

3
2 Gen



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO GEOLOGICO - GRAVIMETRICO DE
LA PORCION CENTRAL DE LA SIERRA DE
GOMAS, ESTADO DE NUEVO LEON**

TESIS PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO**

**P R E S E N T A N :
FRANCISCO DE JESUS CAFAGGI FELIX
DOMINGO ARTURO SILVA GAMBOA**

MEXICO, D. F.

SEPTIEMBRE DE 1985



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

RESUMEN	8
I. INTRODUCCION	10
1. OBJETIVOS	13
2. METODO DE TRABAJO	14
3. GENERALIDADES	16
4. FISIOGRAFIA	20
II. GEOLOGIA Y GRAVIMETRIA	23
5. MARCO GEOLOGICO	25
6. ESTRATIGRAFIA	32
6.1. Jurásico	34
6.1.1. Grupo La Casita. (Jc)	34
6.2. Cretácico	36
6.2.1. Formación Taraises (Kt)	36
6.2.2. Formación Cupido (Kc)	38
6.2.3. Formación La Peña (Kp)	40
6.2.4. Formación Aurora (Kau)	42
6.2.5. Formación Kiamichi (Kk)	43
6.2.6. Grupo Washita Indiferenciado. (Kw)	45
6.2.7. Formación Eagle Ford. (Kef)	46
6.2.8. Formación Austin. (Ka)	48
6.3. Terciario (Tb)	50
6.4. Cuaternario (Qal)	50
7. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	52
8. GRAVIMETRIA	55
8.1. Anomalía de Bouguer	56
8.2. Anomalía Regional	57
8.3. Anomalía Residual	58

III.	INTERPRETACION GEOLOGICO-GRAVIMETRICA	60
	9. GEOLOGIA HISTORICA	62
	10. SIGNIFICADO DE LA INFORMACION GRAVIMETRICA	77
	11. TECTONICA.	82
IV.	CONCLUSIONES	89
	12. ASPECTOS ECONOMICOS	91
	13. SUMARIO Y CONCLUSIONES	94
	APENDICES GRAVIMETRICOS	100
	A.1. ALGUNAS CONSIDERACIONES TEORICAS	101
	A.2. TRABAJO DE CAMPO	108
	A.3. SEPARACION DE ANOMALIAS	118
	A.4. CALCULO DE PROFUNDIDAD DE UN CILINDRO HORIZONTAL	121
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	131
	ANEXO DE PLANOS	

INDICE DE FIGURAS

3.1.	Esquema de Localización	17
4.1.	Provincias Fisográficas de México	21
5.1.	Plano Geológico Regional	26
5.2.	Elementos Paleogeográficos del Jurásico Superior	27
5.3.	Columna del Pozo Jardines 1.	29
5.4.	Pozo Minas Viejas N° 1 Corte Litológico	30
6.1.	Tabla de Correlación	33
9.0.	Bloque Diagramático Estructural del Noreste de México	63
9.1.	Paleogeografía del NE de México durante el Oxfordiano-Kimmeridgiano Temprano	64
9.2.	Paleogeografía del NE de México durante el Kimmeridgiano Tardío-Titoniano.	67
9.3.	Paleogeografía del NE de México durante el Neocomiano Tardío.	68
9.4.	Paleogeografía del NE de México durante el Albiano-Cenomaniano.	70
9.5.	Paleogeografía del NE de México durante el Turoniano.	73
9.6.	Paleogeografía del NE de México durante el Coniaciano-Santoniano.	74
9.7.	Paleogeografía del NE de México durante el Campaniano-Maestrichtiano.	75
11.1.	Modelo Estructural del Noreste de México.	84
11.2.	Modelo Diagramático Propuesto de la Deformación e Intrusión Salina.	87
A.1.	Correcciones a la gravedad observada	104
A.2.	Orden de observación en dos Enlaces Gravimétricos (Loops).	111
A.3.	Registro Gravimétrico de Campo.	113
A.4.	Gráfica de Deriva.	114
A.5.	Compensación de Bases.	116
A.6.	Fórmulas utilizadas en la separación de anomalías.	120

A.7.	Atracción de un cilindro de Radio R enterrado a una Profundidad Z sobre un Punto P a una Distancia X .	122
A.8.	Parámetros de una Curva de Anomalía necesarios en el Cálculo de Profundidad.	124
A.9.	Cálculo de profundidad de la Sección A-A'	127
A.10.	Cálculo de profundidad de la Sección B-B'	128
A.11.	Cálculo de profundidad de la Sección C-C'	129
A.12.	Cálculo de profundidad de la Sección D-D'	130

INDICE DE PLANOS

- 6.1. PLANO GEOLOGICO DE LA PORCION CENTRAL DE LA SIERRA DE GOMAS.
- 7.1. SECCIONES GEOLOGICAS DE LA SIERRA DE GOMAS.
- 8.1. PLANO DE ANOMALIA DE BOUGUER
- 8.2. PLANO DE ANOMALIA REGIONAL
- 8.3. PLANO DE ANOMALIA RESIDUAL

RESUMEN

Se realizó un estudio geológico-gravimétrico en la porción central de la Sierra de Gomas, en el estado de Nuevo León. Dicha sierra se localiza a unos 70km al norte de la ciudad de Monterrey; fisiográficamente se ubica en la Subprovincia de la Sierra Norte de la Provincia de la Sierra Madre Oriental.

La Sierra de Gomas se ubica paleogeográficamente en la porción-centro oriental del Golfo de Sabinas, del Jurásico Superior; está formada por un pliegue anticlinal doblemente buzante, ligeramente asimétrico, en el que afloran rocas marinas en una secuencia completa que abarca del Jurásico Superior al Cretácico Superior, así como brechas de colapso y aluvión del Terciario y Cuaternario, respectivamente.

Los planos de anomalías gravimétricas muestran una caída regional de la gravedad de NE a SW, así como la presencia de un mínimo gravimétrico coincidiendo con el eje estructural de la citada sierra.

De la información obtenida se interpreta que la caída gravimétrica indica la dirección de profundización del basamento (Prejurásico Superior) y que el mínimo gravimétrico es la respuesta a una masa salina de dimensiones considerables, que se encuentra concentrada en el núcleo del anticlinal. Se calculó -

la profundidad a la que puede encontrarse la cima de la sal en--
cuatro secciones gravimétricas, por el método de Nettleton, y se
construyeron cuatro secciones geológicas, coincidentes con las -
gravimétricas.

Finalmente, se concluye, entre otros aspectos, que las posibilida
des petroleras con objetivos mesozoicos en la Sierra de Gomas --
son mínimas; y, por otro lado, que la combinación de la informa
ción geológica (superficial y del subsuelo) con la información -
geofísica (en este caso la gravimetría) da como resultado inter
pretaciones más aproximadas a la realidad.

I INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

El estudio que a continuación se expone tiene la doble función de cumplir con el requisito de presentar un trabajo que sirva de tesis, necesaria para la obtención del título de Ingeniero Geólogo, y mostrar lo relativamente sencillo que puede resultar una interpretación geológico-geofísica cuando se cuenta con los medios necesarios para ello. Debido a que los autores participamos en la ejecución de trabajos gravimétricos encaminados a la exploración petrolera, encomendados por PEMEX a GEOCA, S. A., empresa en la cual estuvimos laborando, seguimos de cerca el levantamiento gravimétrico del Prospecto Mina en el Area de Monterrey. Al analizar las curvas de Anomalía de Bouguer configuradas en la porción central de la Sierra de Gomas, ubicada en la Hoja Villaldama G14-A75 del seccionamiento escala 1:50,000 de DETENAL, localizada a unos 70km al norte de la ciudad de Monterrey, N. L., llamó la atención la formación de un mínimo gravimétrico coincidiendo con el eje del anticlinal que forma a la citada sierra, en la cual aflora una secuencia completa de rocas marinas del Jurásico tardío al Cretácico tardío.

A fin de interpretar el mínimo gravimétrico observado de la mejor manera posible, se recopiló información geológica de la región y se realizó un reconocimiento geológico sobre la sierra.

El resultado obtenido fue la interpretación de la existencia de una masa salina de dimensiones considerables en el subsuelo, concentrada en el núcleo del anticlinal citado, la cual, después de que la Orogenia Laramide formó el pliegue y se inició la erosión de la cresta de la Sierra de Gomas, inició un movimiento lento hacia arriba intrusionando y arrastrando, a algunas de las formaciones depositadas sobre la sal (Formación Taraises, Grupo La Casita y, probablemente, Caliza Zuloaga).

1. OBJETIVOS

El presente trabajo pretende cubrir los objetivos siguientes:

- Mostrar que una interpretación geológica-geofísica puede resultar sencilla cuando se cuenta con los elementos necesarios, como pueden ser información geológica y geofísica proveniente de levantamientos superficiales e información del subsuelo -- (secciones litológicas cortadas por pozos).
- Postular la presencia de un grueso espesor de sal en el núcleo del anticlinal que forma la Sierra de Gomas y calcular la profundidad a la que puede encontrarse la cima de la formación salina.

2. METODO DE TRABAJO

- Se realizó un levantamiento gravimétrico de ~~mediterra~~ con fines de exploración petrolera en la Sierra de Gomas, estado de Nuevo León, detallado en los Apéndices de Gravimetría.
- Se interpretaron, a nivel cualitativo, los resultados del levantamiento gravimétrico.
- Se recopiló información bibliográfica y cartográfica de la geología a nivel regional y local.
- Se realizó un estudio fotogeológico en el que se identificaron las diferentes unidades litoestratigráficas y los rasgos estructurales presentes en la sierra en cuestión. Se utilizaron fotografías aéreas blanco y negro, escala 1:50,000 tomadas por DETENAL.
- Se efectuó la verificación geológica de campo, en la cual se realizaron caminamientos; se modificaron algunos de los contactos geológicos marcados en la fotointerpretación, se tomaron datos de rumbo y echado de las capas y se describió cada una de las formaciones aflorantes en la sierra.
- Se elaboró el plano geológico definitivo en el que se trazaron cuatro líneas de sección; coincidentemente se trazaron -- las mismas secciones sobre el plano de Anomalía Residual y se calculó la profundidad de la masa salina por el método de Ne

tleton en cada una de ellas. A continuación se interpreta--
ron las cuatro secciones considerando la información del pla
no geológico y los datos calculados con la Anomalía Resi- -
dual.

- Tras la evaluación de la información obtenida se elaboró el
presente trabajo.

3. GENERALIDADES

LOCALIZACION GEOGRAFICA.- El área de trabajo comprende de la región central de la Sierra de Gomas, que se localiza en el noroeste del estado de Nuevo León, aproximadamente a 70 kilómetros al norte de la ciudad de Monterrey y a 7.5 km al oeste de la población de Villaldama (Fig. 3.1.)

El total de la sierra abarca más de 60 kilómetros de longitud. Este trabajo comprende la porción central de ella, -- que se encuentra en la Hoja Villaldama de DETENAL, enmarcada entre los paralelos 26°15' 26°30' latitud norte y entre los meridianos 100° 25' y 100° 35' longitud oeste de Greenwich.

VIAS DE COMUNICACION.- La principal vía de acceso al área de trabajo es la Carretera Estatal No. 1 que comunica a la ciudad de Monterrey con las poblaciones de Villaldama, Lampazos y Colombia. Apartir de esta carretera, a la altura del pueblo de El Alamo, parte un camino vecinal pavimentado de unos 5 Kilómetros hasta la población de El Potrero, que se encuentra en el flanco oriental de la sierra, en la parte más accesible de ésta (Fig. 3.1).

Existe también el servicio de ferrocarril con estaciones en El Alamo y en Villaldama, el cual comunica a las ciudades de Monterrey y Nuevo Laredo.

POBLACION Y CULTURA.- La población más importante - que se localiza en las inmediaciones de la zona estudiada es la cabecera municipal de Villaldama, que como ya se mencionó, se encuentra a 7.5 Km al este de la Sierra de Gomas; la población cuenta con más de 3000 habitantes, agua potable, energía eléctrica, servicios telefónico, telegráfico y correos, así como también escuelas primarias y secundarias y servicio médico. Al pie de la sierra, en su porción centro oriental, se localiza el pueblo de El Potrero que cuenta con unos 1000 habitantes, agua potable, energía eléctrica, servicio telefónico, escuela primaria y servicio médico. En toda la región se hallan distribuidos pequeños ranchos como El Cuarto, La Grulla, El Colmenar y Presa de los Frenos entre otros (Fig. 3.1.).

Las principales actividades en la región son la ganadería y la agricultura, y en segundo término la pequeña industria.

CLIMA.- El clima es extremo, la temperatura media anual es de 21°C, la mínima absoluta es de 6.8°C y la máxima de 41.5°C. Conforme la clasificación de Köppen, predomina el tipo BSHW (BS: estepario; H: caliente, con media anual superior a 18°C; W: lluvia periódica e invierno seco). El ciclo de lluvias es de julio a septiembre; los vientos dominantes provienen del oriente y del sureste, en el invierno predominan los vientos del norte que en febrero y marzo soplan con mayor fuerza (Tamayo, 1962).

FLORA Y FAUNA.- Existe vegetación de estepa, caracte
rizada principalmente por plantas herbáceas y xerófilas. Algu--
nos ejemplos son el encino, la lechuguilla, mezquite, ocotillo, -
uña de gato, gobernadora, maguey, biznaga, nopal, etc.

En lo que respecta a la fauna, existe coyote, zorro,-
liebre, conejo, víbora de cascabel, lagartija, aguililla, gavi--
lán, codorniz, etc.

4. FISIOGRAFIA

Según Zavala (1979) la Sierra de Gomas está localizada fisiográficamente en la Provincia de la Sierra Madre Oriental, Subprovincia de la Sierra Norte (Fig. 4.1.). Esta subprovincia limita al oeste con la Provincia de Cuencas y Sierras; - al este con la Provincia de la Planicie Costera del Golfo, y al sur con la Subprovincia de Sierras Atravesadas de la Sierra Madre Oriental. La Subprovincia de la Sierra Norte la constituyen sierras que forman amplias estructuras alargadas y muy irregulares, los valles que separan las cordilleras son generalmente amplios, constituyendo bolsones; son característicos los potreros formados por la erosión en grandes estructuras anticlinales de esta región. La fisiografía en esta zona de estudio está estrechamente relacionada a la litología, presentándose pronunciados escarpes en las formaciones calcáreas y valles o pendientes suaves en las arcillosas.

La Sierra de Gomas tiene una longitud de cerca de 60 kilómetros, una amplitud máxima de 11 kilómetros. Su centro está erosionado y forma un potrero que expone rocas del Jurásico Superior.

Las mayores elevaciones de la Sierra de Gomas son de 2100 metros sobre el nivel del mar, teniendo un desnivel de -- 1500 metros entre la cima de la sierra y el valle en el que se encuentra la población de El Potrero.

El drenaje de la región es de tipo dendrítico constituido por arroyos intermitentes los cuales alimentan al Río Sabinas, que nace en el Cañón de Bustamente, en la parte norte de la Sierra de Gomas y atraviesa la población de Villaldama. El Río Sabinas es la principal corriente que fluye cerca del área de estudio. Entre los arroyos del área destacan: El Alamo, Palo Blanco, La Negra y La Presa.

II GEOLOGIA Y GRAVIMETRIA

II. GEOLOGIA Y GRAVIMETRIA

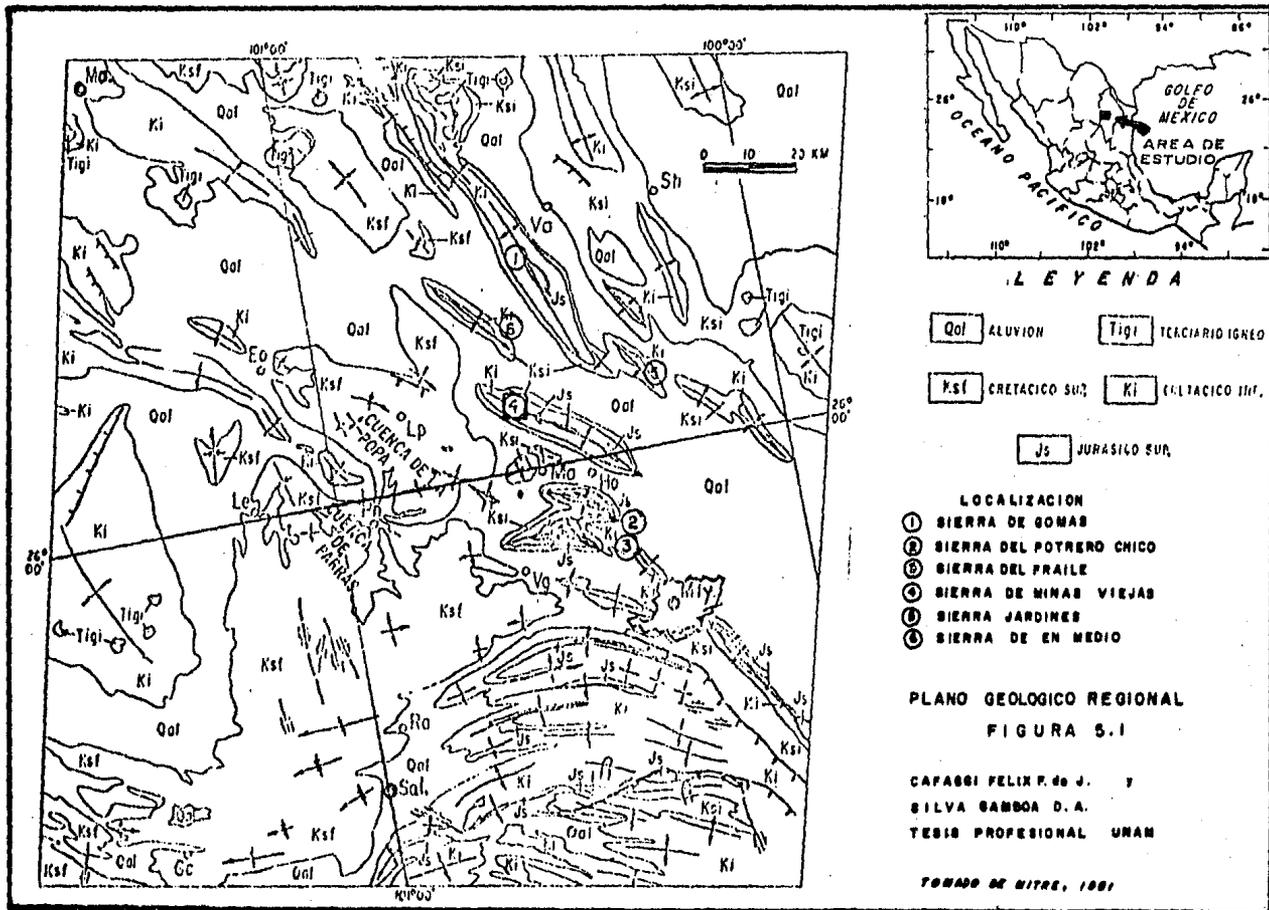
Los capítulos que a continuación se desarrollan describen la información obtenida durante el desarrollo del trabajo; - primeramente se describe el marco geológico a nivel regional; - posteriormente se hace referencia a la Sierra de Gomas en particular, dando la descripción de cada una de las unidades litoestratigráficas aflorantes; a continuación se describe el tipo de estructura que conforma a la Sierra de Gomas; y finalmente, se hace mención al tipo de levantamiento gravimétrico efectuado y los parámetros utilizados, así como también se da la descripción de cada uno de los planos de anomalías obtenidos.

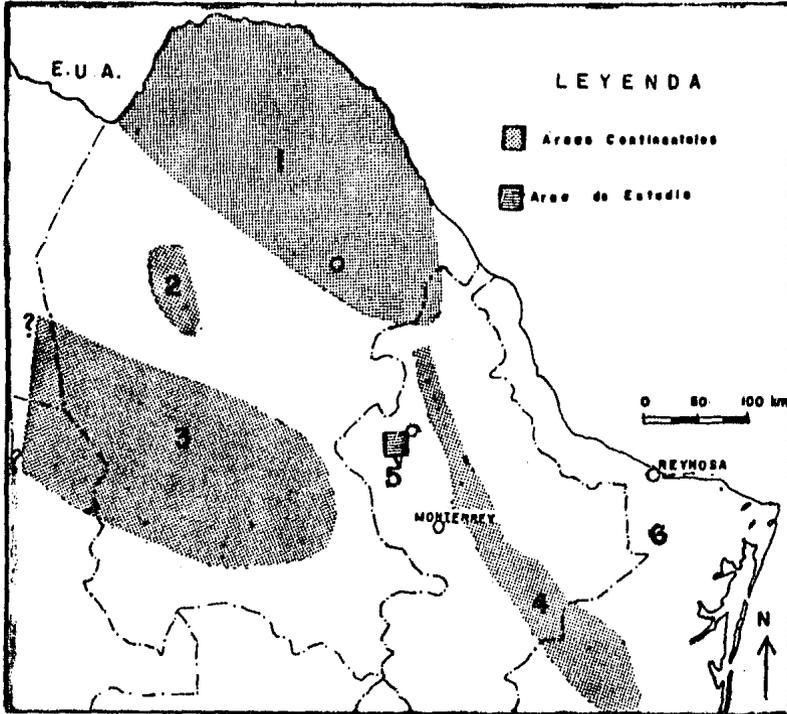
5. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El área de estudio se localiza al noreste de México, y se caracteriza por la presencia de sierras angostas y alargadas de orientación preferencial NW-SE, formadas por pliegues anticlinales y separadas por valles. Las sierras se constituyen de rocas marinas mesozoicas y en ellas normalmente afloran secuencias completas o parciales que abarcan formaciones del Jurásico Superior al Cretácico Superior. Los valles se forman en los sinclinales y en ellos se han acumulado gruesos espesores de materiales de relleno, producto de la erosión de las partes altas (Fig. 5.1).

Las rocas expuestas en las sierras de esta región -- fueron depositadas en lo que fue el Golfo de Sabinas del Jurásico Superior (Fig. 5.2), por tal motivo el ambiente en que se -- efectuó la sedimentación está íntimamente ligado con la evolución de la cuenca. Así, en la región se fueron depositando diversas litologías que varían desde evaporitas, carbonatos y arcillas del Jurásico Superior, a las unidades eminentemente carbonatadas del Cretácico Inferior, para finalizar con las formaciones mayoritariamente arcillosas del Cretácico Superior con las que concluyó la sedimentación marina en esta zona.

La columna sedimentaria en la región, por lo tanto es de espesor considerable. En la Sierra de Gomas se tiene una secuencia





Modificado de Padilla y S., 1982 y Raul González, 1976.

ELEMENTOS PALEOGEOGRAFICOS

- 1.- PENINSULA DEL BURRO
- 2.- ISLA DE LA MULA
- 3.- ISLA DE COAHUILA
- 4.- ARCHIPIELAGO DE TAMAULIPAS
- 5.- GOLFO DE SABINAS
- 6.- ANCESTRAL GOLFO DE MEXICO

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	ELEMENTOS PALEO- GEOGRAFICOS DEL JURASICO SUPERIOR	
TESIS PROFESIONAL	CAPANGI FELIX F. de J. SILVA SAMBOA D.A.	
	FIG. 5.2	1985

que abarca de la porción superior del Grupo La Casita del Jurásico Superior a la porción inferior de la Formación Austin, con un espesor medido del orden de los 2900m (López Ticha, 1962). Por otro lado, pozos perforados por PEMEX en la región manifiestan columnas de espesores importantes, tal es el caso del Pozo Jardines 1, perforado en un flanco de la Sierra Jardines (Fig. 5.1) el cual atravesó una columna de 4207m sin llegar al basamento (Fig. 5.3); o del Pozo Minas Viejas 1, perforado en el núcleo del anticlinal de la sierra del mismo nombre (Fig. 5.4), el cual atravesó unos 4200m de la Formación Minas Viejas, del Grupo Zuloaga del Jurásico Superior,¹ constituida por yesos y sal (diapírica, según González, 1976; Echanove, 1965; Wall et. al., 1961) y terminó con unos 300m de una caliza carbonosa (¿Formación Zuloaga Inferior?) sin llegar al basamento.

Los cuerpos ígneos más cercanos al área de estudio se localizan al norte de la Sierra de Gomas. Se trata de los Cerros San Jerónimo y Carrizal constituidos por un granito terciario de color rosa pálido que intemperiza a café rojizo, la estructura del cuerpo se identifica como de tipo lacolítico.² En la región no se manifiestan rocas metamórficas a excepción de la zona de contacto de los cuerpos intrusivos en donde se ha reportado mármol, como un

¹El Grupo Zuloaga incluye a todas las rocas del Jurásico Superior en el noreste de México bajo las del Kimmeridgiano, por lo que incluye a las formaciones La Gloria, Olvido, Novillo, Minas Viejas y Zuloaga (Humphrey, 1956).

²López Ticha, 1962.

JARDINES 1

EAGLE FORD	AFLORA
BUDA	15.0
DEL RIO	37.0
GEORGE TOWN	50.0
AURORA	127.0
LA PEÑA	395.0
CUPIDO	535.0
TAM. INF.	645.0
TARAISES	1187.0
LA CASITA	2011.0
MINAS VIEJAS	3033.0

P.T. 4207.0 M.

LOCALIZACION: X= 372 445.15
(COORDENADAS
U.T.M.) Y=2 890 096.29

COLUMNA CORTADA POR EL POZO JARDINES-1.

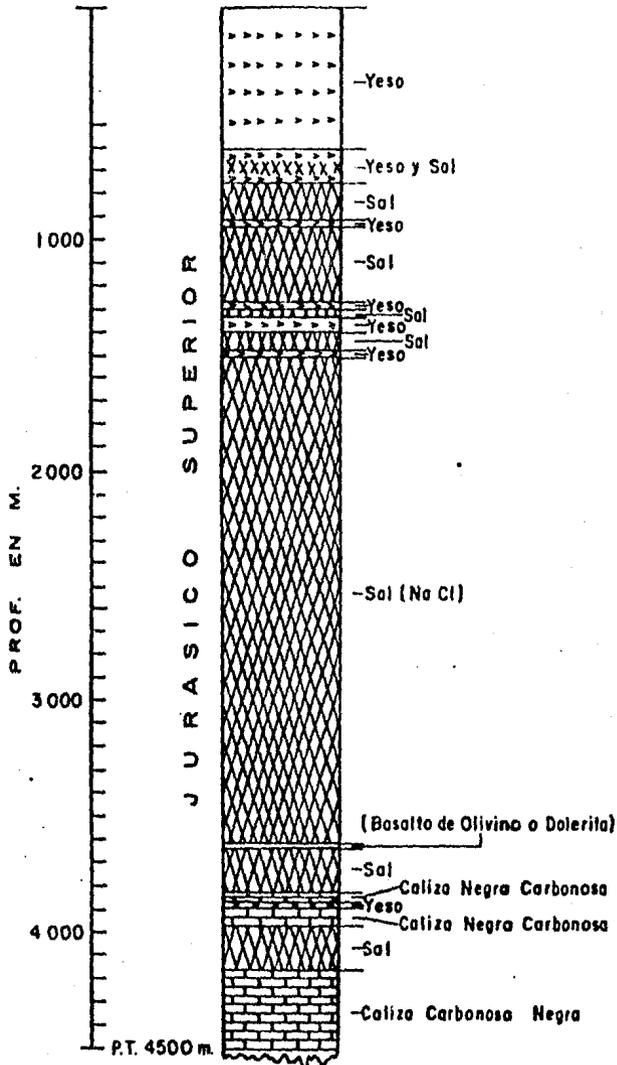
FIGURA 5.3

Tomada de Geoca, S.A., 1983

CAFAGGI FELIX F. DE J. Y SILVA GAMBOA D. A.

TESIS PROFESIONAL UNAM 1985

POZO MINAS VIEJAS N° 1
CORTE LITOLÓGICO



TOMADO DE LOPEZ RAMOS, 1986

FIGURA 5.4

producto del metamorfismo en las calizas de las formaciones Cupido o Aurora y la presencia de minerales metamórficos como el -- granate.

6. ESTRATIGRAFIA

En la Sierra de Gomas se encuentran expuestas nueve formaciones claramente distinguibles compuestas de rocas marinas calcáreas y arcillosas; distribuidas a lo largo de la estructura¹ -- (ver plano 6.1). La unidad aflorante más antigua es el Grupo La-Casita correspondiente al Jurásico Superior (Fig. 6.1) y se localiza únicamente en el potrero de la sierra. El Cretácico está representado por las formaciones Taraises, Cupido, La Peña, Aurora, Kiamichi, Grupo Washita Indiferenciado, Eagle Ford y Austin²; ésta última es la formación expuesta más reciente y corresponde a la parte media del Cretácico Superior. Los últimos períodos del Cretácico Superior, el Campaniano y el Maestrichtiano, están representados en la parte occidental del área, por las formaciones del Grupo Taylor (Upson Clay, San Miguel, Olmos y Escondido) y en la parte oriental por la Formación Méndez que es equivalente a las anteriores (López Ticha, 1962); estas formaciones se encuentran cubiertas de aluvión y constituyen el núcleo de los sinclinales adyacentes a uno y otro flanco de la Sierra de Gomas con afloramientos reducidos observables sólo en el corte producido por algunos arroyos. En el área de estudio el Terciario y el Cuaternario están representados por sedimentos continentales derivados de las rocas mesozoicas.

¹ La columna sedimentaria mesozoica expuesta, en la Sierra de Gomas fue medida por López Ticha en 1962, quien reportó 2900 metros aproximadamente.

² Los términos americanos empleados tienen origen en la estratigrafía de Texas y se han conservado para algunas formaciones del norte de México, teniendo aceptación en la lexicografía estratigráfica mexicana.

TABLA DE CORRELACION

		N. DE COAHUILA		S. DE COAHUILA	REGION DE PARRAS	GOLFO DE SABINAS			
		Smith, 1970 ^①		R. Garza, 1973 ^②	Tordy, 1972 ^②	Mendoza, 1976 ^②	SIERRA DE GOMAS ^②		
		EUROPEO					P. ORIENTE	P. OCCIDENTE	
CRETACICO SUPERIOR	MAESTRENIANO	ESCONDIDO - OLMO		GRUPO DIFUNTA	DIFUNTA	CZ. MONCLOVA	GRUPO WASHITA	GRUPO WASHITA	
	CAMPARIANO	TAYLORMAN		LUTITA PARRAS	LUTITA PARRAS	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	SANTONIANO	WILL TERLINGA		SAN FELIPE	SAN FELIPE	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	CONIACIANO	AUSTIN		SAN FELIPE	SAN FELIPE	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	TURONIANO	EAGLE FORD		INDIDURA	INDIDURA	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	CENOMANIANO	EAGLE FORD		INDIDURA	INDIDURA	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
CRETACICO INFERIOR	ALBIANO SUPERIOR	SANTA ELENA		VIESCA	CUESTA DEL CURA	CZ. MONCLOVA	GRUPO WASHITA	GRUPO WASHITA	
	MEDIO	DEL CARMEN		AURORA ACATITA	TANAUCLIPAS	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	INFERIOR	AURORA		PAILA	TANAUCLIPAS	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	BAMBASIANO	LA PEÑA		LA PEÑA	LA PEÑA	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	BIBOLIANO	CUPIDO		LA UVA	CUPIDO	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	MARBERIANO	LA MULA		SAN RAFAEL	CUPIDO	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	NAUTERVIANO	PADI, LA		SACRAMENTO	CUPIDO	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	MOLANIANO	BARRIL VIEJO		TARAIBES	TARAIBES	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	MENCHACIANO	MENCHACA		MENCHACA	TARAIBES	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
	COLOMBIANO	COLOMBADA		COLOMBADA	TARAIBES	CZ. MONCLOVA	INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO	
JURASICO SUPERIOR	PORTLANDIANO			LA CASITA	LA CAJA	CZ. MONCLOVA	GRUPO	GRUPO	
	NUMEROSIANO			(LA CASITA)	LA CAJA	LA CASITA	CZ. MONCLOVA	GRUPO	GRUPO
	ARCOVIANO			CZ. ZULCABA	SPO. ZULCABA	LA CASITA	CZ. MONCLOVA	GRUPO	GRUPO
	DIVESIANO			R. LA GLORIA	(CALIZAS, DOLOMIAS Y YESO Y SAL)	LA CASITA	CZ. MONCLOVA	GRUPO	GRUPO

CAPASSI FELIX Rdo. y SILVA GANSA D. A., TESIS PROFESIONAL, 1986

FIGURA 6.1

NOTAS: ① Tomado de López R., 1980
 ② Modificado de López T., 1962

6.1. JURASICO

6.1.1. GRUPO LA CASITA. (Jc)

Definición.- En 1936 Imlay definió con el nombre de Formación La Casita a una secuencia de lutita negra fosilífera, arenisca, arenisca conglomerática e intercalaciones de caliza, con localidad tipo en el Cañón La Casita, en la Sierra de Parras, Coahuila. Posteriormente, Humphrey (1956) la elevó al rango de grupo para comprender todos los sedimentos del Kimmeridgiano al Portlandiano que sobreyacen al Grupo Zuloaga en el noreste de México.

Litología.- En la Sierra de Gomas el Grupo La Casita consiste de lutita calcárea de color cenizo a café amarillento al fresco y café parduzco al intemperismo, intercalada con caliza arcillosa de coloración violácea. La caliza se presenta en estratos de 20 a 40 centímetros de espesor y comprende un 10% de la secuencia, la lutita constituye el 90% restante. Esta unidad se encuentra cubierta por aluvión, aflorando sólo en algunas localidades. López Ticha (op. cit.) midió en el flanco oriental de la Sierra de Gomas 329 metros de esta unidad sin llegar al límite inferior, no expuesto.

Relaciones Estratigráficas.- El contacto inferior del Grupo La Casita no se encuentra expuesto en la Sierra de Gomas, pero en la adyacente Sierra de Minas Viejas sobreyace a la Cali-

za Zuloaga (Wall, et.al, 1961). El contacto superior es transicional y generalmente se marca donde aumenta el porcentaje de caliza que corresponde a la Formación Taraises.

Edad y Correlación.- Al Grupo La Casita por su contenido faunístico se le ha datado del Kimmeridgiano al Portlandiano (C.C. Albera, en Padilla y Sánchez, 1982). Los principales fósiles son ostrácodos y foraminíferos, muestreados por Albera (op. cit.) en el cañón El Chorro próximo a Saltillo:

Foraminíferos

Citharina entypomatus

Citharina lepida

Lenticulina dilecta

Lenticulina gaultina

Lenticulina guttata

Lenticulina nodosa

Marsonella trochus

Planularia cordiformis

Saracenaria cornucopia

Throcholina sp.

Ostrácodos

Cyprideis pfannensteili

Hutsonia sp.

Schuleridea triangularis

El Grupo La Casita se correlaciona con la Formación La Caja del norte y centro de México, con las formaciones Pimienta y Tamán de la Cuenca Tampico-Misantla, con la porción superior de la Formación Todos los Santos y la Formación Salina en el Istmo de Tehuantepec.

Sedimentología.- Los sedimentos de esta unidad se depositaron en aguas someras rodeando tierras emergidas del Jurásico que aportaron los sedimentos clásticos. Imlay (1936) la clasificó como una facies infralitoral del Geosinclinal Mexicano.

6.2. CRETACICO

6.2.1. FORMACION TARAISES. (Kt)

Definición.- La Formación Taraises también fue definida por Imlay en 1936, tiene su localidad tipo en el Cañón Taraises en la parte oeste de la Sierra de Parras, Coahuila. En esa localidad tiene un espesor de 70 metros y se presenta como una unidad fosilífera de caliza en capas delgadas de 30 a 60cm de espesor, con intercalaciones de lutita y se localiza entre el Grupo La Casita y la Formación Las Vigas.

Litología.- López Ticha (1962) reportó, en el flanco oriental de la Sierra de Gómas, 397 metros de la Formación Taraises y la dividió en tres miembros litológicos que presentan características petrográficas distintivas: el miembro inferior está formado por caliza algo arcillosa de color gris al intemperismo y negro a la fractura, en estratos de 20 a 30 cm de espesor, intercalada con paquetes de 30cm de lutita calcárea laminar, negra al fresco y gris pardo a la intemperie.

El miembro medio consiste de caliza gris oscura a negra en estratos de 40 a 60cm con esporádicas intercalaciones -

de lutita gris verdosa.

El miembro superior está formado por lutita deleznable algo calcárea, de color gris ocre al intemperismo y negro al fresco, con intercalaciones escasas de estratos de caliza arcillosa de 30 cm de espesor que presenta los mismos colores que la lutita. La lutita se exhibe en paquetes de hasta 3 metros de ancho. En algunos horizontes presenta restos fósiles de amonitas.

Relaciones Estratigráficas.- En la Sierra de Gomas el contacto inferior de la Formación Taraises es transicional con el Grupo La Casita, mientras que el contacto superior es nítido y concordante con la Formación Cupido y se fija donde desaparece la lutita calcárea, esto se manifiesta fisiográficamente por el contraste entre los escarpes de la Cupido y la topografía suave de la Taraises.

Edad y Correlación.- La Formación Taraises, por su posición estratigráfica y por contener fósiles como: Belemnites sp., Olcostephanus coahuilensis (Imlay), Calpionellopesis oblonga (Caldish), Lorenziella hungarica (Knauer y Nagy), Pithonella ovalis (Kaufman), ha sido datada por varios autores (Imlay, 1936; Padilla y Sánchez, 1982; López Ticha, 1962) correspondiendo al período que va del Berriasiano al Huateriviano Inferior. Se correlaciona con las formaciones Menchaca, Colorada y Barril Viejo del Golfo de Sabinas y con la Formación Hosston del sur de Texas.

Sedimentología.- Imlay (1944) consideró a esta formación como una facies extralitoral del Geosinclinal Mexicano. Su litología y contenido faunístico determinan un ambiente de depósito de aguas someras con algunas irregularidades topográficas - que no permitieron el depósito continuo desde el Berriasiano. La cima de esta formación se depositó en mares someros de agua predominantemente clara y de buena circulación que permitieron el desarrollo de abundante fauna bentónica.

6.2.2. FORMACION CUPIDO (Kc)

Definición.- En 1937, Imlay describió a la unidad -- calcárea entre las formaciones Taraises y La Peña dándole el nombre de Formación Cupido. La localidad tipo de esta unidad está en el Cañón del Mimbres en la Sierra de Parras, Coahuila, en donde consiste de 300 metros de caliza gris en capas gruesas a medias.

Litología.- En el flanco oriental de la Sierra de Gomas la Formación Cupido tiene un espesor de 1271 metros y de 910 metros en el flanco occidental. En esta sierra se aprecian tres miembros de características litológicas distinguibles (López Ticha, 1962): el miembro inferior está compuesto por caliza de estratificación media (de 20 a 40 centímetros de espesor), color amarillo ocre al intemperismo y negro a la fractura; tiene escasas interestratificaciones de lutita verde a amarilla; además, - presenta vetas de calcita de 3 centímetros de ancho. El miembro

intermedio está constituido por caliza gris azulosa al intemperismo y negro al fresco, con algunos nódulos de pedernal negro y estilolitas; se presenta en estratos que van de 30 a 80 centímetros de espesor. El miembro superior está formado por caliza arrecifal, localmente cavernosa, con estratos masivos de hasta 15 metros, color gris oscuro.

Relaciones Estratigráficas.- La Formación Cupido sobreyace concordantemente a la Formación Taraises. El contacto entre ambas unidades es nítido. El contacto superior con la Formación La Peña también es concordante, no transicional, y se nota en el terreno por el cambio fisiográfico entre la erosión suave de las lutitas de la Formación La Peña suprayacente y los escarpes de la Cupido.

Edad y Correlación.- La Formación Cupido ha sido data da en base a los fósiles encontrados en otras regiones como perteneciente al lapso del Hauteriviano Superior al Aptiano Inferior. En la región de San Rafael-El Carmen, Coahuila, Padilla y Sánchez (1982) encontró los siguientes fósiles:

Pseudohaploceras sp.

Hemicrioceras sp.

Saynoceras mexicanum (Imlay)

Anclyloceras sp.

Procheloniceras sp.

Nannoconus bermudezi (Bronniman)

Nannoconus elongatus (Bronniman)

Nannoconus steinmanni (Kamptner)

La Formación Cupido se correlaciona con la Formación -
Tamaulipas Inferior de la Cuenca Tampico-Misantla; con la forma
ción Sligo, del sur y centro de Texas; con las formaciones La -
Uva, San Marcos, La Mula, Padilla y Barril Viejo en el Estado -
de Coahuila; con la Formación Cuautla en Morelos y Guerrero.

Sedimentología.- Imlay (1944) consideró a la Formación
Cupido como una facies extralitoral del Geosinclinal Mexicano.-
Por la fauna y la litología se deduce que se depositó en un am-
biente de agua profunda y tranquila. La litología de la por- -
ción superior de la formación es indicativa de una facies arre-
cifal desarrollada en un ambiente somero con agua clara y tibia.

6.2.3. FORMACION LA PEÑA (Kp)

Definición.- Esta formación fue definida por Imlay - -
(1936) que la consideró formada por dos cuerpos, el inferior de
caliza y el superior de lutita con algo de caliza. En 1949, Hum- --
phrey, en la Sierra de los Muertos, Nuevo León, separó el miem-
bro inferior y lo incluyó dentro de la Formación Cupido. La lo

calidad tipo de esta unidad se encuentra en el flanco norte de la Sierra de Taraises, cerca de la hacienda de La Peña, Coahuila, donde consiste de caliza y caliza arcillosa gris claro amarillento en estratos delgados.

Litología.- En la Sierra de Gomas esta unidad exhibe diferente espesor de un flanco a otro, mostrando al oriente solamente 24 metros en contraste con los 66 metros del lado occidental. En esta sierra consiste de lutita laminar gris - - - oscura con escasas intercalaciones delgadas de caliza y margas de color gris oscuro a negro; contiene abundantes restos fósiles de amonitas.

Relaciones Estratigráficas.- Esta formación sobreyace a la Formación Cupido. EL contacto superior con la Formación Aurora está representado por un cambio fisiográfico notable donde terminan las lutitas. Ambos contactos son nítidos y concordantes.

Edad y Correlación.- Por su posición estratigráfica - y por su contenido de fósiles, entre los que destacan: Dufrenoya justinae (Hill) y Colombiceras sp., Humphrey (1956) la dató con edad del Aptiano Superior. Se correlaciona con la Formación Otates de la Cuenca Sedimentaria Tampico-Misantla; con la Formación Cuchillo, en Chihuahua; con la Formación Las Uvas, de la región Acaticita-Las Delicias, Coahuila, y con la Formación Pearsal en el sur y centro de Texas.

Sedimentología.- Humphrey (1956) consideró que la - -

Formación La Peña, por su litología y contenido faunístico, re--
presenta un ambiente con gran aporte de terrígenos finos.

6.2.4. FORMACION AURORA. (Kau)

Definición.- La Formación Aurora fue definida por Burrows en 1910 con el nombre de Caliza Aurora con localidad tipo en la mina de La Aurora, en la Sierra de Cuchillo Parado en Chihuahua, donde consiste de estratos gruesos de caliza casi pura - con concreciones de pedernal y de hematita. En 1956, Humphrey - propuso modificar la nomenclatura para incluir a las rocas calcáreas del noreste de México que se encuentran localizadas estratigráficamente entre las formaciones La Peña y Cuesta del Cura o - sus equivalentes y le dió el rango de formación.

Litología.- En el flanco oriental de la Sierra de Gomas consiste de 270 metros de caliza de estratificación mediana-a gruesa (de 30 a 80 cms de espesor), color gris al intemperismo y gris oscuro a la fractura. Presenta nódulos de hematita y de pedernal negro. La parte media de esta formación muestra caliza masiva de color gris cobrizo al intemperismo y gris claro al -- fresco con textura de grano grueso.

Relaciones Estratigráficas.- El contacto inferior de la Formación Aurora es concordante y nítido con la Formación La Peña y fue descrito anteriormente. El contacto superior, en la zona de estudio, con la Formación Kiamichi es nítido y concor--

dante fijándose donde aparecen sedimentos arcillosos.

Edad y Correlación.- El M.C. Alvaro Ponce de León del I.M.P. describió muestras de fósiles del área de la Perla, Chihuahua (en: Castillo, 1982) y la dató con edad del Albiano Inferior al Albiano Medio. Los fósiles descritos fueron: Orbitolina walnutensis, Orbitolina texana, Coskinolinoide sp., Nummonoloculina heimi y otros miliólidos y gasterópodos. Se correlaciona con las Formaciones Cuesta del Cura, Tamaulipas, El Abra y Tamba de la parte centro oriental de México y con las Formaciones Glen Rose y Del Carmen de la Cuenca de Maverick, Texas.

Sedimentología.- Humphrey (1956) consideró que los sedimentos de la Formación Aurora representan una facies extralitoral de aguas someras.

6.2.5. FORMACION KIAMICHI (Kk)

Definición.- Originalmente Hill en 1891 llamó a esta formación Arcillas Kiamichi con localidad tipo en la planicie del Río Kiamichi, próxima a Fort Towson, Oklahoma.¹ En 1944 Imlay -- consideró que la unidad formada por margas y calizas de estratificación delgada con la amonita Oxitropidoceras que aflora al -- norte de Nuevo León, Coahuila y el oriente de Chihuahua, ocupa la misma posición estratigráfica que las lutitas Kiamichi de Texas.

¹En Adkins, 1932.

Litología.- En la Sierra de Gomas la Formación Kiamichi tiene un espesor de 54 metros y en su parte basal está constituida por lutita gris con escasas interestratificaciones de caliza gris en capas delgadas, de 10 a 15 centímetros de espesor. En la parte media de esta formación la litología consiste de caliza en estratos delgados a medios (de 15 a 50 cm). La parte superior es similar a la parte basal.

Relaciones Estratigráficas.- El contacto inferior es nítido y concordante con la Formación Aurora. La Formación Kiamichi subyace al Grupo Washita Indiferenciado en contacto concordante y nítido que coincide con la aparición de caliza con lentes de pedernal.

Edad y Correlación.- Tanto Imlay (1944) como Humphrey (1956) consideraron que esta formación, por contener Oxitropidoceras, tiene una edad del Albiano Medio. Se correlaciona con la formaciones Tamaulipas Superior, Viesca y la Caliza Monclova - - en la porción central de Coahuila y con la Formación Del Carmen - al norte del mismo estado.

Sedimentología.- Humphrey (1956) establece que la litología de esta formación representa un ambiente nerítico profundo, con gran aporte de terrígenos derivados de las áreas continentales.

6.2.6. GRUPO WASHITA INDIFERENCIADO (Kw)

Definición.- Shumard en 1860 propuso el término de Caliza Washita con localidad tipo en Fort-Washita, Oklahoma. Posteriormente, el término sufrió varias modificaciones, tanto en nomenclatura como en sus componentes, hasta que se elevó al rango de Grupo Washita (White, 1891, en: Adkins, 1932). En el noreste de México, en 1956, el doctor Humphrey usó el nombre de Grupo -- Washita Indiferenciado para los estratos de edad Albiano Superior-Cenomaniano Inferior, equivalente a la Formación Cuesta del Cura y cuya litología es transicional entre las facies Cuesta del Cura-Georgetown, Del Río y Buda, las que constituyen propiamente el Grupo Washita.

Litología.- Esta unidad presenta diferente intensidad en su espesor de un flanco a otro de la Sierra de Gomas, 147 metros en el lado oriental y 125 metros en el occidental. En la zona de estudio está compuesta de caliza gris al intemperismo y gris oscura al fresco, en estratos de 30 a 55 cm de espesor con nódulos, lentes y pseudocapas de pedernal negro. La parte media de esta unidad tiene un pequeño horizonte (4 metros) de lutita y marga gris con abundantes nódulos de hematita que al intemperizarse proporcionan un color café rojizo a todo el horizonte.

Relaciones Estratigráficas.- el grupo sobreyace a la Formación Kiamichi en forma nítida y concordante subyace a la -

Formación Eagle Ford también en contacto nítido y concordante, - que corresponde fisiográficamente con el inicio del valle característico de las capas arcillosas de la Eagle Ford.

Edad y Correlación.- En la Sierra de Pichachos, Nuevo León, Bishop (1964) encontró y describió Rugoglobigerina sp. y - Globorotalia sp., por lo que dató al Grupo Washita Indiferenciado con edad del Albiano Superior al Cenomaniano Inferior. Se correlaciona con la Formación Cuesta del Cura y con la Caliza Monclova.

Sedimentología.- Humphrey (1956) consideró que la litología de esta unidad representa una secuencia oscilante de depósito en la que predominó un ambiente nerítico profundo de condiciones reductoras con escaso aporte de terrígenos.

6.2.7. FORMACION EAGLE FORD (Kef)

Definición.-" La primera mención del nombre Eagle Ford, en la literatura geológica de Texas, fue adoptada por Roemer - quien en 1852, en la región de New Braunfels, incluyó en la descripción de las formaciones las de lutitas negras Eagle Ford, -- que contienen restos de peces. Posteriormente Hill (1887), encuentra situados estos estratos en la base de la serie del Golfo de México y sobre las arenas Woodbine y fue el primero que aplicó el nombre de Lutitas Eagle Ford. La localidad tipo se encuentra en el Condado de Dallas, Texas"¹. En el noreste de México se-

¹Tomado de Adkins, 1932.

define la Formación Eagle Ford para los sedimentos arcillo-calcáreos que sobreyacen al Grupo Washita Indiferenciado y subyacen a la Formación Austin o a sus equivalentes (Bishop, 1964).

Litología.- La Formación Eagle Ford en la Sierra de Gomas tiene espesores de 147 y 181 metros en el flanco oriental y occidental, respectivamente. La parte basal representa el 35% del total y consiste de caliza arcillosa de color gris amarillento a la intemperie y gris claro al fresco, en estratos de 10 a 30 centímetros de espesor con escasos nódulos pequeños de peder- nal negro y de hematita. Este horizonte presenta algunas intercalaciones de lutita gris verdosa, laminar, en paquetes de 5 cen- tímeters de espesor. La parte media de la formación lo componen interestratificaciones de lutita y caliza laminares, de color -- gris a negro al fresco y café amarillento el intemperismo que re- presentan el 60% del total de la unidad. El 5% restante de la - formación corresponde a la parte superior formada por lutita cal- cárea gris verdosa, en capas delgadas de 5 a 15 centímetros de - espesor.

Relaciones Estratigráficas.- Esta unidad sobreyace - en contacto nítido y concordante al Grupo Washita Indiferencia-- do. El contacto superior es concordante y transicional con la - Formación Austin y se ha marcado arbitrariamente en donde desapa- recen las lutitas y calizas laminares y empieza un pequeño escar- pe formado por caliza.

Edad y Correlación.- En otras regiones, varios autores han datado a esta formación; Bishop (1964) en la Sierra de Picachos describió los siguientes fósiles: Rotalipora sp., Pitonella ovalis (Kaufman), Heteroheli mediano, Pitonella trejoi (Bonnet), Inoceramus labiatus (Schlotheim) y la dató con edad del Cenomaniano Superior al Turoniano. Se correlaciona con el Grupo Woodbine y el Grupo Eagle Ford de Texas; con la Formación Agua Nueva, de la Cuenca Sedimentaria de Tampico Misantla; con la Formación Indidura de la Plataforma de San Luis Valles y con la formación San Felipe en la región de Parras.

Sedimentología.- Por el contenido litológico y faunístico de la Formación Eagle Ford, se considera que se depositó en un ambiente nerítico con aguas de baja energía y con gran aporte de material terrígeno.

6.2.8. FORMACION AUSTIN (Ka)

Definición.- El término Caliza Austin fue aplicado por Shumard (1860) para una serie de rocas calcáreas que afloran en Austin, Texas¹; en el noreste de México es usada como Formación Austin para nombrara aquellos estratos que sobreyacen a la Formación Eagle y Ford y subyacen a la Formación Méndez o sus equivalentes (Bishop, 1964).

Litología.- López Ticha (1962) midió en la Sierra de Gomas 240 metros de esta unidad; sin embargo, su espesor no es -

¹(White, 1891 en Adkins, 1932)

completo porque no aflora el contacto superior por estar cubierto por aluvi3n. La Formaci3n Austin est3 formada en su parte basal por caliza-arcillosa gris a gris oscuro en estratos delgados a medios (10 a 30 cent3metros) que intemperizan en color amarillo y representan el 70% del total de la formaci3n. El 20% intermedio de la formaci3n est3 compuesto por interestratificaciones de lutita y caliza laminares. El 10% restante lo compone lutita gris verdosa que representa la parte superior.

Relaciones Estratigr3ficas.- El contacto de la Formaci3n Austin con la Formaci3n Eagle Ford subyacente es concordante y transicional y fue descrito anteriormente. El contacto superior es con la Formaci3n M3ndez en la parte oriental y con la Formaci3n Upson Clay en la parte occidental, estos contactos superiores no se observan por estar cubiertos por aluvi3n, pero en otras regiones son concordantes y transicionales (L3pez Ramos, - 1980).

Edad y Correlaci3n.- Bishop (1964) encontr3 los siguientes f3siles en la Sierra de Picachos: Calcisphaerula innominata (Bonet), Rotaliposa sp., Heteroheli sp. e Inoceramus undulaticatus (Roemer), y dat3 a la Formaci3n Austin con una edad del Coniaciano al Santoniano. Se correlaciona con las formaciones San Felipe, Caracol y Lutitas Parras.

Sedimentolog3a.- Los sedimentos calc3reo arcillosos-

de la Formación Austin son representativos de un ambiente nerítico alejado de costa.

6.3. Terciario (Tb)

En la Sierra de Gomas se presentan aisladamente afloramientos de material calcáreo ~~brechid~~ de origen continental tanto en el cuerpo de la estructura como en los flancos. A dicho material los autores le asignamos una edad terciaria por relaciones estratigráficas, aunque pudiese llegar inclusive al Cuaternario.

El material se presenta fragmentado, anguloso, con una amplia gama de tamaños, de color gris oscuro, escasamente consolidado; normalmente carece de matriz, pero cuando se presenta es areno-arcillosa, de color gris claro y origen calcáreo. No tiene orientación ni estructura definida. La roca madre de los fragmentos ubicados dentro de la sierra es normalmente la Formación Cupido, mientras que los afloramientos de los flancos probablemente tienen como origen a la Formación Austin.

6.4. Cuaternario (Qal)

El Cuaternario en la zona de estudio está representado por depósitos de material suelto de origen continental. Estos depósitos son aluviales, producto de la erosión de las rocas de las partes altas; consiste en material gravoarcilloso, cuyas partículas gruesas son de caliza. Los depósitos aluviales se

han acumulado en los valles ubicados a uno y otro lado de la sierra, así como en los potreros formados en la porción central de la estructura.

7. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las estructuras ubicadas en lo que fue el Golfo de Sabinas son anticlinales alargados y angostos separados por valles amplios y con orientación preferencial de los ejes NW-SE. La Sierra de Gomas tiene una longitud total aproximada de 60 km y amplitud máxima, en la porción central, de unos 10km considerando el contacto Eagle Ford-Austin; la orientación preferencial del eje de la sierra es NW20°SE (Plano 6.1).

La forma que presenta la sierra es de una integral invertida (U), se constituye por un anticlinal asimétrico doblemente buzante que aloja dos pequeños pliegues anticlinales paralelos flanqueando al eje principal, a unos 1500m al poniente y 2000m al oriente; la intensidad de los echados difiere en más de 20° de un flanco a otro, teniendo al occidente intensidades de 50° a 80° y al oriente de 30° a 60°, mientras que en el eje de la sierra los echados se encuentran casi horizontales.

El pliegue anticlinal principal abre en la Formación Cupido en casi todo lo largo de su eje a excepción de algunos lugares, en los extremos de la sierra, donde corona la Formación Aurora (Plano 6.1). El pliegue anticlinal oriental se encuentra centrado en el cuerpo de la Sierra y tiene un eje con longitud de unos 19km en su porción central, que coincide con el potrero de la sierra, abre en el Grupo La Casita, continúa en la Formación Taraises y hacia sus extremos en las Formaciones Taraises y Cupi-

do; el pliegue anticlinal occidental es casi paralelo al anterior, su longitud es de unos 15km, abre en la Formación Cupido y en -- los cortes de la red fluvial, a manera de pequeñas ventanas estructurales, abre la Formación Taraises (Plano 6.1).

Los ejes de los sinclinales, ubicados entre el anticli-- nal mayor y los secundarios, son básicamente inferidos, manifes-- tándose superficialmente en afloramientos muy reducidos.

Por otro lado, la estructura está afectada por pequeñas fracturas y fallas muy locales. La traza de la fractura mayor -- tiene unos 3000m de longitud, sin embargo la mayoría no mide más -- de 2000m; la orientación preferencial de las fracturas es NE-SW -- en contraposición a la dirección del eje de la estructura (NW-SE), se ubican principalmente dentro de la Formación Cupido; por ser -- zonas de debilidad se han integrado al drenaje de la sierra. Las fallas cartografiadas se ubican normalmente en las partes más al-- tas de la sierra en la Formación Cupido y son responsables de la -- topografía abrupta (escarpes) así como de la acumulación de mate-- rial fragmentado (descrito anteriormente como brechas de colapso-- terciarias).

En el plano 7.1 se muestran las secciones del plano -- 6.1, en ellas se interpretan los rasgos estructurales marcados en el plano geológico modificados por una concentración de evapori-- tas que se justifica en los capítulos siguientes.

En los cuatro cortes geológicos se observa el corte -- transversal del cilindro horizontal propuesto a partir de la in-- formación gravimétrica y la interpretación de la posición y forma probables de la masa salina. En estos cortes se aprecia que la - sal se encuentra en el centro de la estructura y desfasada hacia - el oriente del núcleo, intrusionando y acuñando a las formaciones - Minas Viejas (¿miembro yesífero?), Zuloaga (¿?), Grupo La Casita y la base de la Taraises.

Para la construcción de los cortes se le asignó un es- pesor de 1300 metros al Grupo La Casita y unos 200m a la Forma- - ción Zuloaga, espesores similares a los encontrados en sierras -- próximas a la de Gomas (Jardines, Minas Viejas y El Fraile).

8. GRAVIMETRIA.

En el presente capítulo se menciona el tipo de levantamiento gravimétrico, los parámetros utilizados en el mismo y en la separación de anomalías y, finalmente, se describen los planos obtenidos de Anomalías de Bouguer, Regional y Residual. En los --- Apendices Gravimétricos, al final del texto, se pretende explicar de una manera somera el método empleado durante el levantamiento y la manera en que se realizaron los cálculos y correcciones.

El levantamiento gravimétrico efectuado fue del tipo - semidetalle para exploración petrolera; se pretendió cubrir el - área con una malla de 4km x 4km con estaciones gravimétricas a cada 500m. Los parámetros utilizados en el cálculo son:

Datum (nivel de referencia): Nivel del Mar

Densidad promedio en la región: 2.4g/cm^3

Las correcciones hechas a la gravedad observada son -- por altitud (involucrando a la corrección de Bouguer y de aire libre) y por rugosidad. La gravedad teórica fue calculada a partir de la Fórmula Internacional de Gravedad de 1930 (Nettleton, 1976). La fórmula empleada para obtener la Anomalía de Bouguer (A.B.) en cada estación gravimétrica del estudio es:

A.B. = Gravedad Observada - Gravedad Teórica

Con los datos de Anomalía de Bouguer de cada estación gravimétrica se configuró el Plano de Anomalía de Bouguer (Plano 8.1). A la configuración de Anomalía de Bouguer se le aplicó un filtro a fin de separar la Anomalía Regional (Plano 8.2) de la Anomalía Residual (Plano 8.3) y así resaltar cada uno de los efectos que se implican. El filtro utilizado es el del operador de nueve puntos en cuadro, con espaciamento entre puntos de 2km.

8.1. ANOMALIA DE BOUGUER

En el plano de Anomalía de Bouguer (Plano 8.1) se configuró la suma de los efectos de cuerpos ubicados a profundidad (de efecto regional), como puede ser el basamento y los efectos de cuerpos relativamente someros (de efecto residual), como pueden ser pliegues de la cobertura sedimentaria, cuerpos intrusivos locales, domos salinos, etc. Por lo tanto, el plano muestra una configuración en la que las curvas isoanómalas exhiben estructuras residuales y una tendencia regional.

El rasgo más sobresaliente del plano es la caída gravimétrica en dirección al suroeste con un gradiente de 310u.g en 35km . La caída de gravedad se ve resaltada por un mínimo gravimétrico que coincide con la porción central de la Sierra de Gomas, la estructura es cerrada y tiene un cierre mayor a -120u.g . a partir de la curva -750u.g . Por otro lado, las curvas se observan sinuosas y muestran pequeños cierres estructurales aislados, sin alineación, de 10u.g ., tanto positivos como negativos y aparente--

mente de menor importancia.

Debido a la ubicación de la zona estudiada respecto a los elementos paleogeográficos del Jurásico Superior, en la porción centro-oriental del Golfo de Sabinas teniendo muy próximo, - al este, el Archipiélago de Tamaulipas y al sursuroeste el Antiguuo Mar Mexicano, puede interpretarse que el gradiente gravimétrico señala la dirección de profundización del fondo marino, o sea del basamento Pre-Jurásico Superior. Por otro lado, la presencia del mínimo gravimétrico implica la existencia de un cuerpo de baja densidad en el subsuelo de la Sierra de Gomas, dicho cuerpo puede explicarse geológicamente como una masa salina.

8.2 ANOMALIA REGIONAL

En el Plano de Anomalía Regional (Plano 8.2) se configuró el efecto regional de la Anomalía de Bouguer. En el plano se muestra una configuración muy nítida en donde las curvas isoanómalas se observan escasamente sinuosas.

La tendencia regional de la caída gravimétrica, observada en el plano de Anomalía de Bouguer, es más clara y se manifiesta por un gradiente similar, 280u.g. en 33km. Sin embargo, -- persiste el mínimo gravimétrico, a dicha estructura se le denominó Mínimo Gomas y se manifiesta por un cierre estructural mayor a 70 u.g. a partir de la curva -750u.g. y tiene un eje de 17km paralelo al del anticlinal que forma la sierra y con el cual casi-

coincide.

Debido a que el operador utilizado en la separación de anomalías no fue capaz de anular el efecto residual del cuerpo, seguramente salino, se interpreta que la masa de baja densidad debe ser de dimensiones considerables y seguramente somera.

8.3 ANOMALIA RESIDUAL

En el plano de Anomalía Residual (Plano 8.3) se configuró el efecto residual de la Anomalía de Bouguer. Las curvas -- isoanómalas muestran tres alineamientos estructurales relativamente paralelos entre sí y a la vez al eje del anticlinal que forma la Sierra de Gomas.

El alineamiento central denominado Mínimo Gomas, está formado por cuatro cierres de -10, -40, -15 y -5 u.g. de norte a sur, tiene una longitud de unos 34km y se aloja la porción central de la Sierra de Gomas. El alineamiento oriental, denominado Máximo El Potrero, está definido por dos cierres estructurales de +15 y + 10 u.g., tiene una longitud de unos 18km y se aloja en el flanco este de la sierra. Finalmente, el alineamiento occidental, denominado Máximo Fresnos, está formado por dos estructuras, una cerrada de +25 u.g. y la otra abierta de +5 u.g.; tiene una longitud de unos 29km y se aloja en el flanco oeste de la sierra.

Normalmente el efecto gravimétrico residual, de una

sierra anticlinal es el de un máximo gravimétrico cuyo eje es aproximadamente coincidente con el de la sierra; sin embargo, para -- nuestro caso, la estructura coincidente con el eje de la sierra es un mínimo y se encuentra flanqueando, dentro del cuerpo de la sierra, por una par de máximos gravimétricos. De acuerdo a la interpretación inicial de los planos de Anomalía de Bouguer y Regional en el subsuelo posiblemente se encuentra una masa salina, por lo -- tanto el efecto del cuerpo de menor densidad, sal, es el de un mínimo local dentro de lo que debería ser una sola estructura máxima o sea que dividió al máximo esperado en dos estructuras positivas y una negativa central. Más adelante, en el capítulo 10, se fundamenta la idea de la presencia de sal en el subsuelo de la -- Sierra de Gomas, así como la de profundización del basamento hacia el suroeste.

III INTERPRETACION GEOLOGICO-GRAVIMETRICA

III, INTERPRETACION GEOLOGICO-GRAVIMETRICA

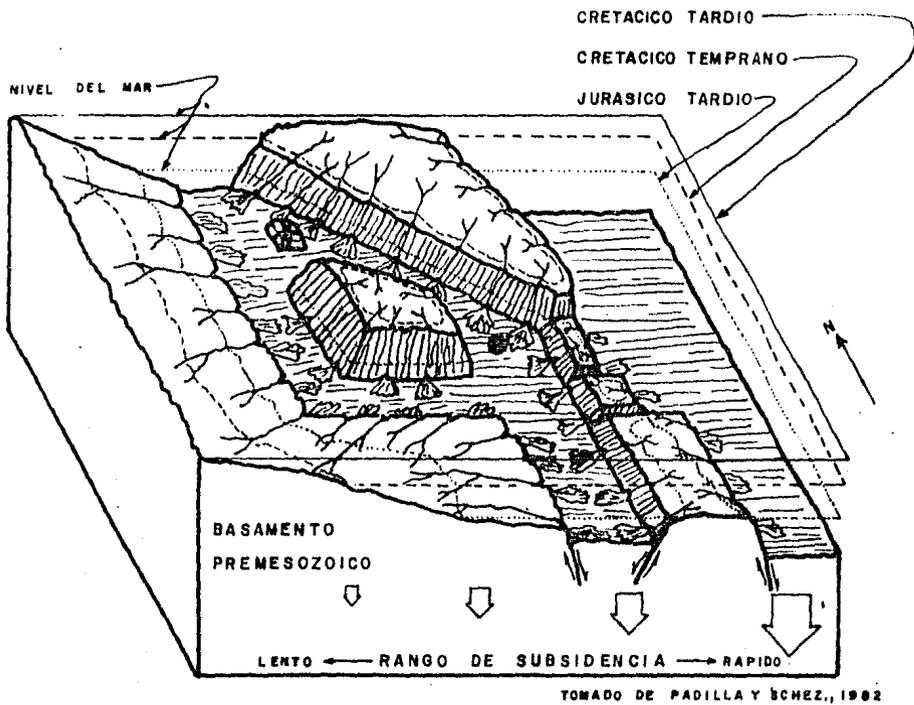
En los siguientes capítulos se interpreta la información recabada y expuesta anteriormente. Primeramente se comenta la evolución geológica de la región a partir del Jurásico Superior. A continuación se le da a la información gravimétrica obtenida un significado geológico, tanto a nivel regional como local y se comentan sus implicaciones; asimismo, se efectúa un modelaje calculando la profundidad posible a la que puede ser encontrada la cima de un cuerpo salino en el subsuelo de la Sierra de Gomas. Finalmente se explica el desarrollo tectónico de la sierra y se propone un modelo de deformación para la misma.

9. GEOLOGIA HISTORICA

Al inicio del Mesozoico, Norteamérica, Sudamérica y Africa están unidas, por lo que el noreste de México está emergido; conforme se inicia la apertura del Golfo de México, Triásico-Superior, la región se encuentra sujeta a esfuerzos de tensión -- creándose una serie de horsts y grabens que, a partir del Jurásico, sufren un hundimiento diferencial hacia el este, como se muestra en la figura 9.0 (Padilla y Sánchez, 1982). Así, desde el Jurásico Superior los patrones sedimentarios del noreste de México son controlados por los elementos paleogeográficos presentes, cuyo desarrollo, así como el de las facies sedimentarias, entre el Kimmeridgiano y el Maestrichtiano y la ubicación de la Sierra de Gomas en relación a los elementos se muestra en las figuras 9.1 a 9.7.

De esta manera, establecida la distribución de horts y gravens da inicio en el Oxfordiano la transgresión marima del Mesozoico, ampliamente documentada por numerosos autores (Imlay, 1936; Humphrey, 1956; De Cserna, 1956), la cual continúa hasta el Cenomaniano. Las áreas continentales del noreste de México durante el Oxfordiano-Kimmeridgiano temprano son la Península del Burro, las islas de la Mula y de Coahuila y el Archipiélago de Tamaulipas (Fig. 9.1).

Debido a que se encuentran manifestaciones de gruesos-

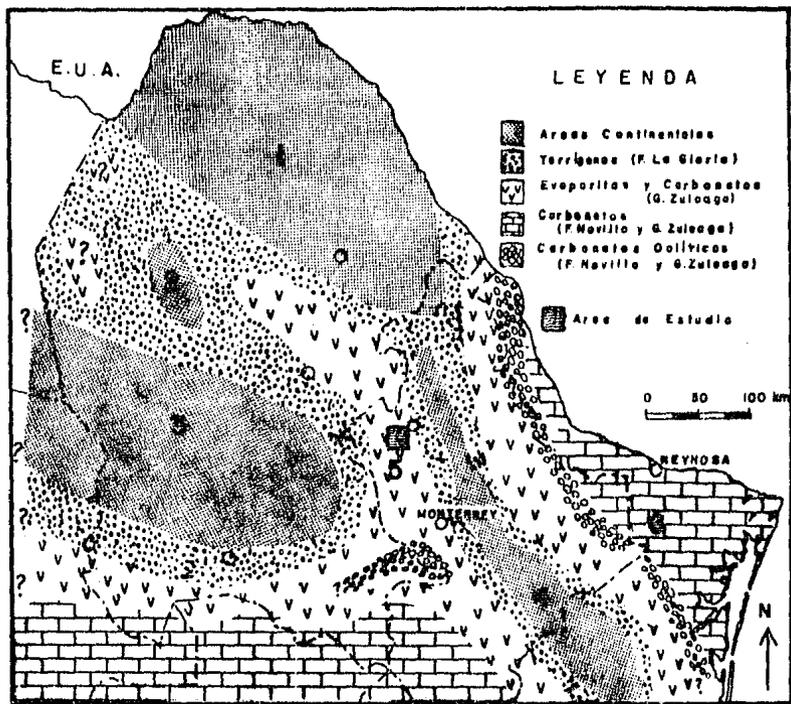


● AREA DE ESTUDIO

BLOQUE DIAGRAMATICO ESTRUCTURAL DEL NORESTE DE MEXICO

FIGURA 9.0

CAFAGGI FELIX F. de J. y SILVA GAMBOA D. A. TESIS PROFESIONAL UNAM 1985



Modificado de Padilla S., 1982 y
Raul González, 1976

ELEMENTOS PALEOGEOGRAFICOS

- 1.- PENINSULA DEL BURRO
- 2.- ISLA DE LA MULA
- 3.- ISLA DE COAHUILA
- 4.- ARCHIPIELAGO DE TAMAULIPAS
- 5.- GOLFO DE SABINAS
- 6.- ANCESTRAL GOLFO DE MEXICO

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	PALEOGEOGRAFIA DEL NE DE MEXICO DURANTE EL OXFORDIANO-KIMMERID- GIANO TEMPRANO	
TESIS PROFESIONAL	CAFAGGI FELIX F. de J. SILVA GAMBOA D.A.	
	FIG. 9.1	1988

espesores de yeso y sal en la región, tanto directas ¹ como indirectas ², de edad Oxfordiano, se interpreta que al inicio de la transgresión los mares son muy someros y de circulación restringida con climas cálidos que permiten una intensa evaporación. La distribución de las evaporitas se muestra en la figura 9.1, donde además se observa una distribución normal de facies, así los terrígenos de la Formación La Gloria bordean a las unidades positivas, se forma un banco oolítico en los bordes de las plataformas (Formación Zuloaga) y se tienen calizas de plataforma en los mares abiertos (Padilla y Sánchez, 1982).

Posteriormente, el depósito de las arcillas y arcillas carbonatadas del Grupo La Casita de edad Kimmeridgiano tardío-Titoniense, se traduce como una profundización de los mares en la zona de estudio, Inlay (1936) por contenido faunístico y litológico considera que estos sedimentos se depositan en aguas someras e indican una facies infralitoral. Regionalmente, los mares cubren en esta época al Archipiélago de Tamaulipas con lo que quedan emergidas la Península del Burro y las islas de La Mula y Coahuila (Fig.

1 Pozos Minas Viejas 1; Jardines 1; Los Ramones 1, en la Sierra de Papagayos (Wall et al., 1961); Afloramientos y pozos en el Potrero de García (Weidie and Martínez 1972) y otros pozos y afloramientos.

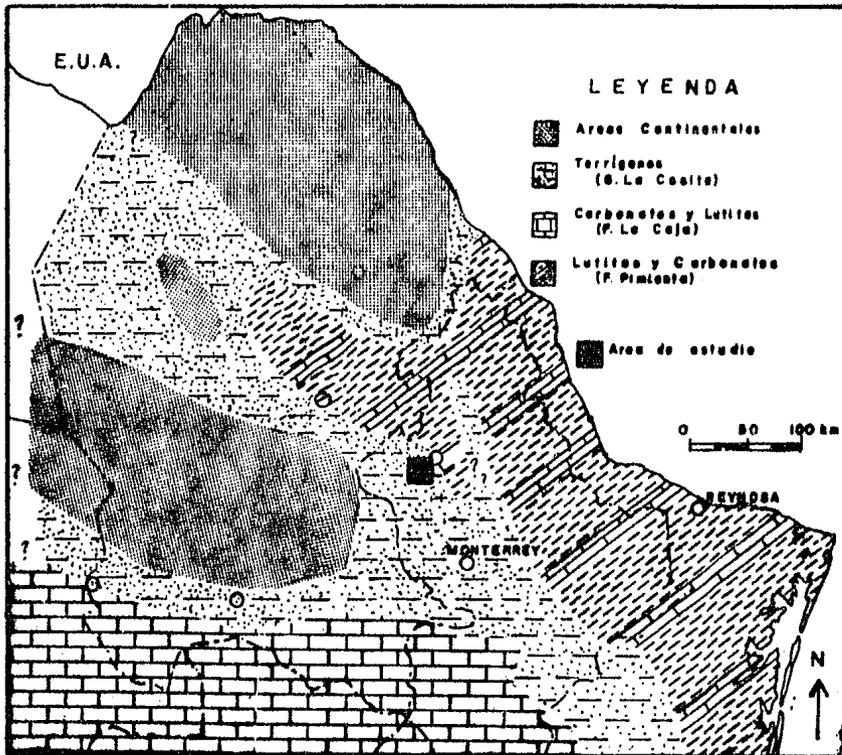
2 Mínimos Gravimétricos que indican la presencia de sal en los anticlinales de Gomas, Minas Viejas y El Fraile (Geoca, S.A., 1983).

9.2), al sur continúa el depósito de las calizas de plataforma.

Para el inicio del Cretácico se interpreta que los mares son relativamente más profundos con aguas claras y de buena circulación, lo que se manifiesta por el incremento del contenido de carbonatos y disminución de arcillas, así como por el desarrollo de abundante fauna bentónica en la Formación Taraises del Berriasiano-Hauteriviano Inferior; la amplia distribución en el noroeste de México de los sedimentos de la formación puede implicar una continua subsidencia de la región.

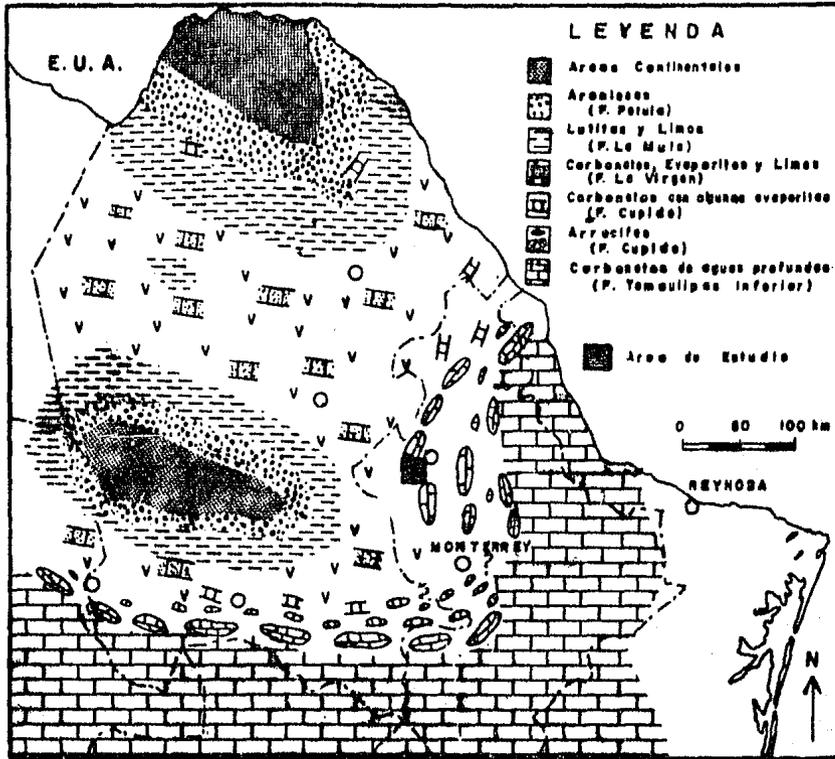
Más tarde, durante el Hauteriviano Superior la sedimentación se torna eminentemente carbonatada, debido al continuo avance de los mares hacia las zonas positivas lo que trae como consecuencia un incremento en la distancia de la zona de estudio en las anteriores, y se representa por las diferentes facies de la Formación Cupido. En la zona de estudio se identifica al miembro arrecifal de rudistas (arrecife progradante según Zwanziger, 1976 y otros autores), el cual implica un continuo hundimiento del fondo marino y separa las condiciones de depósito; así se tiene que al sur, sureste y este del arrecife se depositan carbonatos de aguas profundas (Fig. 9.3), mientras que al oeste y norte se depositan sedimentos característicos de mares someros de aguas claras y tibias (Padilla y Sánchez, 1982).

La Formación La Peña del Aptiano Superior caracteriza-



Modificado de Padilla y S., 1982

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	PALEOGEOGRAFIA DEL NE DE MEXICO DURANTE EL KIMMERIDGIANO TARDIO- TITONIANO	
TESIS PROFESIONAL	CAPAGGI FELIX F. de J. SILVA GAMBOA G.A.	
	FIG. 9.2	1985



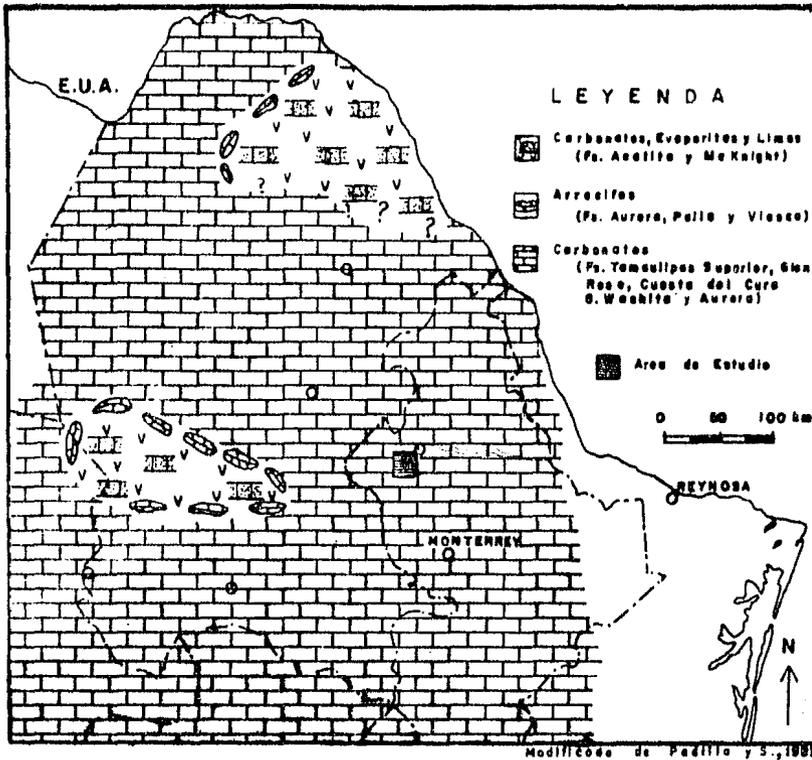
Modificado de Padilla y S., 1982

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	CIENCIAS DE LA TIERRA
	PALEOGEOGRAFIA DEL NE DE MEXICO DURANTE EL NEOCOMIANO TARDIO
TESIS PROFESIONAL	CAPAGGI FELIX F.de J. SILVA GAMBOA D.A.
	FIG. 9.3 1985

da por arcillas y arcillas calcáreas oscuras y con abundante fauna, pelecípodos y gasterópodos, sugiere una considerable distancia entre las márgenes de las unidades positivas y el sitio de depósito, así como un medio ambiente reductor en mares relativamente someros (Humphrey, 1956). El contraste entre la sedimentación carbonatada de la Formación Cupido y la sedimentación arcillosa de la Formación La Peña puede ser respuesta a movimientos verticales regionales que si bien son plenamente identificados en el sureste de México, se han enmascarado en el noreste (Humphrey, 1956), dando lugar a una regresión de los mares y con ello variaciones en las condiciones del medio ambiente de depósito.

Conforme continúa la transgresión mesozoica, interrumpida durante el Aptiano Superior, va siendo menor el control que sobre la sedimentación ejercen los paleoelementos positivos jurásicos en el noreste de México. Este control, al cubrirse totalmente la región por los mares en el Albiano, condición que durará hasta el fin del Cretácico, se refleja solamente en el desarrollo de bancos arrecifales que circundan a lo que fueron la Isla de Coahuila y la Península del Burro (Fig. 9.4). Es a partir del Albiano que la sedimentación se torna esencialmente de origen químico y orgánico y los sedimentos terrígenos que se presentan, posteriormente, provienen del occidente del país que estaba emergido.

De esta forma, los carbonatos de la Formación Aurora del Albiano Inferior y Medio, por contener nódulos de pedernal



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	PALEOGEOGRAFIA DEL NE DE MEXICO DURANTE EL ALBIANO-CENOMANIANO	

TESIS PROFESIONAL	CAFAGGI FELIX F. de J. SILVA SAMPA D. A.	
	FIG. 9.4	1985

y hematita, implican un ambiente de depósito de mares profundos - y condiciones oxidantes. Posteriormente, a fines del Albiano Medio se incrementa el aporte de terrígenos, depositándose las arcillas calcáreas de la Formación Kiamichi en un ambiente, por su litología y fauna (Humphrey, 1956), nerítico profundo. En el período del Albiano Superior al Cenomaniano Inferior se sedimentan carbonatos y silicatos (Grupo Washita Indiferenciado) indicadores de algunas pequeñas variaciones en el medio sedimentario ya que, por su contenido litológico, se considera que la sedimentación se realiza en un ambiente profundo y de condiciones reductoras muy alejado de la línea de costa, que contrasta con el ambiente de mares relativamente someros en que se depositan los sedimentos del Albiano Medio.

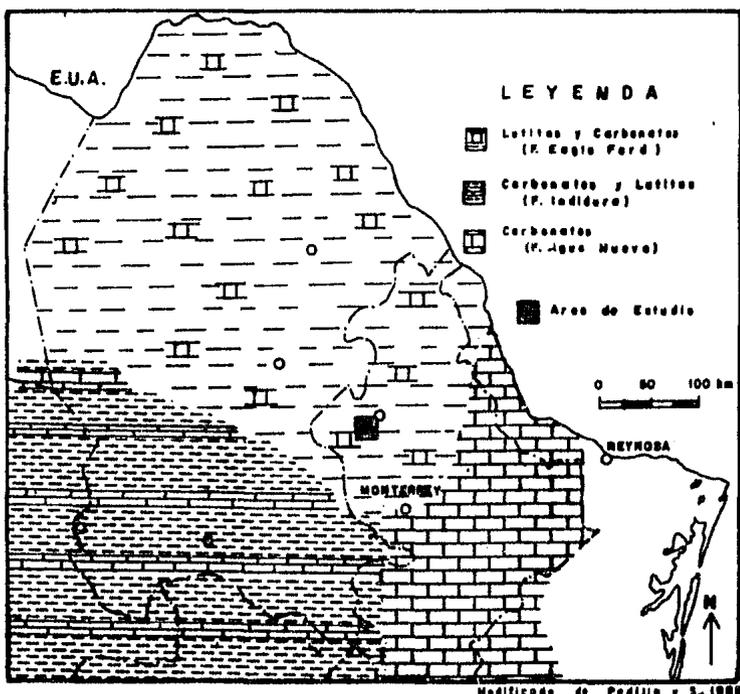
Con el incremento del contenido de terrígeno en los sedimentos que se depositan a partir del Turoniano se interpreta el fin de la transgresión marina mesozoica para dar paso a la regresión que causan las primeras manifestaciones de los movimientos laramídicos. Así, en el área de estudio se depositan, sobre los carbonatos y silicatos del Grupo Washita, los sedimentos arcillo-calcáreos con algunos nódulos de pedernal y hematita de la Formación Eagle Ford que, por su contenido faunístico y litológico, representa un ambiente nerítico de condiciones oxidantes, mientras que al suroeste de la región se tienen los carbonatos y lutitas de la Formación Indidura y al este los carbonatos de la Forma-

ción Agua Nueva (Fig. 9.5).

Posteriormente, durante el Coniaciano-Santoniano en la zona de estudio son depositados los carbonatos arcillosos y arcillas de la Formación Austin, lo cual se traduce como un ambiente nerítico alejado de la línea de costa; al sur de la región se depositan las arenas y arcillas de las formaciones Parras y Caracol, mientras que al oriente lo hacen los carbonatos y arcillas con bentonita de la Formación San Felipe; así, la disminución en el tamaño del grano se da de oeste a este evidenciando el continuo levantamiento de la parte occidental de nuestro país (Fig. 9.6).

Con el depósito de los sedimentos eminentemente terrígenos de las formaciones Méndez y equivalentes del Campaniano-Maastrichtiano, tanto en el área de estudio como en toda la región, se interpreta que la regresión de los mares es continua y desplaza a la línea de costa de poniente a oriente (Fig. 9.7), de manera que se depositan tanto arcillas como sedimentos deltáicos e inclusive se da lugar a la formación de cuencas someras en las regiones de Parras y Sabinas. Con estos últimos depósitos se da por terminada la sedimentación mesozoica en la zona de estudio.

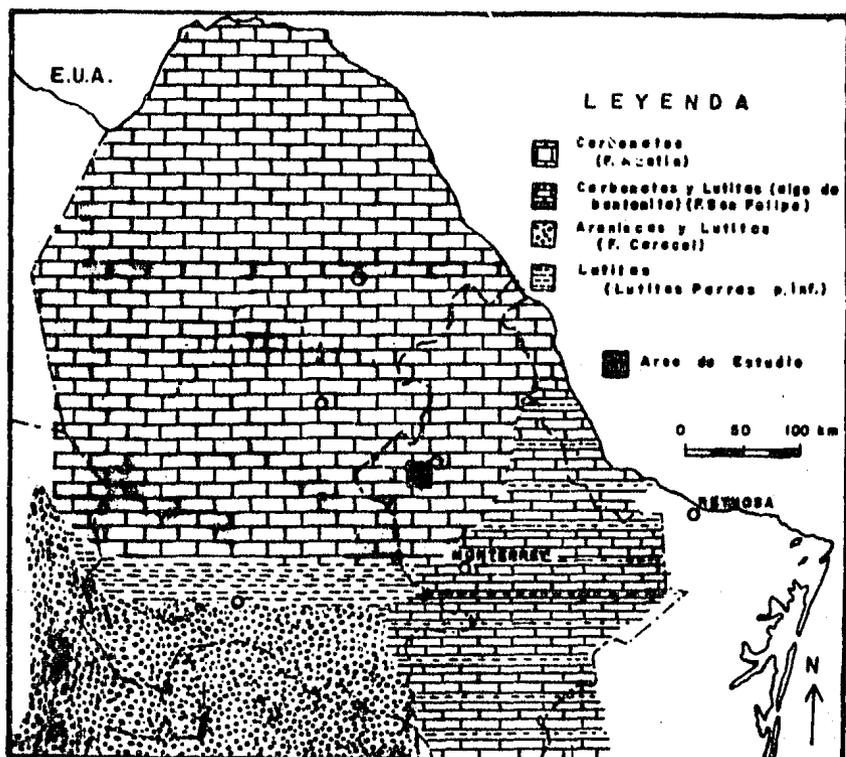
Durante el Terciario continúa la emersión de la región y el avance de la línea de costa hacia el oriente, al inicio de este período la carpeta sedimentaria mesozoica se deforma por los esfuerzos compresionales laramídicos dando lugar al levantamiento -



Modificado de Padilla y S., 1988

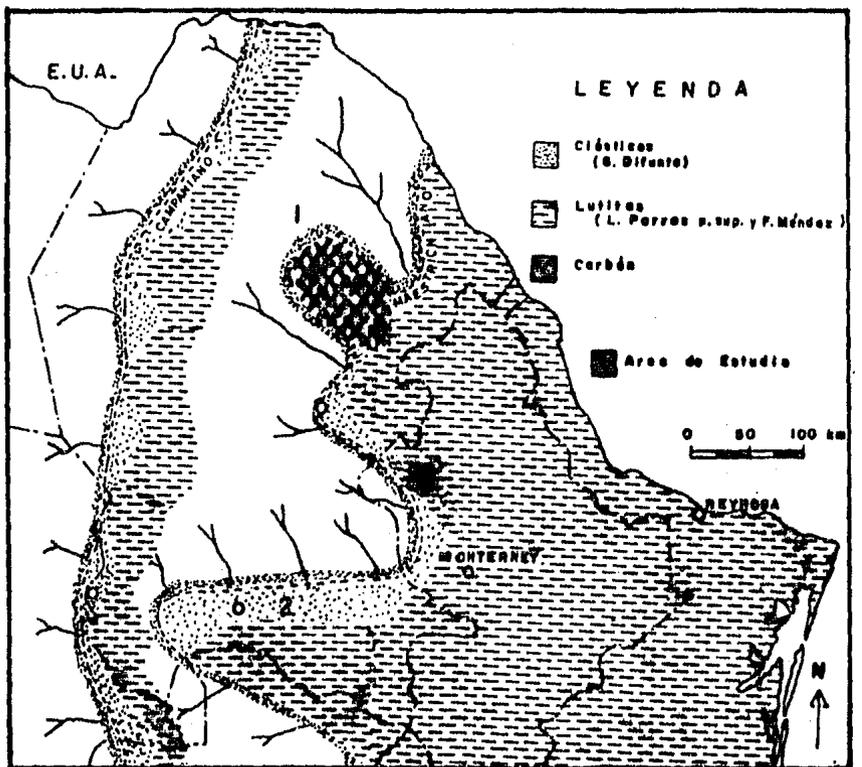
U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	PALEOGEOGRAFIA DEL NE DE MEXICO DURANTE EL TURONIANO	

TESIS PROFESIONAL		CAPACCI FELIX R. de J. SILVA GAMBOA D. A.	
		FIG. 9.5	1988



Modificado de Padillo S., 1988

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	PALEOGEOGRAFIA DEL NE DE MEXICO DURANTE EL CONIACIANO-SANTO NIANO.	
TESIS PROFESIONAL	CAPASSI FELIX P. de S. SILVA SANDRA S. A.	
		FIG. 9.6 1988



Modificado de Padilla y S., 1968

1.- CUENCA CARBONIFERA DE SABINAS

2.- CUENCA DE PARRAS

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
	PALEO GEOGRAFIA DEL NE DE MEXICO DURANTE EL CAMPANIANO — MAES- TRICHTIANO	
TESIS PROFESIONAL	CAPABCI FELIX F. de J. SILVA GAMBOA D. A.	
	FIG. 9.7	1985

de las sierras plegadas del noreste y este de México (De Cserna, 1956). A partir del levantamiento de la carpeta sedimentaria da inicio el proceso de erosión de las sierras recién formadas y como consecuencia el relleno de los valles, creándose una presión-diferencial que posiblemente provoca un lento ascenso de la sal-jurásica.

Ahora bien, el levantamiento de la Sierra de Gomas -- trae como consecuencia el fracturamiento de las formaciones menos competentes dando lugar a fracturas y diaclasas; y es en estas - estructuras, que por ser zonas de debilidad, donde el agua ha ve nido actuando de manera prominente en procesos de disolución, que con el paso del tiempo ha dado lugar a desplomes (fallas de ta-- lud) y acumulación de brechas de colapso en las partes bajas de los taludes, siendo la Formación Cupido, por su espesor y carác-- ter eminentemente calcáreo, la más afectada en estos procesos.

Durante el Cuaternario prosigue la erosión de las actuales formas del relieve rellenándose las partes bajas con mate-- riales clásticos aluviales. Particularmente, en la Sierra de Go mas trabajan fuertemente los procesos erosivos manifestándose en la fisiografía de la sierra, así las formaciones arcillosas se - caracterizan por su topografía suave mientras que las formacio-- nes calcáreas por escarpes contrastantes. Por otro lado es de - preveer que prosigue el lento movimiento ascendente de la sal ya que la presión diferencial a la que está sujeta es cada vez ma-- yor.

10. SIGNIFICADO DE LA INFORMACION GRAVIMETRICA.

Los rasgos más sobresalientes de los planos de anomalías son: a) el gradiente gravimétrico regional que muestra una caída al suroeste (planos 8.1 y 8.2), y b) el mínimo gravimétrico manifestado en la porción central de la Sierra de Gomas (Planos 8.1, 8.2 y 8.3).

La caída gravimétrica regional mostrada en los planos de anomalías implica la existencia de un cuerpo regional sepultado a profundidad y con alto contraste de densidad respecto a la cobertura sedimentaria, el cual se profundiza al suroeste y se levanta al noreste, como lo indica el gradiente gravimétrico, en relación a la Sierra de Gomas. Este cuerpo puede ser interpretado como el basamento Prejurásico Superior, ya que de acuerdo a la ubicación de la sierra, localizada en la porción centro oriental de lo que fue el Golfo de Sabinas (Fig. 5.2), se tiene al noreste la unidad positiva del Archipiélago de Tamaulipas y al suroeste mar abierto, por lo que la dirección NE-SW, del gradiente gravimétrico bien puede interpretarse como la dirección de profundización del basamento, conformado por rocas plegadas e intrusionadas durante la Orogenia Permo-Triásica (De Cserna, 1956).

Por otro lado, el mínimo gravimétrico de los planos de anomalías implica la presencia, a nivel local, de un cuerpo de baja densidad que contrasta con las rocas sedimentarias que

conforman a la Sierra de Gomas; debido a que el Mínimo Gomas no sólo es identificado en los planos de anomalías de Bouguer y Residual sino que también se manifiesta en Anomalía Regional el cuerpo que lo causa debe tener dimensiones considerables y seguramente se encuentra relativamente somero ya que el operador utilizado en la separación de anomalías no es capaz de anular su efecto en el plano de Anomalía Regional.

El cuerpo puede interpretarse como sal, que es de baja densidad (2.0 g/cm^3 , según Nettleton-1976) y puede contrastar con la densidad promedio de las rocas aflorantes (2.4 g/cm^3 , Geoca, S. A., 1983); la masa salina debe tener una edad mayor a la del Grupo La Casita, que es la unidad litológica más antigua que se expone en la sierra. Dicha interpretación puede ser válida ya que durante el Oxfordiano se tienen las condiciones necesarias para la acumulación de evaporitas-yesos y halitas en el Golfo de Sabinas (Padilla y Sánchez, 1982; De Cserna, 1956; Zwanziger 1976; evaporitas que en la zona de estudio pueden estar incluidas, por correlación a sierras vecinas, dentro de la Formación Minas Viejas del Grupo Zuloaga.

La consideración de que el cuerpo salino se incluye dentro de la Formación Minas Viejas se apoya en el hecho de que la respuesta gravimétrica obtenida en la zona de estudio es similar a la obtenida en las sierras anticlinales de Minas Viejas, -

El Fraile y Potrero Chico (Fig. 5.1) en las que afloran, en sus núcleos, los yesos de la Formación Minas Viejas (Echanove, 1965; Wall, et. al. 1961); además, por otro lado, el grueso espesor de sal se manifiesta en el Pozo Minas Viejas-1 (Fig. 5.4) perforado en el núcleo del anticlinal del mismo nombre donde se cortó una columna de sal superior a los 3000m, en un pozo perforado en el Potrero Chico (Wall, et. al. 1961) atravesó más de 400m de sal, y posiblemente en el Pozo Jardines- 1 (Fig. 5.3) donde se perforaron 1174m de evaporitas (no especificadas en el informe de Geocaca, S. A., 1983) de la Formación Minas Viejas.

Ahora bien, como los ejes estructurales de la sierra y del Mínimo Gomas de Anomalía Residual no coinciden exactamente, quedando el segundo hacia el este del primero, es factible suponer que la sal se encuentra desfasada al oriente del eje del anticlinal, probablemente a manera de intrusión o diapiro salino, ya que en la región se verifican fenómenos de intrusión evaporítica en las sierras de Minas Viejas, el Fraile y de Potrero Chico (Echanove, 1965; González, 1976; Wall, et. al. 1961).

Con el objeto de constatar si se ha verificado la intrusión salina se calculó la profundidad a la que posiblemente se encuentre la cima de la sal y así compararla contra la posición estratigráfica que ocuparía en una sección obtenida de datos puramente geológicos. El método utilizado en el cálculo es el propuesto por Nettleton (1976), quien considera que las anomalías residuales producidas por diapiros, ya sean circulares o --

elípticas, se pueden interpretar como respuesta de una esfera o de un cilindro horizontal enterrados.

Así, al tener forma elíptica el Mínimo Gomas de Anomalia Residual se optó por considerarla como respuesta de un cilindro horizontal de menor densidad que el medio en que se encuentra. El método y resultados se detallan en el Apéndice Gravimétrico.

Los resultados obtenidos de cima y radio del cilindro en cuatro secciones gravimétricas señaladas como A-A', B-B', --- C-C' y D-D' en el plano 8.3 (coincidentes con las secciones marcadas en el Plano Geológico como A-A', B-B'; C-C' y D-D') son:

SECCION	¹ CIMA	RADIO
A-A'	379m	1089m
B-B'	580m	670m
C-C'	1223m	927m
D-D'	1220m	530m

Con esta información, transportada a las secciones -- geológicas, pudo observarse que la masa salina se encuentra más-- somera de lo que se esperaba, por lo que se modificó la interpre-- tación de las secciones geológicas A-A', B-B', C-C' y D-D', mis-- mas que se muestran en el Plano 7.1. En este plano se considera un espesor de 900m para el Grupo La Casita, de acuerdo a la in--

¹ Bajo el nivel del suelo.

formación geológica de lugares aledaños, ya que en la Sierra de Gomas no se expone la secuencia completa; además se intuye la -- presencia del Grupo Zuloaga bajo la unidad anterior, en cuya base se encuentra integrada la Formación Minas Viejas, con sus -- miembros yesífero y salino, y en la parte superior la Formación Zuloaga.

Como consecuencia, las secciones geológicas muestran que la intrusión salina ha cortado y/o deformado a los Grupos Zuloaga y La Casita y la base de la Formación Taraises, por lo que los efectos del diapirismo no se manifiestan en las unidades superiores a la Formación Taraises.

11. TECTONICA

La historia tectónica de la región a partir del Mesozoico se inicia con la apertura del Golfo de México durante el Triásico tardío (Dickinson y Coney, 1980 y otros autores) teniendo como consecuencia la formación de una serie de horts y grabens regionales, estableciéndose el panorama topográfico que constituye el basamento Prejurásico Superior.

El noreste de México a partir del Jurásico tardío sufre un hundimiento, por lo que es posible la acumulación de sedimentos marinos hasta el Cretácico tardío cuando cambian las condiciones tectónicas en la región, cambio que trae como consecuencia final el plegamiento de los sedimentos jurásicos y cretácicos.

Así, las estructuras plegadas del noreste de México entre las que se encuentra la Sierra de Gomas se forman debido a que los esfuerzos tectónicos laramídicos (Cretácico Superior-Terciario Inferior) comprimen a la carpeta sedimentaria mesozoica contra las áreas paleocontinentales jurásicas (Imlay, 1936; Humphrey, 1956; De Cserna, 1956; Padilla y Sánchez, 1982).

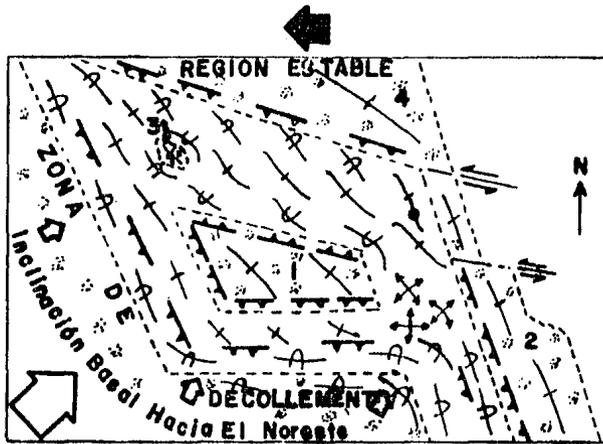
La Sierra de Gomas por su forma de integral invertida (∩) se ajusta al modelo estructural que varios autores proponen para la formación de los pliegues del noreste de México (De Cserna, 1956; Padilla y Sánchez, 1982) en el que se establece --

que las fuerzas que pliegan a la columna sedimentaria provienen del oeste, teniendo a efecto esfuerzos de cizalla izquierda ($\overleftarrow{=}$) y pliegues en "echelon" en las estructuras ubicadas en el Golfo de Sabinas (Fig. 11.1).

El origen de las fuerzas se interpreta con el modelo de Coney (1975), el cual señala que las deformaciones orogénicas de finales del Cretácico y principios del Terciario coinciden -- con un cambio en el movimiento de placas tectónicas, ya que la Placa Norteamericana y la Placa Peleopacífica, que convergían de una manera oblicua en el occidente de México, empiezan a converger frontalmente y a mayor velocidad.

Por otro lado, debido a que en el subsuelo de la Sierra de Gomas se interpreta un grueso espesor de sal, la que se caracteriza por una gran movilidad resultado de su habilidad de deformarse bajo esfuerzos relativamente bajos, podría esperarse que fuese primordial la influencia de las evaporitas en el levantamiento de la sierra; empero, deben reunirse ciertas características para que un espesor de sal pueda iniciar un movimiento diapírico, como son: espesor mínimo, sepultamiento mínimo y presión diferencial.

Datos geológicos indican que se requiere un espesor mínimo de la capa original de sal del orden de 200 a 400m para el desarrollo de diapiros (Gera, 1972), condición que se cum-



MODIFICADO DE PADILLA Y S., 1982

-  FALLAS INVERSAS
-  FALLAS TRANSCURRENTES
-  ANTICLINALES
-  ANTICLINALES RECURRENTES
-  ESTRUCTURA DOMCAS
-  AREAS POSITIVAS (JURASICO TEMPRANO):
- 1) ISLA DE COAHUILA
- 2) ARCHIPELAGO DE TAMAULIPAS
- 3) ISLA DE LA MULA
- 4) PLATAFORMA DEL BURRO.
-  AREA DE ESTUDIO

FIGURA II.1

MODELO ESTRUCTURAL DEL NORESTE DE MEXICO

ple ya que en los cortes geológico-gravimétricos (Plano 7.1) se interpretan fuertes espesores de sal y se tiene la evidencia directa en el Pozo Minas Viejas-1 (Fig. 5.4) y en otro pozo perforado en el Potrero Chico (Hall, et. al. 1961). Así mismo, se requiere - que la formación salina esté sepultada bajo una cubierta de 3000 a 4000m de espesor, situación que se verifica puesto que en la - Sierra de Gomas se midieron 2900m en una secuencia incompleta, - sin llegar al contacto con la sal interpretada; sin embargo, la - existencia de una capa gruesa de sal y el sepultamiento mínimo, - a pesar de ser necesarias, no son condiciones suficientes para - la formación de diapiros.

Si bien la facilidad de deformación indudablemente - aumenta con la profundidad debido al incremento de temperatura, - se considera que el factor crítico en el proceso de deformación - diapírica es la diferencia de carga a la que se encuentra expues - ta la sal (Gera, 1972); presión diferencial que probablemente se - da hasta que la sierra se erosiona quedando el núcleo del anti - clinal con una carga menor que en los flancos.

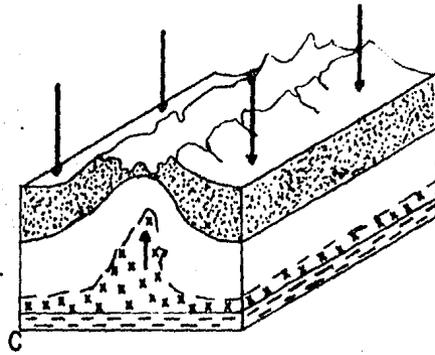
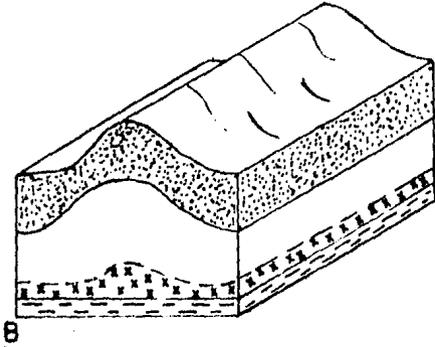
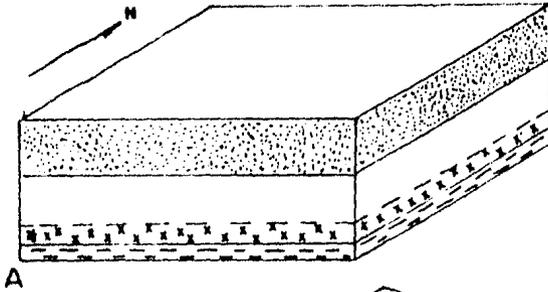
Debido a que es difícil decir que el levantamiento de la Sierra de Gomas es producto de eventos regionales (fuerzas -- compresionales) o si influyeron en algún grado eventos locales - (diapirismo) se propone el siguiente modelo de deformación:

- Primeramente, al actuar los esfuerzos compresivos sobre una -

columna sedimentaria que incluye evaporitas en la base (Fig. 11.2 A) se verifica un plegamiento, de manera que las unidades litológicas que descansan sobre las evaporitas sufren una deformación mayor que las unidades ubicadas bajo las mismas, concentrándose la sal y yesos en el núcleo del anticlinal (Fig. 11.2B).

- Una vez que se produce el levantamiento de la sierra comienzan a trabajar los agentes erosivos, principalmente sobre el núcleo del anticlinal, el cual es una zona de debilidad estructural (De Sitter, 1976), removiendo material y depositándolo sobre los flancos, teniendo como consecuencia una diferencia de carga.
- Conforme actúa la erosión son cada vez mayores la diferencia de carga y la zona de debilidad y, debido a la baja densidad de la sal (2.0 g/cm^3) respecto a la de la roca sobreyacente (2.4 g/cm^3), da inicio un proceso de movimiento lento ascendente con el cual la sal empuja y arrastra a los yesos intrusivando poco a poco a las unidades superiores como se propone en la figura 11.2C y se aprecia en el plano 7.1.

Dicho modelo está de acuerdo con lo que propone De Cserna (1956) quien dice que los plegamientos de la Sierra Madre Oriental, en el noreste de México, deslizan sobre la evaporitas del Grupo Zuloaga, que actúan como lubricante y así las rocas --



-  CRETACICO INFERIOR Y SUPERIOR
-  JURASICO SUPERIOR (R. La Coste, Ciz. Zuloaga Sup., Yacas Minas Viejas)
-  " " (Sol y Yacas Minas Viejas)
-  " " (Ciz. Zuloaga Inf.)

MODELO PROPUESTO DE LA DEFORMACION E INTRUSION SALINA
 FIGURA 11.2

ubicadas bajo la unidad plástica evaporítica no sufren una deformación intensa, tal como lo observan más tarde en San Julián, -- Zacatecas, Tardy y Ruíz (1974). Por otro lado, concuerda con Weidie and Martínez (1972) y Wall, et. al. (1961) quienes consideran que las evaporitas, en la región noreste de México, actuaron pasivamente y de una manera secundaria en el proceso de levantamiento de las estructuras.

Por otro lado, el hecho de que en la Sierra de Gomas no existe evidencia observable superficialmente de la intrusión salina, como pueden ser fallas normales, puede explicarse en el sentido de que éstas sólo se producen cuando la sobrecarga tiene una resistencia al corte menor al esfuerzo que se está ejerciendo, y no necesariamente tiene que darse (Gera, 1972). Inclusive, la mayoría de las fracturas mostradas en la Sierra de Gomas son de origen tectónico, y no respuesta al efecto intrusivo de la -- sal.

IV CONCLUSIONES

IV. CONCLUSIONES

En los últimos dos capítulos se presentan las conclusiones del trabajo, atendiendo primeramente al aspecto económico que la mayoría de las investigaciones geológicas persiguen y, finalmente se muestra un sumario de todo el informe en el que se incluyen las conclusiones a que se llegó durante el desarrollo del presente estudio.

12. ASPECTOS ECONOMICOS.

Los aspectos económicos considerados en el presente - trabajo se enfocaron a tres puntos a) Petroleros, b) Hidrogeológicos, y c) Materiales para construcción.

Los autores consideramos que las posibilidades de encontrar hidrocarburos económicamente explotables son mínimas. En efecto, las condiciones geológicas necesarias para la existencia de hidrocarburos en una región son: presencia de una roca generadora, existencia de una roca almacenadora y una trampa estructural y/o estratigráfica.

En el área estas condiciones se cumplen sólo parcialmente puesto que tanto el Grupo La Casita como la Formación Taraises contienen abundante materia orgánica y tienen grandes posibilidades de haber sido rocas generadoras de hidrocarburos; la roca almacenadora podría ser la Caliza Cupido puesto que posee alta permeabilidad y descansa sobre la Formación Taraises y, a su vez, subyace a los sedimentos impermeables (arcillo-calcáreos) de la Formación La Peña, la cual se puede o constituir como un excelente sello; debido a que la estructura de la sierra es un anticlinal, éste pudo convertirse en una trampa estructural. Pero, debido a que afloran tanto las rocas generadoras como las almacenadoras (Plano 7.1) en caso de haber existido hidrocarburos estos migraron.

Por otro lado, también la masa salina al intrusionar a las rocas más jóvenes las acuña (Plano 7.1), pudiéndose formar trampas estructurales; desafortunadamente el nivel máximo de intrusión se calculó hasta la parte inferior de la Formación Taraises sin llegar a la posible formación almacenadora (F. Cupido) - lo que hace pensar que el domo salino tiene una mínima importancia en una posible concentración de hidrocarburos.

En el aspecto hidrogeológico la zona tiene un gran potencial de explotación de agua subterránea, ya que dentro de la secuencia litológica se tienen dos unidades que por sus características de permeabilidad y confinamiento se considera que son acuíferos confinados.

Así, las formaciones calcáreas Aurora y Cupido tienen una alta permeabilidad primaria (inclusive la Cupido es arrecifal) y secundaria, provocada no sólo por procesos diagenéticos - ya que se encuentran fracturadas y con un avanzado proceso de disolución. Además se encuentran entre formaciones arcillosas (impermeables), la Cupido entre la Taraises y La Peña y la Aurora - entre La Peña y Kiamichi (Plano 7.1); aunado a lo anterior, su amplia distribución superficial a nivel regional implica una extensa área de recarga. Por tanto, es factible su explotación en los flancos de la sierra por medio de pozos relativamente profundos, pudiéndose obtener, tal vez, grandes caudales que muy bien pudiesen destinarse para abastecer a las poblaciones aledañas e

inclusive a la zona metropolitana de Monterrey.

El aluvi3n actualmente es explotado para la obtenci3n de agua en numerosos pozos y norias distribuidos en toda el 1rea de donde se extraen reducidos caudales para satisfacer las necesidades dom3sticas y, en menor grado, ganaderas.

Por otro lado, considerando la proximidad de la sierra a la ciudad de Villaldama, as3 como a la carretera estatal y a la v3a del ferrocarril, es factible que pudiesen explotarse algunas de las formaciones expuestas en el flanco oriental con fines constructivos; as3, las formaciones Cupido y Aurora podr3an -- utilizarse en mamposter3a y acabados, e inclusive constituirse -- como bancos de material para la elaboraci3n de cemento. Tambi3n, es factible utilizar el aluvi3n gravo-arcilloso en rellenos.

Sin embargo, el potencial econ3mico mencionado s3lo -- ser1 aprovechable cuando el desarrollo arm3nico regional as3 lo requiera.

13. SUMARIO Y CONCLUSIONES

La Sierra de Gomas, que se localiza al noreste del estado de Nuevo León, y a unos 70km al norte de la ciudad de Monterrey (Fig. 3.1), es una estructura alargada, angosta y de orientación preferencial NW-SE ubicada dentro de la Subprovincia Sierra Norte de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental (Fig. 4.1). Este estudio abarcó la porción central de la sierra incluida en la hoja Villaldama (G14-A75) del seccionamiento -- 1:50,000 de DETENAL.

Conforme al marco geológico regional el área se encuentra en la parte centro-oriental del Golfo de Sabinas del Jurásico (Fig. 5.2); debido a las diferentes condiciones marinas de -- depósito del Jurásico Superior al Cretácico Superior en el área se depositaron diversas litologías, interpretando en la base una unidad salina (F. Minas Viejas) sobre la que descansa una columna de más de 3000m, en la que afloran las unidades La Casita, Tarajés, Cupido, La Peña, Aurora, Kiamichi, Washita Indiferenciado, Eagle Ford y Austin (Fig. 6.1).

Estructuralmente, la sierra es un anticlinal asimétrico - doblemente buzante con forma de integral invertida (), de orientación preferencial NW 20° SE; contiene fracturas y fallas intra formacionales alojadas principalmente en la Formación Cupido - (Plano 6.1).

El levantamiento gravimétrico fue de tipo semidetalle, con fines de exploración petrolera. Con los resultados del levantamiento se configuró el plano de Anomalía de Bouguer (Plano 8.1) separando la anomalía en Regional (Plano 8.2) y Residual -- (Plano 8.3) por medio del operador de nueve puntos en cuadro con separación de puntos de 2km.

Con la información obtenida en los levantamientos geológico y gravimétrico y datos bibliográficos se interpretó la -- historia geológica del área estudiada desde el Jurásico Superior:

- A principios del Jurásico Superior existió una tectónica de horsts y grabens regionales a consecuencia de la apertura del Golfo de México iniciándose la transgresión mesozoica.
- Las condiciones climatológicas y batimétricas del Oxfordiano temprano permitieron la concentración de gruesos espesores de evaporitas (yesos y sal), como se manifiesta en diversos pozos (Minas Viejas 1, Jardines 1 y Potrero Chico 1), afloramientos (Sierras del Fraile y Minas Viejas) y en las anomalías -- gravimétricas (Sierras de Gomas, Minas Viejas y del Fraile).
- Los sedimentos arcillosos del Kimmeridgiano tardío-Titoniano (Grupo La Casita) manifiestan la continuidad en la transgresión, así como también la hacen los depósitos eminentemente -- calcáreos del Cretácico Inferior.

- El fin de la transgresión se inicia a partir del Turoniano, - reflejándose en el incremento de terrígenos en los sedimentos, a consecuencia de los primeros movimientos tectónicos laramídicos.
- En el Campaniano-Maestrichtiano el noreste de México se levanta paulatinamente, desplazando la línea de costa de occidente a oriente.
- Los esfuerzos compresionales laramídicos del Terciario Inferior que levantaron a la Sierra de Gomas provinieron del oeste causando, así, su forma de integral invertida. (Fig. 5.1- y 11.1).
- Durante el plegamiento se concentraron las evaporitas en el núcleo del anticlinal. Al comenzar a actuar los fenómenos erosivos sobre la sierra se establece una carga diferencial sobre las evaporitas, provocando un movimiento lento ascendente de la sal que empuja y arrastra a las formaciones sobreyacientes.

De la separación de Anomalía de Bouguer en Anomalía Regional y Anomalía Residual se desprende lo siguiente:

- El plano de Anomalía Regional (Plano 8.2) muestra la profundización del basamento Prejurásico Superior en el área de estudio, con una dirección al suroeste, o sea, hacia la porción -

central del Golfo de Sabinas.

- En el plano de Anomalía Residual (Plano 8.3) el eje del Mínimo Gomas delinea la cima de la formación salina. La profundidad a la que se encuentra la cima de la sal se calculó por el método de Nettleton a partir de cuatro secciones gravimétricas, que coinciden con las geológicas (Plano 7.1), interpretándose que la intrusión salina se encuentra a diferentes niveles:

SECCION	PROFUNDIDAD DE LA CIMA	NIVEL DE INTRUSION
A-A'	379m	F. Taraises
B-B'	580m	F. Taraises
C-C'	1223m	G. La Casita
D-D'	1220m	G. La Casita

La intrusión salina puede verificarse en la Sierra de Gomas puesto que se dan las condiciones necesarias, que según Gera (1972) son: a) espesor de sal con un mínimo de 300m b) sepultamiento mínimo de 3000m, y c) carga diferencial sobre la sal; - de donde se desprende que:

- El factor principal que motivó el levantamiento de la sal fue la carga diferencial.
- La carga diferencial tuvo efecto después del levantamiento de la sierra, ya que los procesos erosivos al iniciar su trabajo

disminuyen la carga en el núcleo del anticlinal y lo aumentan en los flancos.

- Por lo tanto, la sal actuó de una forma pasiva y secundaria en el levantamiento de la sierra.

Debido a que la mayoría de los estudios geológicos se realizan con fines económicos, el presente trabajo contempla tres aspectos: petroleros, hidrogeológicos y de construcción.

- Las posibilidades de encontrar hidrocarburos en la Sierra de Gomas con objetivos mesozoicos son mínimas.

De las tres condiciones necesarias para la acumulación de gas ó aceite (rocas generadora y almacén, y trampa) se cumplen sólo dos (roca generadora- La Casita y Taraises- y roca almacén Cupido-) faltando la trampa, puesto que la posible roca almacena dora aflora, con lo cual, de haber existido hidrocarburos éstos hubiesen migrado.

- En la Sierra de Gomas las condiciones hidrogeológicas son potencialmente altas, teniendo en la Formación Cupido, de alta -- permeabilidad, un excelente acuífero confinado entre las formaciones impermeables La Peña y Taraises, contando con una amplia área de recarga; también se mencionan las posibilidades hidrológicas de la Formación Aurora, aunque son de menor importancia. Así, al tener estas condiciones es posible extraer agua de los flancos del anticlinal mediante pozos re-

relativamente profundos para abastecer, en caso de necesidad, no sólo a las poblaciones de Villaldama y El Potrero, sino inclusive para suministrarla a la zona conurbada de Monterrey.

- La amplia distribución de las rocas calcáreas de las formaciones Cupido y Aurora, aunado a las buenas vías de comunicación en las inmediaciones de la sierra, permiten su explotación con fines constructivos, en acabados, mampostería y otros; también pueden constituirse en excelentes bancos de material para la elaboración de cemento. El aluvión gravo-arcilloso puede ser utilizado en rellenos.

Como se expuso a lo largo del trabajo, la interpretación geológico-gravimétrica se realizó de una manera sencilla y práctica obteniendo una mejor comprensión del origen y forma de la estructura geológica. La gravimetría apoyó la postulación de una masa salina concentrada en el núcleo del anticlinal, pudiéndose calcular, de una forma aproximada, la profundidad de su cima y, por otro lado, establecer que el basamento prejurásico se profundiza hacia el suroeste del área estudiada.

Finalmente se aprecia que la combinación de disciplinas afines, Geología y Geofísica, proporciona interpretaciones más completas y mejor apoyadas.

APENDICES GRAVIMETRICOS

A.1 ALGUNAS CONSIDERACIONES TEORICAS.

Como el objetivo de la gravimetría es la configuración del campo gravitacional (o Anomalías de Bouguer) el primer paso a seguir es definir Anomalía de Bouguer. De la siguiente fórmula:

$$A.B. = G.O. + K.H. + C.R. - G.T. \quad A.1$$

Donde A.B. es Anomalía de Bouguer

G.O. es gravedad observada

K.H. es corrección por elevación

C.R. es corrección por efecto topográfico, y

G.T. es gravedad teórica

Por lo tanto, la Anomalía de Bouguer es la diferencia entre la gravedad observada corregida por los efectos de elevación y topografía, y la gravedad teórica.

La gravedad observada, como su nombre lo indica, es la medida de gravedad tomada directamente en un punto. Debido a que la superficie del planeta es irregular el desnivel entre un punto y otro es factor determinante para encontrar diferencias de gravedad. En efecto, si tenemos una estación a una altitud H sobre el nivel del mar, estaría a una distancia H más alejada del centro de la Tierra que otra situada a nivel del mar; puesto que la masa del planeta se puede considerar concentrada en su centro, la ley de los cuadrados inversos dice que la atracción g_h de -

la tierra a una altitud H será:

$$g_h = \frac{R^2}{(R+H)^2} g_m \quad \dots\dots A.2$$

Donde R es el radio de la Tierra, y
 g_m es la gravedad a nivel del mar.

Entonces la diferencia de gravedad entre los dos niveles es:

$$g_m - g_h = g \left[1 - \frac{R^2}{(R + H)^2} \right] = \frac{2gHR + gH^2}{(R + H)^2} \quad \dots A.3$$

Pero como $H \ll R$ la expresión A.3 puede quedar

$$\frac{2gHR + gH^2}{(H + R)^2} \approx \frac{2gH}{R} \quad \dots\dots A. 4$$

Al substituir g por 980gal (1gal = 1cm/seg²) y R por 6,378,000m se tiene que la corrección es (Dobrin, 1975) igual a

$$0.0003080\text{gal/m} = 3.080\text{u.g./m}, \quad (\text{lu.g.} = 0.0001\text{gal})$$

A dicha corrección se le llama "corrección al aire libre" debido a que no toma en cuenta la atracción de ningún material situado entre un nivel de referencia (que puede ser el mar)

y la estación (Fig. A.1).

Sin embargo, la corrección de Bouguer sí considera al material rocoso situado entre el nivel del mar (o nivel de referencia) y la estación situada a la altura H . Se basa en la hipótesis de que la superficie de la tierra es horizontal en todas partes (paralela al geoide) a una distancia H sobre el nivel del mar (sin embargo, las montañas que sobresalen a la superficie horizontal imaginaria y los valles que quedan por debajo falsean la hipótesis, esto no tiene mayores repercusiones ya que la corrección por efecto topográfico sí considera el efecto de las montañas y valles). Para el caso de una densidad de 2.4g/cm^3 , que es la densidad promedio de las rocas presentes en el área de trabajo (Geoca, S. A. 1983, la obtuvo como resultado de líneas de densidad y pruebas de laboratorio) la corrección es de -0.998 u.g./m . Dicha corrección es negativa ya que elimina el material situado entre el nivel del mar y el nivel de la estación (Fig. A.1).

Como las correcciones al aire libre y de Bouguer son proporcionales a la altitud sobre el nivel del mar, lo habitual es combinar las dos en una sencilla corrección por elevación, de $(3.080 - 0.998)H$ ó $2.082H$ para el área estudiada en la que la H está dada en metros y la corrección en u.g.

Como arriba se señala, el exceso o deficiencia de masa hacen incorrecta la hipótesis de Bouguer debido a que la atra

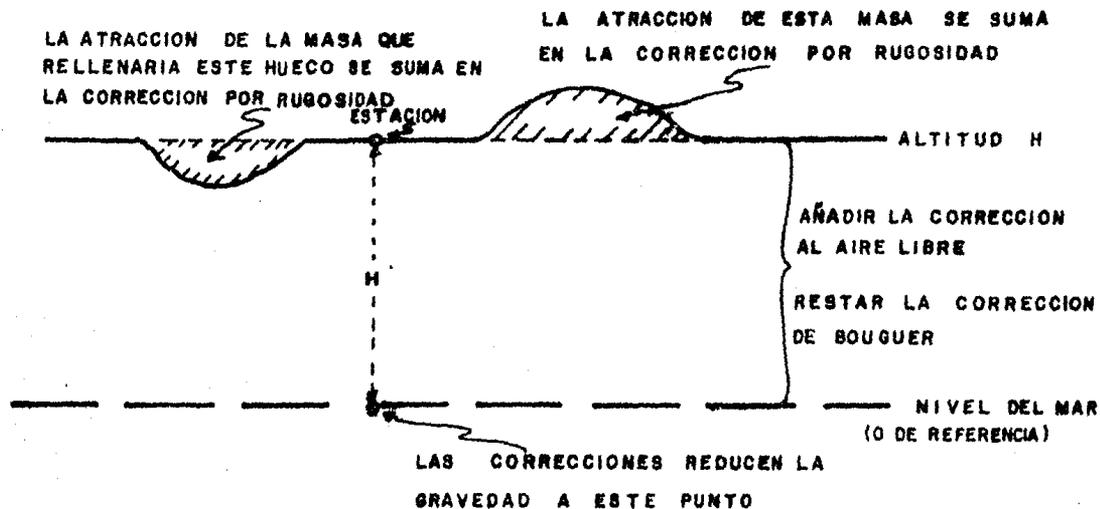


FIGURA A.1
CORRECCIONES A LA GRAVEDAD OBSERVADA
(MODIFICADO DE BOBRIN, 1978)

ción de masas más altas que la estación se oponen a la gravedad, - dicha atracción se suma a la gravedad observada para anular su -- efecto; de la misma manera, la atracción del material que ocupa - el valle inferior a la estación se debe restar de la gravedad observada, pero como dicho material es inexistente - puesto que se trata de un valle - se debe realmente sumar su atracción para compensar lo que fue sustraído al realizar la corrección de Bouguer. Por lo anterior la corrección topográfica siempre se suma, ya sea que se trate del efecto que produce una montaña o un valle (Fig. A.1).

La forma como se procedió a realizar la corrección por rugosidad, o efecto topográfico, fue por medio de un programa de computación, en el que se alimenta a una máquina con una matriz - de elevaciones promedio, que corresponden a prismas de base cuadrada de 2.5Km por lado, y con las coordenadas y elevaciones de las estaciones gravimétricas; de esta manera la computadora calcula el efecto que producen sobre la estación todos los prismas ubicados en un área de 40 km x 40km, en la que la estación se localiza en la porción central de la matriz. Las dimensiones de la matriz, 40km + 40km, se deben a que en la práctica se ha visto que masas -- ubicadas a una distancia mayor de 20km a la estación ejercen un -- efecto casi nulo.

La fórmula que aplica la computadora para realizar la corrección por rugosidad es

$$C.R. = 66.7 \times 10^{-9} \times \text{SUP.} \times \text{DEN.} \times \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{(R^2 - H^2)^{\frac{1}{2}}} \right] \dots A.5$$

Donde 66.7×10^{-9} es la constante gravitacional de Newton,
 SUP. es la superficie del prisma,
 DEN. es la densidad del material,
 R es la distancia de la estación al centro del --
 prisma,
 H es el desnivel entre la estación y la altura pro-
 medio del prisma, y
 C.R. está dada en u.g.

La gravedad teórica fue tomada de la fórmula Interna-
 cional de Gravedad de 1930 (Nettleton, 1976):

$$G.T. = 978\ 0490.0 \quad (1 + 0.0052884 \text{ SEN}^2 \varnothing - 0.0000059 \text{ SEN}^2 2\varnothing) \quad \dots\dots A.6$$

Donde el ángulo \varnothing es la latitud y el resultado se expresa en
 u.g.

El método utilizado para calcular la gravedad teóri-
 ca en cada estación consistió en situar primeramente las estacio-
 nes gravimétricas en un plano ~~escala~~ 1:50,000; posteriormente se -
 procedió a construir una hoja con las mismas dimensiones que el -
 plano anterior, en la que se dibujó un rayado a cada 5.u.g., que-
 fue trazado a partir de una interpolación de valores, calculados-
 a partir de la ecuación A.6 para la latitudes de 26°15', 26°20', -
 26°25' y 26°30' (la Hoja Villaldama cubre una latitud de 26°15' -
 a 26°30'N). El valor de gravedad teórica para cada estación se -

calculó sobreponiendo una hoja sobre la otra, el error de cálculo por este método es menor a 0.2 u.g.

A.2. TRABAJO DE CAMPO

Puesto que de cada estación levantada se requiere conocer su posición vertical y horizontal así como su valor de gravedad observada, el trabajo de campo se realizó en tres fases.

- A. Levantamiento Planimétrico,
- B. Observación gravimétrica, y
- C. Nivelación

- A. Levantamiento Planimétrico.

Se efectuó con plancheta y estadia, marcando estaciones a cada 500m, utilizando para ello las carreteras, terracerías, brechas, veredas y, cuando no las hubo, a campo traviesa.

El levantamiento fue dibujado directamente en el campo a escala 1:20,000. Se utilizaron como apoyo puntos de fácil identificación tanto en el terreno como en las cartas topográficas publicadas por DETENAL, dichos puntos fueron generalmente cruces de caminos, con vías férreas o veredas.

Después de obtener el levantamiento planimétrico se procedió a reducirlo a escala 1:50,000 con pantógrafo de precisión.

La tolerancia permitida para este tipo de levantamiento planimétricos es de 1:500 es decir, se permitió un error de 1m por 500 de recorrido, la compensación de las líneas se realizó --

por el método gráfico.

B. Levantamiento Gravimétrico.

El levantamiento gravimétrico se realizó con el método de "Loops" o enlaces; para ello se utilizó un gravímetro marca Worden, tipo Master Standard, modelo 111, serie 1140, el cual cuenta con compensador térmico y cuya constante es 0.932u.g./div. y tiene un rango de trabajo de 0.0 a 2300.0div.

El gravímetro es un aparato que mide diferencias de gravedad entre un punto y otro o, bien, en el mismo punto ya que es tan sensible que registra variaciones pequeñas causadas por cambios en el campo gravitacional, así como también se tienen pequeñas variaciones en las lecturas a causa de cambios en la temperatura o presión del medio ambiente o por estabilización del sistema elástico del propio aparato motivado por cambio de rango de lectura, movimientos bruscos o golpes. A la variación de lecturas del aparato en un solo punto con respecto al tiempo se le denomina deriva gravimétrica.

En la realización de enlaces se parte de una base gravimétrica, de gravedad conocida, y se toma la lectura del aparato anotándose en un registro, como dato complementario la hora a que se tomó dicha lectura. Se continúa tomando lectura de las siguientes estaciones (de 4 a 10, dependiendo de las condiciones topográficas) hasta llegar a una estación que se denominará base gravimétrica, después de tomar la lectura de la base se regresa -

a tomar la lectura de la base, conforme al esquema mostrado en la figura A.2.

En dicha figura la base inicial tiene por número 1784, las estaciones 1815 a 1820 son estaciones sencillas, la estación-1821 es una nueva base establecida. La observación se realizó de la siguiente manera: est. base 1784, estaciones sencillas 1815, -- 1816, , 1820, est. base 1821, regreso a est. base 1784 y nueva observación de la estación base 1821. Con este recorrido el - observador gravimétrico ha cerrado un loop. De la misma manera - se observa el segundo loop que, en el caso de este ejemplo, cierra con la estación base 740, que al igual que la estación base - 1784 es de gravedad conocida.

Debido a que la expresión gráfica de la deriva gravimétrica responde a una curva y a fin de poderla considerar lineal, para poder inferir su comportamiento entre dos lecturas consecutivas, el cierre de un enlace se restringe a 2:30h. En efecto, al considerar un lapso de tiempo reducido la derivada respecto al -- tiempo de la función deriva $L(t)$ tendrá una expresión lineal.

$$\frac{dL(t)}{dt} = mt+b \quad \dots\dots\dots A.7$$

Hasta aquí se tiene el valor de gravedad de la estación inicial y el de la final, así como un registro de lecturas y la hora a la que fueron tomadas. El siguiente paso es encontrar la diferencia de gravedad entre las bases 1784 y 1821, así como -

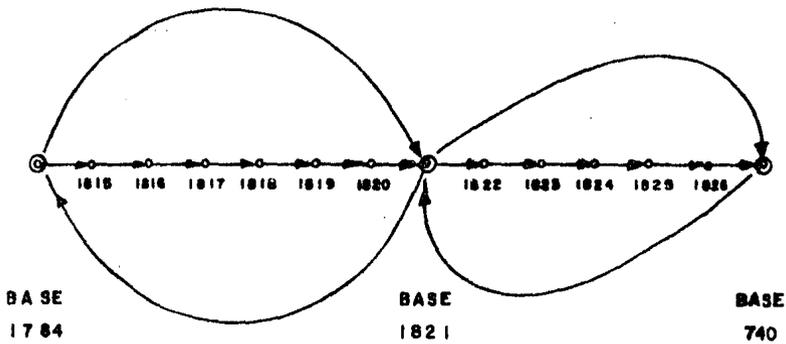


FIGURA A.2
ORDEN DE OBSERVACION EN DOS ENLACES GRAVIMETRICOS (LOOPS)

Cataggi Félix F. de J. y Silva Gamboa D. A. Tesis Profesional

la diferencia entre las bases 1821 y 740. Si la observación fue adecuada la suma de las dos diferencias de gravedad debe ser -- igual a la diferencia entre las bases 1784 y 740, ± 2.0 u.g., que es la tolerancia permitida para este tipo de levantamientos gravimétricos), anteriormente establecidas.

Para calcular la diferencia de gravedad entre las bases respecto al tiempo (o sea, su deriva), supóngase el registro gravimétrico y la gráfica de deriva mostrados en las figuras A.3 - y A.4.

En el registro gravimétrico de campo mostrado en la figura A.3 se indican las lecturas y la hora a la que fueron tomadas. En la figura A.4 se muestra una gráfica de deriva donde se observa el comportamiento de las bases gravimétricas.

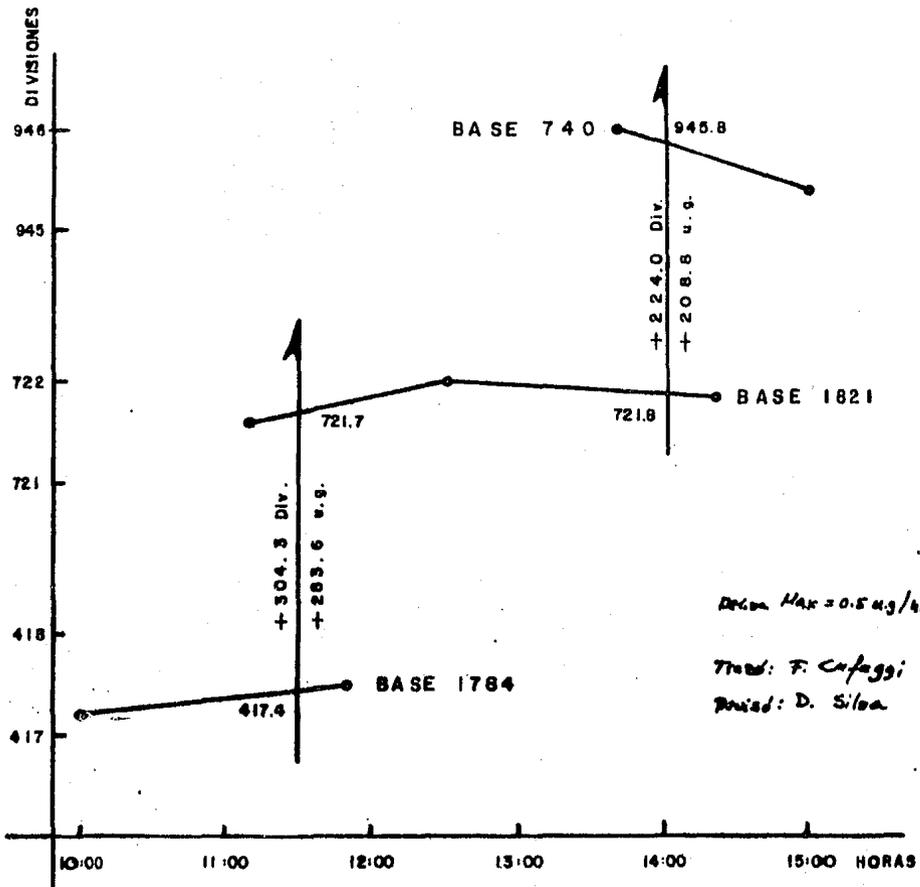
Así, para calcular la diferencia de gravedad entre una base y la siguiente se cortan las gráficas de dichas bases a una hora media entre la primera lectura de la segunda base y la segunda lectura de la primera base de un loop; en el primer loop se -- tiene que dicha hora es a las 11:30 h (promedio entre 11:10 y -- 11:50h) y la de la gráfica se obtienen los valores de la base - - 1784 (417.4 div.) y de la base 1821 (721.7 div.) a una misma hora; se calcula la diferencia (+ 304.3 div.) y se multiplica por la constante del aparato (0.932 u.g./div.) resultando la diferencia de gravedad entre bases dada en u.g. (+ 283.6). El signo indica que la diferen-

REGISTRO GRAVIMETRICO DE CAMPO

ESTACION	LECTURA (Div.)	HORA	VALOR BASE (Div.)	DIFERENCIA (Div.)	DIFERENCIA (u.g.)	GRAVEDAD OBSERVADA Y COMP (u.g.)
Transporte en vehículo de 10 de 9:30 a 10:00; observ. en vehículo						
1788	417.2	10:00	—	—	—	978 6481.2
1815	486.9	10:10	417.2	+69.7	+65.0	} 6486.2 6495.2 6498.2 6579.3 6611.3
1816	475.2	10:18	417.3	+57.9	+54.0	
1817	510.6	10:32	417.3	+93.3	+87.0	
1818	586.9	10:40	417.3	+169.6	+168.1	
1819	621.8	10:52	417.4	+204.0	+190.1	
1820	686.2	11:06	417.4	+268.8	+250.5	6671.7
1821	721.6	11:10	—	—	—	—
1784	417.5	11:50	—	—	—	—
1821	722.0	12:30	—	—	—	978 6704.9
1822	776.9	12:42	722.0	+54.9	+51.2	} 6756.1 6768.3 6804.3 6870.1 6898.0
1823	811.5	12:52	722.0	+89.5	+88.4	
1824	878.2	13:04	721.9	+156.3	+141.9	
1825	899.1	13:16	721.9	+177.2	+166.2	
1826	915.2	13:28	721.9	+193.3	+180.2	
740	946.0	13:40	—	—	—	—
1821	721.8	14:20	—	—	—	—
740	946.4	15:00	—	—	—	978 6918.3
Transporte en vehículo de 15:00 a 15:40.						
APARATO: WMS 1180			CONSTANTE: 0.932 u.g./div.			
OBSERVO: L. González			CALCULO: F. Caffery		REVISO: D. Sierra	

REGISTRO GRAVIMETRICO DE CAMPO CON CALCULO DE GRAVEDAD OBSERVADA PARA ESTACIONES COMUNES (NO BASES)

FIGURA A.3



GRAFICA DE DERIVA

FIGURA A.4

cia de gravedad entre la primera y la segunda base es positiva. - Para el caso del segundo loop la hora media es a las 14:00h y la diferencia de gravedad entre las bases 1821 y 740 es + 208.8u.g.

La compensación de bases (o cierre gravimétrico de la línea de observación "Est. 1784 - Est. 740") se realizó como se muestra en la figura A.5. En dicha figura se indica que el error de la línea fue de + 0.3u.g y puesto que el error es menor a la tolerancia (± 2.0 .u.g) se procedió a compensarla con -0.3u.g. Los valores de gravedad compensada para las estaciones 1784 y 740 se tomaron de hojas de Compensación de Bases realizadas con anterioridad. Las bases de apoyo para el trabajo efectuado fueron las Bases Gravimétricas Pendulares ubicadas en los aeropuertos de Saltillo y Monclova, Coah., establecidas por Monges (1962) y revisadas por el Sistema Latinoamericano de Geofísica (SILAG, 1967).

Para obtener el valor de gravedad de las estaciones - 1815 a 1820 y 1822 a 1826 se anotó en el registro de campo (Fig. A.3) el Valor Base (que se toma de la gráfica de deriva, (Fig. -- A.4), dicho valor es el que tendría la base inicial del loop a la misma hora que se observó la estación común; por ejemplo, la estación 1815 fue observada a las 10:10h, en la gráfica de deriva se ve que el Valor Base a esa hora es 417.2div, por lo que se anota en el registro; en la columna diferencias (Div.) se escribe la diferencia entre la lectura de la estación (486.9) y del Valor Base (417.2), por lo que se anota dicha columna + 69.7; en la columna-

ESTACION	DIFERENCIA S/COMPENSAR (u.g.)	COMPENSACION (u.g.)	DIFERENCIA COMPENSADA (u.g.)	GRAVEDAD COMPENSADA (u.g.)
Cierre Geométrico de la línea			Est. 1789 - E	Est. 740
1784				978 6421.6
1821	+ 283.6	- 0.3	+ 283.3	7 6704.9
740	+ 208.8	- 0.4	+ 208.4	↓ 6913.3
Σ	+ 492.2	- 0.7	+ 491.5	
	Error +0.7 u.g.	Comp. -0.7 u.g.	Tol. I	2.0 u.g.
	Línea dentro de tolerancia			
	Calculó: Cofegs:		Revisó: Silva	

COMPENSACION DE BASES

FIGURA A.5

Diferencias (u.g) se anota el último valor obtenido multiplicado por la constante del aparato, + 65.0; finalmente, en la última - columna del registro se anota la suma algebraica del valor anterior y el valor de Gravedad Observada y Compensada de la base -- inicial del primer loop (dicho valor de la base es tomado de la Compensación de Bases, Fig. A.5), para la estación del ejemplo - se anotó 978 6486.2, con este procedimiento se calcularon todas las estaciones comunes del presente trabajo.

C. Nivelación

La nivelación de las estaciones se realizó por el método de nivelación diferencial y para ello se contó con aparatos Wild NA-0, fijos y automáticos.

La tolerancia permitida fue $+0.06 \sqrt{K}$ donde K es el número de kilómetros nivelados y la expresión está dada en metros. La compensación de la nivelación se realizó por el método gráfico.

La nivelación se apoyó en bancos de nivel de precisión establecidos por DETENAL, los cuales se encuentran en número adecuado, sobre la Carretera Monterrey-Colombia, en su tramo Monterrey-Villaldama.

A.3. SEPARACION DE ANOMALIAS.

Una vez que se obtuvo el valor de Anomalía de Bouguer Corregida para cada una de las estaciones gravimétricas, se procedió a vaciar dichos datos en un plano y se configuraron curvas -- isoanómalas a cada 10.u.g. El resultado obtenido fue un plano de Anomalía de Bouguer (Plano 8.1).

En el plano de Anomalía de Bouguer se configuró la suma de los efectos gravimétricos regionales y residuales, o sea la suma de los efectos que producen cuerpos ubicados a profundidad -- como puede ser el basamento y de los efectos de cuerpos relativamente someros, como pueden ser pliegues de la cobertura sedimentaria, cuerpos intrusivos, domos salinos, etc. Es conveniente indicar que para un tipo de trabajo, como el presente, una anomalía regional, o residual, no lo es necesariamente para otro tipo de trabajo, ya que la tendencia de las curvas regionales y residuales dependen del tipo de malla establecida (Gupta, V. and Ramani, N., 1980).

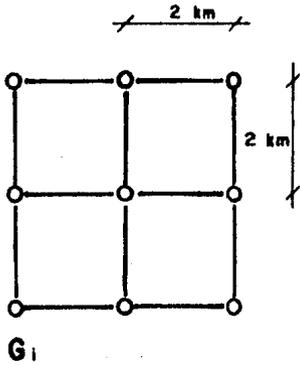
Por lo tanto es necesario separar el efecto regional del residual de la Anomalía de Bouguer. Existen varios métodos -- para realizarlo, todos ellos consisten en "suavizar" las curvas -- de la Anomalía de Bouguer buscando la tendencia regional de las curvas. La diferencia entre la Anomalía de Bouguer y la Anomalía regional es la Anomalía Residual.

El método utilizado en el presente trabajo fue el del operador de 9 puntos en cuadro, con espaciamiento entre los puntos de 2Km. El valor de la Anomalía Regional, para el punto central, es el promedio de los valores de los 9 puntos. El de la Anomalía Residual es el de la Anomalía de Bouguer menos la Anomalía Regional, la figura A.6 muestra el operador de 9 puntos y las fórmulas para el cálculo de las Anomalías Regionales y Residuales.

El cálculo de Anomalías Regionales y Residuales fue realizado por una computadora, a la cual se alimentó con una matriz de valores de Anomalía de Bouguer que fueron tomados de la configuración, interpolando entre curvas y tomando lecturas con espaciamiento de 1Km en cuadro.

Después de que la computadora realizó los cálculos de Anomalías Regionales y Residuales, se vaciaron dichos datos en hojas escala 1: 50,000, similares a la hoja en que se configuró la Anomalía de Bouguer. Posteriormente se configuró la Anomalía Regional, con intervalo entre curvas isoanómalas de 10u.g. (plano 8.2, al final del texto), y la Anomalía Residual, con intervalo entre curvas isoanómalas de 5.u.g. (Plano 8.3,).

El método aquí descrito tanto en la operación de campo como en el cálculo y separación de anomalías gravimétricas (parámetros y fórmulas) cumple con los requisitos establecidos por PEMEX, para levantamientos gravimétricos a semidetalle en exploración petrolera.



$$\text{REGIONAL} = \frac{\sum_{i=1}^{i=9} G_i}{9}$$

$G =$ ANOMALIA DE BOUGUER

$\text{RESIDUAL} = G - \text{REGIONAL}$

FORMULAS UTILIZADAS EN LA SEPARACION DE ANOMALIAS

FIGURA A. 6

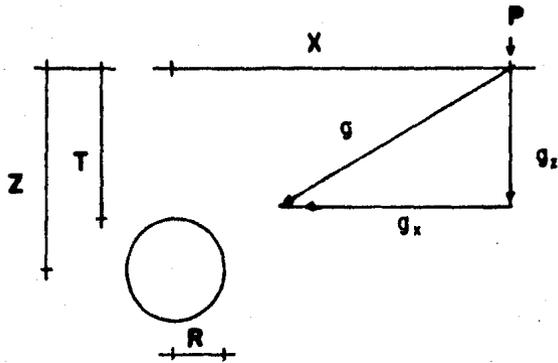
CAFAGGI FELIX F. de J. y SILVA GAMBOA D. A.
 TESIS PROFESIONAL, UNAM, 1986

A.4 CALCULO DE PROFUNDIDAD DE UN CILINDRO HORIZONTAL:

La identificación de cuerpos que causan anomalías gravimétricas normalmente se realiza comparando el perfil gravimétrico de un cuerpo de forma y contraste de densidad dado, por consideraciones geológicas supuestas, contra el perfil gravimétrico de la Anomalía Residual.

La Anomalía Residual que se identifica en la Sierra de Gomas se interpretó cualitativamente como la respuesta a una masa salina ubicada en el subsuelo. Nettleton (1976) ha relacionado la forma de anomalías residuales de cuerpos salinos con cuerpos regulares, de esta manera relaciona esferas con anomalías circulares y cilindros horizontales con anomalías elípticas; debido a que la anomalía que nos ocupa se identifica más con la forma -- elíptica que con la circular, se optó por seguir el método propuesto por el citado autor para la interpretación de cuerpos cilíndricos horizontales, aunque existen otros métodos, por ejemplo el de Skeels (1970), y variaciones entre ellos.

Así pues, un cilindro horizontal de radio R situado a una profundidad Z del nivel del terreno, y a una distancia horizontal X de un punto P causará una anomalía gravitacional g_z de componente vertical por contraste de densidad, en el punto P (ver figura A.7) de



$$g_x = \frac{419.3 R^2 \sigma}{Z} \frac{1}{(X/Z)^2 + 1}$$

ATRACCION DE UN CILINDRO DE RADIO R ENTERRADO A UNA PROFUNDIDAD Z SOBRE UN PUNTO P A UNA DISTANCIA X

FIGURA A.7

$$g_z = \frac{2 \pi G \sigma R^2}{z} \cdot \frac{1}{(X/Z)^2 + 1} \quad \dots A.8$$

Donde G es la constante gravitacional y σ es el contraste de densidad.

La expresión A.8 se puede desarrollar y quedar

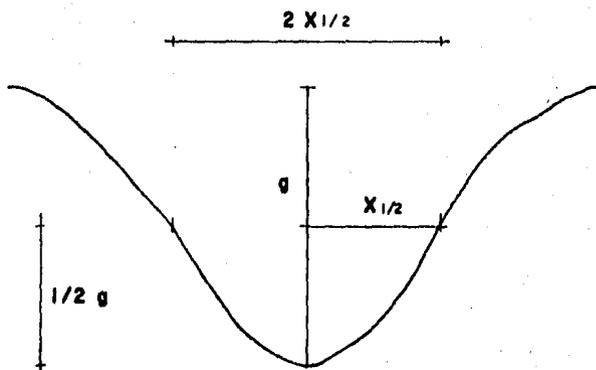
$$g_z = 419.3 \sigma \frac{R^2}{z} \frac{1}{(X/Z)^2 + 1} \quad \dots A.9$$

Si consideramos X, Z y R en Km, σ en g/cm^3 , el resultado está dado en u.g.

Con la fórmula A.9 se puede calcular el efecto que produce un cuerpo cilíndrico horizontal sepultado. En el caso contrario se trataría de calcular la profundidad y radio del cuerpo partiendo de la anomalía que produce.

Para estimar la profundidad del cuerpo que produce la anomalía se mide $X_{\frac{1}{2}}$, la cual se define como el valor de X/Z para el cual el valor de g_z es la mitad del máximo absoluto (Fig. A.8) - esto es, para el caso del cilindro.

$$\frac{1}{(X/Z)^2 + 1} = \frac{1}{2}$$



PARAMETROS DE UNA CURVA DE ANOMALIA NECESARIOS EN EL
CALCULO DE PROFUNDIDAD

FIGURA A.8

De donde se obtiene que

$$X_{\frac{1}{2}} = Z \quad \text{ó} \quad Z = \frac{1}{2} (2X_{\frac{1}{2}}) \quad \dots A.10$$

Por lo que una vez obtenido $X_{\frac{1}{2}}$ es fácil obtener Z , en Km, y substituir en la ecuación A.9, teniendo el radio R en función de los demás parámetros.

$$R = \sqrt{\frac{Z \cdot g}{419.3 \cdot \sigma}} \quad \dots A.11$$

Finalmente la cima (T) del cilindro se encontrará bajo el eje del mínimo a una profundidad.

$$T = Z - R \quad \dots A.12$$

A manera de ejemplo se tratará la sección gravimétrica C-C' del plano de Anomalía Residual (Plano 8.3) y también mostrada en la figura A.11.

Se requiere conocer inicialmente Z , para lo cual se mide $2X_{\frac{1}{2}}$ (4.300 KM), así tenemos que $Z = 2.150$ Km. Posteriormente para calcular R tenemos conocida Z , g (67u.g.) y σ (0.4 g/cm³), por simple substitución en la expresión A.11.

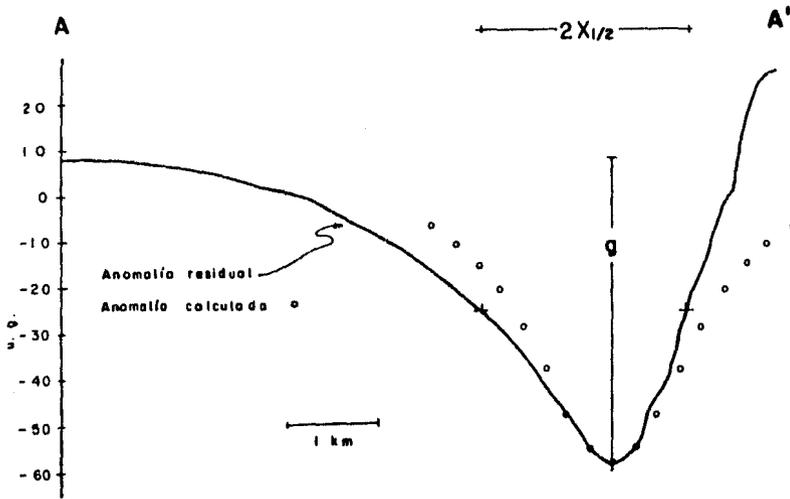
$$R = \sqrt{\frac{Z \cdot g}{419.3 \cdot \sigma}} = \sqrt{\frac{2.150 (67)}{419.3 (0.4)}} = 0.927 \text{ Km}$$

Y la cima se calcula de la expresiónA.12

$$T = Z - R = 2.150 - 0.927 = 1.223 \text{ Km.}$$

Para comprobar el resultado de los cálculos se procede a la inversa. Se calcula la anomalía a obtener a diferentes distancias con los parámetros obtenidos y se comparan las curvas, en el caso de que las curvas sean sensiblemente parecidas la interpretación se considera aproximada.

Con el fin de calcular la profundidad de la cima de sal y su comportamiento dentro del anticlinal se construyeron e interpretaron 4 secciones gravimétricas transversales a la estructura (Plano 8.3). Los resultados de las interpretaciones se muestran en las figuras A.9 a A.12, en las cuales se muestran las curvas de anomalía que produce el cuerpo interpretado, para su comparación con la curva original, y los cálculos realizados.



$g = 67 \text{ u.g}$

$X_{1/2} = 1.125 \text{ km}$

$\sigma = 0.4 \text{ g/cm}^3$

$Z = 1.468 \text{ km}$

$R = 1.089 \text{ km}$

$T = 0.379 \text{ km}$

X	g (°)
0.0	67
0.25	64
0.5	56
0.75	47
1.0	38
1.25	30
1.5	24
1.75	20
2.0	16

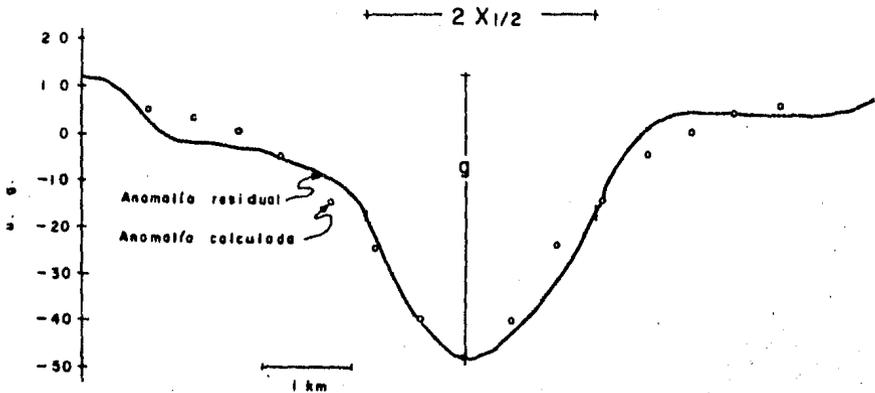
(°) Anomalia calculada

CALCULO DE PROFUNDIDAD DE LA SECCION A - A'

FIGURA A.9

B

B'



$$g = 60 \text{ u.g.}$$

$$X_{1/2} = 1.250 \text{ km}$$

$$\rho = 0.4 \text{ g/cm}^3$$

$$Z = 1.250 \text{ km}$$

$$R = 0.670 \text{ km}$$

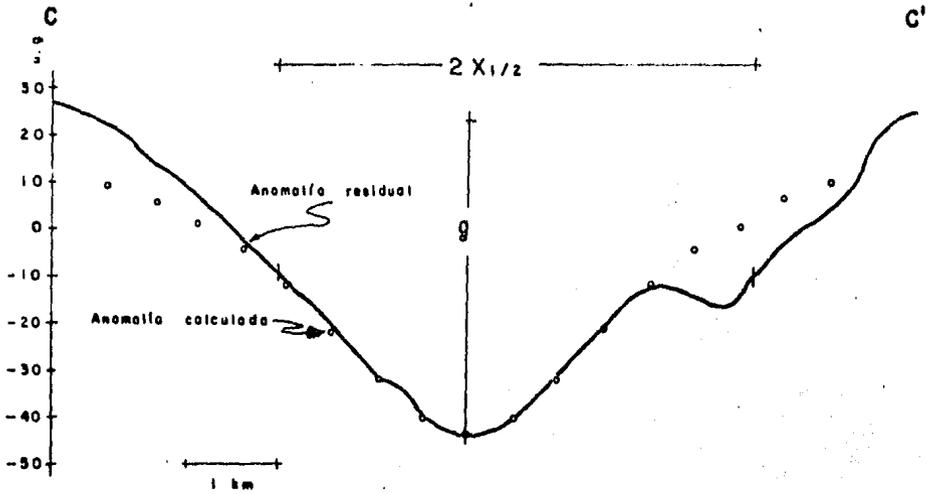
$$T = 0.580 \text{ km}$$

X	g (u)
0.0	60
0.5	52
1.0	37
1.5	27
2.0	17
2.5	12
3.0	9
3.5	7

(*) Anomalia calculada

CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE LA
SECCION B - B'

FIGURA A.10



$g = 67 \text{ u.g.}$

$X_{1/2} = 2.150 \text{ km}$

$\sigma = 0.4 \text{ g/cm}$

$Z = 2.150 \text{ km}$

$R = 0.927 \text{ km}$

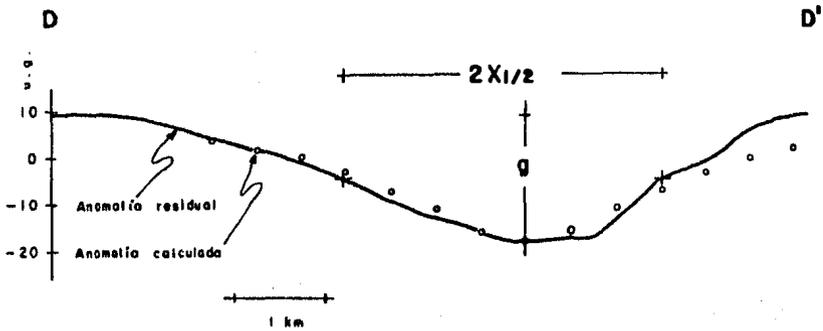
$T = 1.223 \text{ km}$

X	g (o)
0.0	67
0.5	64
1.0	55
1.5	45
2.0	36
2.5	29
3.0	23
3.5	18
4.0	15

(o) Anomalia calculada

CALCULO DE PROFUNDIDAD DE LA
SECCION C - C'

FIGURA A.11



$g = 27 \text{ u. g.}$

$X_{1/2} = 1.750 \text{ km}$

$\delta = 0.4 \text{ g/cm}^3$

$Z = 1.750 \text{ km}$

$R = 0.530 \text{ km}$

$T = 1.220 \text{ km}$

X	g (°)
0.0	27
0.5	25
1.0	20
1.5	16
2.0	12
2.5	9
3.0	7
3.5	5

(°) Anomalia calculada

CALCULO DE PROFUNDIDAD DE LA
SECCION D - D'

FIGURA A.12

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ADKINS, W.S., 1932. The Mesozoic System in Texas, in the Geology of Texas. Stratigraphy, Univ. Texas Bull 3232, Vol. 1: 239-518.
- ANDREWS, D. I., 1960. The Luan Salt and its Relationship to Gulf coast Salt Domes. Transactions Gulf Coast Assoc. of Geological Societies. Vol X: 215 - 239.
- ARCE V., H., 1966. Cartografía Geológica de la Sierra de Picachos, Estado de Nuevo León.
Tesis Profesional. Univ. de San Luis Potosí
- BISHOP, B. A., 1964. Columnas Estratigráficas de la Sierra de Picachos, PEMEX, Inédito.
- BURROWS, R. H., 1910. Geology of northern México.
Bol. Soc. Geol. Mexicana, Vol. 7: 85-103.
- CAMACHO, H., 1960. Invertebrados fósiles. EUDEBA, Buenos Aires, Argentina.
- CASTILLO M., A., 1982. Reconocimiento Geológico de una porción de los Estados de Chihuahua y Coahuila, Tesis Profesional, UNAM.

- CONEY, P., 1976. Plate Tectonics and the Laramide Orogeny, New Mexico Geological Society, Special Publication.
No. 6: 5-10.
- DE CSERNA, Z. 1956. Tectónica de la Sierra Madre Oriental entre Torreón y Monterrey. Congr. Geol. Inter., XX.
- DE SITER, L. U., 1976. Geología Estructural, Ed. Omega, Barcelona, España. Traducción de la 1.ª edición en inglés.
- DICKINSON, W.R. y CONEY, P. J., 1980. Plate Tectonic Constraints of the origin of the Gulf of México.
- DOBRIN, M. B., 1975. Introducción a la prospección geofísica. Ed. Omega, Barcelona, España. Traducción.
- ECHANOVE E., O. 1965. Informe Geológico NE-M-960 PEMEX Inédito.
- GARCIA D., G., 1965. Geología de la Sierra de Picachos, Nuevo León. Tesis Profesional. I.P.N.
- GEOCA, S. A. 1983. Informe Final del Prospecto Gravimétrico Mi-na. Elaborado para PEMEX. Inédito.
- GERA, P. 1972. Review of Salt Tectonics in Relation to the Disposal of Radioactive Wastes in Salt Formations. Geol. Soc. Amer. Bull, Vol. 83, NO. 12. 3551-3574.

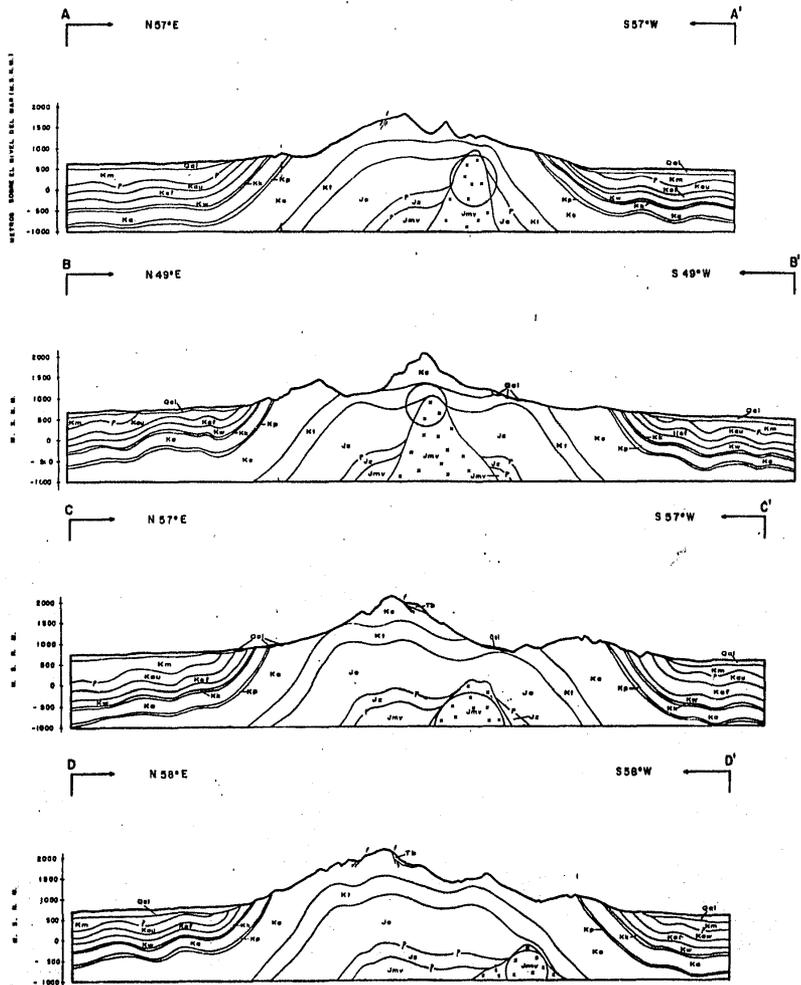
- GONZALEZ G., R., 1976. Bosquejo Geológico de la Zona Noreste, III Simposium Geología del Subsuelo, Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 1978.
- GUPTA, V. K. AND REMANI N. 1980. Some aspects of regional-residual separation of gravity anomalies in a precambrian terrain Geophysics Vol. 45, No. 9 Society of Exploration Geophysicists.
- HUMPHREY, W.E., 1949. Geology of the Sierra de los Muertos Area, Mexico (with descriptions of Aptian Cephalopods from the La Peña Formation). Bul, Geol. Soc. America, 60: 89-176.
- HUMPHREY, W. E., 1956. Tectonic Framework of Northeastern Mexico Transactions Gulf Coast Assoc. of Geological Societies. Vol. VI: 25-35.
- HUMPHREY, W. E. Y G. T. DIAZ, 1956. Jurassic and lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonics of Northeast Mexico. In Informe Geológico, PEMEX NE-M-799, Inédito.
- IMLAY, R. W., 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, México Part IV, Geology of the western part of the Sierra de Parras, Bull. Geol. Soc. América, 47:1091-1152.
- IMLAY, R. W., 1937. Stratigraphy and Paleontology of the Upper Cretaceous beds along the Eastern side of the Laguna de Mayrán, Coahuila, México. Bull. Geol. Soc. America, 48: 1785-1872.

- IMLAY, R. W., 1944, Correlations of the Cretaceous Formations of the Greater Antilles, Central América, and México, Bull. Geol. Soc. América, 55: 1005-1045.
- KIRKLAND D.W. Y R. EVANS, 1981. Source-Rock Potential of Evaporitic Environment. Bull. Am. Assoc. of Petroleum Geologist. 181-190.
- LOPEZ RAMOS, E., 1980, Geología de México, 2a Ed. México, edición escolar, Tomo II.
- LOPEZ TICHA, D. 1962. Informe Geológico NE-W-1005 PEMEX, Inédito.
- MITRE S., 1981. Las imágenes landsat una herramienta útil en la interpretación geológico-estructural; un ejemplo en el noreste México. Revista del Instituto de Geología, Volumen V, Núm. 1.
- NETTLETON, L. L., 1976. Gravity and Magnetism in Oil Prospections. Mc. Graw Hill, New York, U.S.A.
- PADILLA Y SANCHEZ R., J., 1982, Geological Evolution of the Sierra Madre Oriental Between Linares, Concepción del Oro, Saltillo y Monterrey, México. Tesis Ph. Dr. Univ. of Texas at Austin.

- SILAG, 1967. Catálogo de bases gravimétricas establecidas en México. Sistema Latinoamericano de Geofísica.
- SKEELS, D. C., 1970. Solución aproximada al problema de la máxima profundidad en la interpretación gravimétrica. Boletín de la Asoc. Mex. de Geofísicos de Expl. Vol. XI, N° 1, p. 22-42. Traducción.
- TAMAYO, J. L. 1962. Geografía General de México Tomo I, Geografía Física. 2ª Edición. Inst. Méx. de Invest. Económicas.
- TARDY, M., 1972. Stratigraphie et Tectonique de la Sierra Madre Oriental au niveau du secteur transversal de Parras (Etat de Coahuila, Mexique). Bull. Soc. Géol. France., (7) XIV: 66-76.
- TARDY, M. Y R. RUIZ, 1974. Sobre la observación directa del "décollement" de la cobertura mesozoica del sector transversal de Parras, sobre el flanco oriental del anticlinal de San Julián, Sierra Madre Oriental, Estado de Zacatecas, México. Inst. Geol. U.N.A.M., México, Serie Divul, No. 2: 31-41.
- VELAZQUEZ A. L; Y OTROS. 1980. Determinación del funcionamiento Geohidrológico de los acuíferos de la zona de Monterrey, N. L., Comisión del Plan Nacional Hidráulico, S.A.R.H., Inédito.

- WALL, J. R., G. E. MURRAY AND T. DIAZ. 1961. Geologic occurrence of intrusive Gypsum and its effect on Structural forms in Coahuila Marginal Folded Province of Northeastern México. Bull. Amm. Assoc. of Petroleum Geologists. Vol. 45, No. 9: 1504 - 1522 p.
- WEIDIE, A. E., AND J.D. MARTINEZ, 1972. Evaporite Diapirism and Related Problems in Sierra del Fraile, México. In: Geology of Saline Deposits, UNESCO, Proceedings of the Hanover Symposium, 15-21 May, 1968. UNESCO 1972, París.
- ZARATE M., P., 1967. Estudio Geológico de la porción noroccidental del Estado de Nuevo León. Tesis Profesional, I.P.N.
- ZAVALA M.J., 1979. Bosquejo Geológico y Geotécnico de las Provincias Fisiográficas de México. Tesis Profesional, Fac. Ing., UNAM.,
- ZWANZIGER, J.A., 1976. Geología Regional del Sistema Sedimentario Cupido. III Simposium de Geología del Subsuelo. Memorias.

ANEXO DE PLANOS



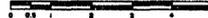
LEYENDA

CUATERNARIO	Qal	ALUVION		
	TERCIARIO	Tb	BRECHA DE COLAPSO	
		Km	FORMACION MENDE Y EQUIVALENTES	
	CRETACIO	Kw	FORMACION AUSTIN	
		Ks	FORMACION EARLE POSS	
		Kp	FORMACION EARLE POSS	
		Kt	GRUPO WABBITA INDEFERENCIADO	
		ALBIANO	Kk	FORMACION KIANCHI
			Kj	FORMACION AURORA
			Ki	FORMACION LA PERA
JURASICO		Kq	FORMACION CUPIDO	
		Kd	FORMACION TARRIES	
		Kc	FORMACION TARRIES	
	K1	FORMACION TARRIES		
	NEOCOMIANO	Jc	GRUPO LA CARITA	
		Jv	FORMACION EUGARA	
	Oxfordiano	Jm	FORMACION MINAS VIEJAS (MIEMBRO YESIFERO)	
		Juv	FORMACION MINAS VIEJAS (DIAPIRICAS)	

SIMBOLOS

- CONTACTO GEOLÓGICO
- FALLA DE TALUD
- CIE ANTECLINAL
- CIE SINCLINAL
- CILINDRO HORIZONTAL INTERPRETADO POR GRAVIMETRIA
- RASO INVERTIDO

KILOMETROS



ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA CIENCIAS DE LA TIERRA
	SECCIONES GEOLOGICAS de la SIERRA DE SOMAS
TESIS PROFESIONAL	CAPASSI FELIX FCO. de J. SILVA GAMBOA D. A.
ESCALA GRAFICA	PLANO 7.1 1985

