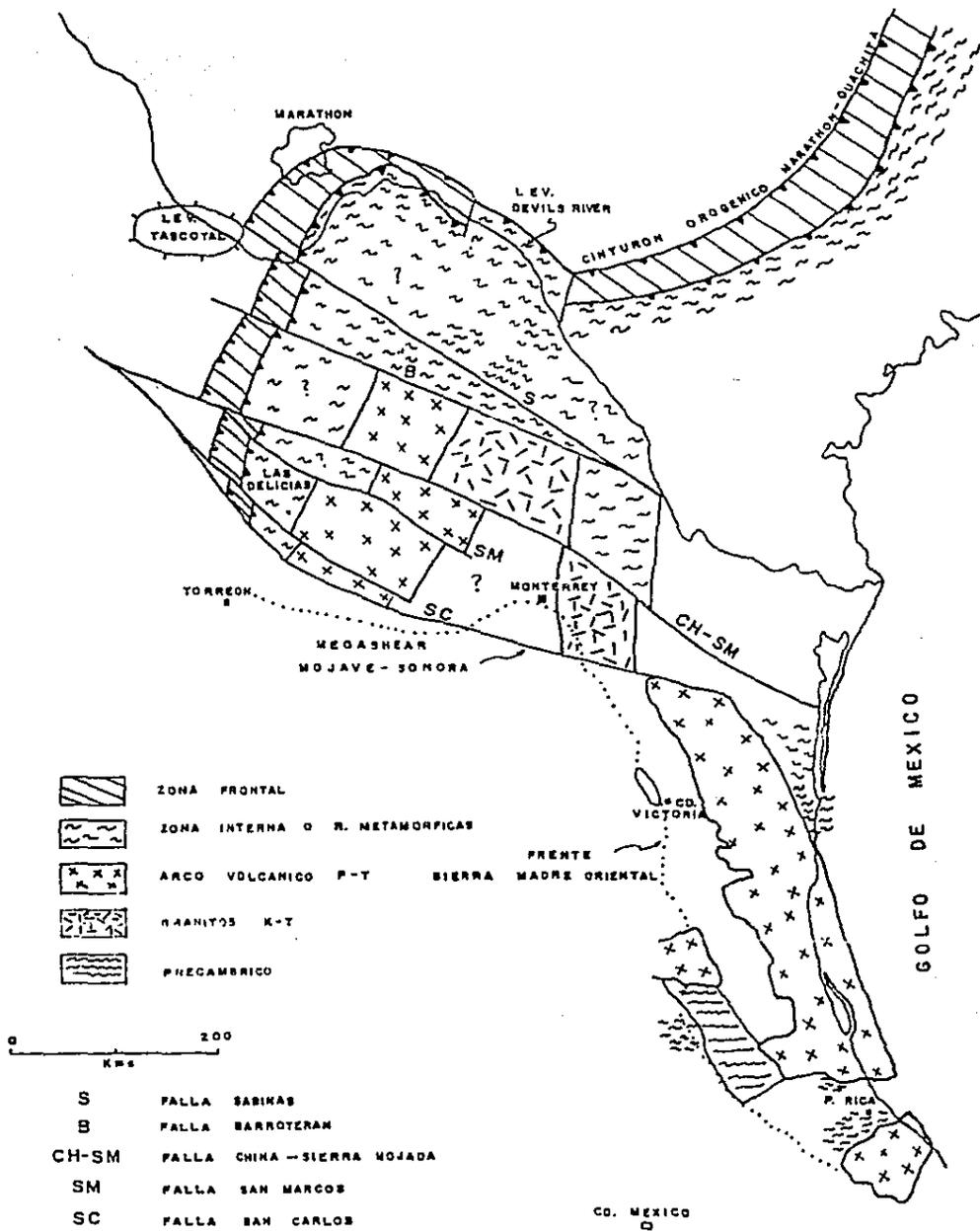


FIGURA 20 MAPA TECTONICO DEL NE DE MEXICO

estructuras del Mesozoico. Este alineamiento parece separar en dos partes las anomalías del área de Monclova. El alineamiento corresponde a intrusiones de rocas graníticas tal como lo evidencian los pozos Menchaca-1 y Pecten-1, que aportaron edades del basamento que lo colocan en el Jurásico Medio.

Si la traza de las anomalías magnéticas se dibuja en el mapa gravimétrico, resulta más que una coincidencia que las anomalías gravimétricas queden separadas por esta traza y además conserven un sentido de desplazamiento izquierdo. Si se considera que las anomalías gravimétricas representan la expresión de estructuras regionales tales como levantamientos del basamento y cuencas profundas la separación que se observa entre las anomalías puede servir para calcular el desplazamiento de esta falla, el cual resulta ser de 70 kilómetros en promedio.

La falla San Marcos coincide con un alineamiento de anomalías magnéticas que al igual que la falla San Carlos (Alfonso, 1976), parecen terminar abruptamente bajo el área donde la Sierra Madre Oriental presenta una curvatura para alinearse este-oeste.

Las fallas laterales propuestas anteriormente (Sabinas, San Marcos y San Carlos), si bien no representan la megashear misma si están relacionadas al desplazamiento que sufre esta región durante el principio del Mesozoico. De acuerdo a la correlación que se hizo de las rocas graníticas, la Megashear Mojave-Sonora debe pasar casi inmediatamente al sur de la Isla de Coahuila (figura 20).

CONCLUSIONES

Los perfiles modelados que se presentaron deben considerarse como perfiles geológicos y no sólo como puramente geofísicos, ya que para su construcción se utilizaron datos de pozos, densidades medidas en los registros geofísicos, modelado gravimétrico y magnético y secciones sísmicas. El empleo en forma conjunta de los datos anteriores en la interpretación dieron como resultado los perfiles geológicos y los mapas interpretados, que son la base de las hipótesis tectónicas que se presentan.

En estudios anteriores se ha tratado de continuar el Sistema Orogénico Marathon-Duachita al sur del área de Marathon; sin embargo los pocos afloramientos de rocas Paleozoicas permitieron diversas teorías. En este trabajo se presenta la continuación del frente orogénico en el Estado de Coahuila, en forma congruente con la expresión geofísica que tiene el sistema hacia el norte del área estudiada.

El "foreland" está representado por el mínimo gravimétrico Florida, localizado en el límite entre los Estados de Chihuahua y Coahuila, está apoyado por la evidencia sismológica de reflectores. El mapa magnético muestra la evidencia de intrusiones ígneas del Terciario y en superficie el área está cubierta por rocas ígneas extrusivas.

La zona frontal del frente orogénico se determinó por la continuación del alineamiento de anomalías gravimétricas positivas en Coahuila; las cuales son dislocadas por la traza de algunas fallas postuladas en superficie.

La zona interior coincide con un mínimo gravimétrico orientado norte-sur. La sismología no presenta evidencia de reflejos por abajo de la secuencia del Mesozoico. En el mapa magnético esta área corresponde con anomalías de poca amplitud.

Las rocas ígneas ácidas de edad Permo-Triásica que forman el basamento del área de Monclova corresponden con un conjunto de anomalías magnéticas de gran amplitud y extensión, la parte sur de estos bloques forman parte del elemento paleogeográfico Isla de Coahuila, en la sismología no se aprecia evidencia de reflejos en el basamento.

Los grandes fallas de corrimiento lateral coinciden con los límites de anomalías magnéticas, la traza de estas fallas desplaza la anomalías gravimétricas.

Se considera que las rocas graníticas que se encuentran en el subsuelo del centro de Coahuila, formaban un solo cinturón con las rocas graníticas de la costa del Golfo de México, con base en la similitud litológica y a que ambos conjuntos de rocas ígneas tienen edades similares (Permo-Triásico); sin embargo las correspondientes a la región de Coahuila, parecen haber sufrido mayores complicaciones tectónicas debido a fallamiento lateral.

Al correlacionar las rocas graníticas del centro de Coahuila y las de Tamaulipas y Veracruz, se confirma la necesidad de la existencia de la Megashear Mojave-Sonora; esta debe pasar al sur del paleoelemento Isla de Coahuila, y que el desplazamiento provisional calculado de esta manera es de 400 Kilómetros.

El Sistema Marathon-Ouachita en Coahuila está definido por una serie de bloques de basamento, que han sido desplazados por un sistema de fallas probablemente asociadas a la Megashear Mojave-Sonora. Se considera que el sistema se unía con el llamado Cinturón Huastecano de la costa del Golfo de México.

Al oriente del cinturón orogénico se considera que existe un arco volcánico que está representado por los bloques de rocas ígneas ácidas del subsuelo; sin embargo no está claro si este fue acrecionado al continente o se encuentra en su posición original. El arco fue parcialmente erosionado a principios del Mesozoico.

Toda interpretación que se haga de cualquier tipo de datos por una sola persona, siempre tiene restricciones que se minimizan cuando el análisis lo hace un grupo multidisciplinario. En este estudio se vio la necesidad que hay de realizar trabajos petrográficos y petrogenéticos de las rocas del basamento ígneo y metamórfico del norte del país, simultáneamente a la interpretación de datos geofísicos, para dar completa explicación de la historia tectónica de las rocas pre-Mesozoicas.

BIBLIOGRAFIA

- Alfonso, Z.J., 1976, Geología regional del sistema sedimentario Cupido, en: III Simposium de Geología de Subsuelo, Pemex, Suptcia. Gral. de Dttos. Exp. ZNE., p. 134-159.
- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 1979, The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora, en: T.H. Anderson and J. Roldan Quintana (eds.), Geology of Northern Sonora: Geol. Soc. of Am. Annual Meeting Guidebook 27, p. 59-68.
- Anderson, T.H., y Schmidt, U.A., 1983, The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time: Geol. Soc. of Am. Bull., v. 94, p. 941-966.
- Bloomfield, K., y Cepeda, D.L., 1973, Oligocene alkaline igneous activity in NE Mexico: Geol. Mag., v. 110, p. 551-555.
- Campa, M.F., y Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico: Can. Jour. Earth Sci., v. 20, p. 1040-1051.
- Coney, P.J., 1983, Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe: Rev. Inst. Mex. Pet., v. 15, p. 6-15.
- Cuevas, J.A., 1988, Analisis de subsidencia e historia térmica de la cuenca de Sabinas: Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet., v. 36, p. 56-100.
- Denison, R.E., Kenny, G.S., Burke, W.H.Jr. y Hetherington, E.A.Jr., 1969, Isotopic ages of igneous and metamorphic boulders from the Haymond Formation (Pennsylvanian), Marathon Basin, Texas, and their significance: Geol. Soc. of Am. Bull., v. 80, p. 245-256.
- Dyer, R., The geology of Cerro de Carrizalillo Chihuahua, Mexico: en prensa.
- Eguizabal, M.F., Moreno, H.P., y Cantá, Ch.C., 1986, Estudio estratigráfico sedimentológico en rocas del Paleozoico, Estado de Chihuahua: Inst. Mex. Pet., Proy. C-3016. Inédito.

- Ewing, T.E., 1985, Westward extension of the Devils River uplift- Implications for the Paleozoic evolution of the southern margin of North America: *Geology*, v. 13, p. 433-436.
- Flawn, P.T., Goldstein, A.Jr., King, P.B. y Weaver, C.E., 1961, The Ouachita System: University of Texas at Austin, Bureau of Econ. Geol. Publ. 6120, 401 p.
- Flawn, P.T., y Diaz, G.T., 1959, Problems of Paleozoic tectonics in north-central and northeastern Mexico: *AAFG Bull.*, v. 43, p. 224-230.
- Flores, L.R., 1980, Análisis tectónico estructural del Golfo de Sabinas, a partir de datos del subsuelo, superficie y satélite: *Inst. Mex. Pet., Proyecto C-1097, Inédito.*
- Garrison, J.R.Jr, Ramirez-Ramirez, C. y Long, E.L., 1980, Rb-Sr Isotopic ages and provenance of Precambrian granulite and Paleozoic greenschist near Ciudad Victoria, Mexico, en: The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of the central North Atlantic Ocean, R.H., Pilger Ed., *Proceedings of a Symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana*, 103 p.
- Galley, J.E., 1958, Oil and geology in the Permian basin of Texas and New Mexico, en: *Habitat of oil: AAPG, Spec. Publ.*, p. 395-446.
- Gose, W.A., Belcher, R.C., y Scott, G.R., 1982, Paleomagnetic results from northeastern Mexico: Evidence for large Mesozoic rotations: *Geology*, v. 10, p. 50-54.
- Handschy, J.W., y Dyer R., 1987, Polyphase deformation in Sierra del Cuervo, Chihuahua, Mexico: Evidence for ancestral Rocky Mountain tectonics in the Ouachita foreland of northern Mexico: *Geol. Soc. of Am. Bull.*, v. 99, p. 618-632.
- Handschy, J.W., Keller, G.R., y Smith, K.J., 1987, The Ouachita System in northern Mexico: *Tectonics*, v. 6, p. 323-330.
- Humphrey, W.E., 1955, Permian glaciation in northern Mexico?: *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 66, p. 1319-1323.
- Jones, N.W., y McKee, J.W., Pre-Cretaceous volcanic rocks at Sierra Diablo, Chihuahua: *en prensa.*

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Jones, N.W., McKee, J.W., Marquez, D.B., Tovar, J., Long, E.L. y Laudon, S.T., 1984, The Mesozoic la Mula Island, Coahuila, Mexico: Geol. Soc. of Am. Bull., v. 95, p. 1226-1241.
- Keller, G.R., y Cebull, S.E., 1973, Plate tectonics and the Ouachita System in Texas, Oklahoma, and Arkansas: Geol. Soc. of Am. Bull., v. 83, p. 1659-1666.
- Keller, G.R., Smith, R.A., Hinze, W.J., y Aiken, C.L.V., 1985, Regional gravity and magnetic study of west Texas, en W.H. Hinze (ed), the utility of regional gravity and magnetic anomaly maps: Soc. Expl. Geophys., Tulsa, Oklahoma, p. 198-212.
- Keller, G.R., y Dyer, R., 1989, The Paleozoic margin of North America in west Texas and northern Mexico: Geof. Int., en prensa.
- Lillie, J.R., Nelson, D.K., De Voogd, B., Brewer, A.J., Oliver, E.J., Brown, D.L., Kaufman, S., y Viele, W.G., 1983, Crustal structure of Ouachita Mountains, Arkansas: A model based on integration of COCORP reflection profiles and regional geophysical data: AAPG Bull., v. 67, p.907-931.
- Longoria, J.F., Mesozoic plate tectonic reconstruction of Mexico: Evidence from the stratigraphic record: en prensa.
- Lopez-Ramos, E., 1972, Estudio del basamento ígneo y metamórfico de las zonas Norte y Poza Rica (entre Nautla, Ver. y Jiménez, Tamps.), Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet., v. 24, p. 267-323.
- Malpica, C.R. y De la Torre, L.G., 1980, La integración estratigráfica del Paleozoico de México. Partes I, II y III y anexos. Inst. Mex. Pet., Proyecto C-1079, inédito.
- McKee, J.W., Jones, N.W., y Anderson, T.H., 1988, Las Delicias basin: A record of late Paleozoic arc volcanism in northeastern Mexico: Geology, v. 16, p. 37-40.
- McKee, J.W., Jones, N.W., y Long, E.L., 1984, History of recurrent activity along a major fault in northeastern Mexico: Geology, v. 12, p. 103-107.
- Moran, D.J., 1986, Breve revisión sobre la evolución tectónica de México: Geof. Int., v. 25, p. 9-38.

- Mugica, M.R., 1986, Estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas Pre-Jurásicas en el noreste de México: Inst. Mex. Pet., proyecto C-2005, Inédito.
- Newell, N.D., 1967, Supposed Permian tillites in northern Mexico are submarine slide deposits: Geol. Soc. of Am. Bull., v. 68, p. 1569-1576.
- Nicholas, R.L. y Rozendal, R.A., 1975, Subsurface positive elements within the Ouachita foldbelt in Texas and their relation to Paleozoic cratonic margin: AAPG Bull., v. 59, p. 193-216.
- Padilla, R.J., 1986, Post-Paleozoic tectonics of northeast Mexico and its role in the evolution of the Gulf of Mexico: Geof. Int., v. 25, p. 157-206.
- Palmer, A.R., Demis, W.D., Muehlberger, W.R., y Robison, R.A., 1984, Geological implications of Middle Cambrian boulders from the Haymond Formation (Pennsylvanian) in the Marathon Basin, West Texas: Geology, v. 12, p. 91-94.
- Pindell, J.L., 1985, Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean: Tectonics, v. 4, p. 1-39.
- Rozendal, R.A., y Erskine, W.S., 1971, Deep test in the Ouachita structural belt of central Texas: AAPG Bull., v. 55 p. 2008-2017.
- Ross, Ch.A., 1986, Paleozoic evolution of southern margin of Permian basin: Geol. Soc. of Am. Bull., v. 97, p. 536-554.
- Salvador, A., 1987, Late Triassic-Jurassic paleogeography and origin of Gulf of Mexico basin: AAPG Bull., v. 71, p. 419-451.
- Silver, L.T., y Anderson, T.H., 1974, Possible left-lateral Early to Middle Mesozoic disruption of the southwestern North American craton margin: Geol. Soc. of Am., Abs. with Prog., v. 6, p. 955.
- Simpson, R.W., Jachens, R.C., Blakely, R.J., y Saltus, R.W., 1986, A new isostatic residual gravity map of the conterminus United States with a discussion on the significance of isostatic residual anomalies: Jour. of Geophys. Res., v. 91, p. 8348-8372.

- Soderberg, R.W., y Keller, G.R., 1981, Geophysical evidence for deep basin in western Kentucky: AAPG Bull., v. 65, p. 226-234.
- Tardy, M., 1980, Contribution a l'etude geologique de la Sierra Madre Oriental du Mexique: These doctorale, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 459 p.
- Talwani, W.M., y Landisman R., 1959, Rapid gravity computations for two dimensional bodies with applications to the Mendocino submarine fracture zone: Jour. Geoph. Res., v. 64, p. 49-59.
- Talwani, W.M., y Heirtzler, E., 1963, Computation of magnetic anomalies caused by two dimensional structures of arbitrary shape: Stanford Univ. Publ., v. 9, p. 464-480.
- Urrutia, F.J., 1981, Paleomagnetic evidence for tectonic rotation of northern Mexico and the continuity of the Cordilleran orogenic belt between Nevada and Chihuahua: Geology, v. 9, p.178-183.
- Urrutia, F.J., Moran, Z.J., y Cabral, C.E., 1987, Paleomagnetism and tectonics of Mexico: Geof. Int., v. 26, p. 429-458.
- Van der Voo, R., Mauk, F.J., y French, R.B., 1976, Permian-Triassic continental configurations and the origin of the Gulf of Mexico: Geology, v. 4, p. 177-180.
- Viele, G.W., 1974, Structure and tectonic history of the Ouachita Mountains, Arkansas, in K.A. De Jong and Scholten R., eds., Gravity and Tectonics: New York, John Wiley and Sons, p. 361-377.
- Wardlaw, B.R., Furnish, W.M., y Nestell, M.K., 1979, Geology and paleontology of the Permian beds near Las Delicias, Coahuila, Mexico: Geol. Soc. of Am. Bull., v. 90, p. 111-116.
- Wickham, J., Roeder, D., y Briggs, G., 1976, Plate tectonic models for the Ouachita foldbelt: Geology, v. 4, p.173-176.
- Winker, Ch.D., y Buffler, R.T., 1988, Paleogeographic evolution of early deep water Gulf of Mexico and margins, Jurassic to Middle Cretaceous (Comanchean): AAPG Bull., v. 72, p. 318-346.