

3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA
SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA.

TESIS

Que para obtener el título de
INGENIERO GEOLOGO

presenta:

VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA

DIRECTOR: ING. EMILIANO CAMPOS MADRIGAL



300350

México, D. F.

2001



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-936

SR. VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Emiliano Campos Madrigal y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

- I INTRODUCCION
 - II GEOGRAFIA
 - III GEOLOGIA REGIONAL
 - IV GEOLOGIA DE SEMIDETALLE
 - V HIDROGEOLOGIA
 - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA
PLANOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D. F. a 23 de agosto de 2001

EL DIRECTOR

ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*RLLR*gtg

DEDICATORIA

A mi madre, porque siempre luchó con fé por la superación de mis hermanos y la mía, motivándome con su ejemplo.

A mis hijos Arturo y Miguel Angel, porque ellos son el eje entorno al cual giran todos mis sueños e ilusiones.

A mi esposa Silvia por que ha sabido realizar con amor y sabiduría la función de madre y padre para mis hijos.

A la Sra. Margarita Pinales y al padre Julio por su apoyo total e incondicional.

A mis amigos, Edgardo Fuentes y Alejandro Gómez porque ante el paso el tiempo nuestra amistad ha permanecido sólida e inquebrantable.

A los Ingenieros Luis Delgado Argote y Germán Arriaga García, porque en su momento depositaron su confianza en mi.

A todos mis profesores y a la Facultad de Ingeniería por mi formación profesional, y por todas las satisfacciones logradas como estudiante.

INDICE GENERAL

	Página:
INDICE	i
LISTADOS	
DE PLANOS	iii
DE FIGURAS	iv
DE TABLAS	vi
1 INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodología	3
1.3.1 Actividades de Gabinete	3
1.3.1.1 Recopilación y Análisis de la Información	3
1.3.1.2 Interpretación de Espaciomapas y Fotografías Aéreas	4
1.3.2 Actividades de Campo	5
1.3.3 Integración de Resultados y Elaboración del Informe Final	6
2 GEOGRAFIA	7
2.1 Localización y Vías de Comunicación	7
2.2 Clima y Vegetación	9
2.3 Fisiografía	13
2.4 Geomorfología	14
2.4.1 Sierras	15
2.4.2 Valles	16
2.5 Red Hidrográfica	17

	Página:
3 GEOLOGIA REGIONAL	18
3.1 Estratigrafía	20
3.1.1 Rocas Sedimentarias	22
3.1.2 Rocas Igneas	66
3.2 Geología Estructural	68
3.2.1 Conjunto Estructural Mayrán	70
3.2.2 Anticlinales	71
3.2.3 Sinclinales	79
3.2.4 Fallas	83
3.3 Geología Histórica	86
3.4 Tectónica	97
3.4.1 Paleozoico	97
3.4.2 Mesozoico	102
3.4.2.1 "Provincias Petrotectónicas"	104
3.4.3 Cenozoico	105
3.5 Modelo Mecánico de Deformación Tectónica	106
4 GEOLOGIA DE SEMIDETALLE	109
4.1 Estratigrafía	110
4.2 Geología Estructural	117
4.2.1 Anticlinales	117
4.2.2 Sinclinales	120
4.2.3 Fallas	121
4.3 Análisis Estructural	126
5 HIDROGEOLOGIA	130
5.1 Unidades Hidrogeológicas (UH)	130
5.2 Sistemas Hidrogeológicos (SH)	135
5.3 Bloque Hidrogeológico de Parras	140
5.4 Modelo Conceptual de Funcionamiento Hidrogeológico Regional	146
5.5 Análisis de la Precipitación en la Zona de Parras	149
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	153
6.1 Conclusiones	153
6.2 Recomendaciones	157

BIBLIOGRAFIA

ANEXO: PLANOS

LISTADO DE PLANOS

GEOLOGIA

PLANO GEOLOGICO REGIONAL	3.1
SECCION GEOLOGICA REGIONAL 1-1'	3.2
SECCIONES GEOLOGICAS REGIONALES 2-2' Y 3-3'	3.3
SECCIONES GEOLOGICAS REGIONALES 4-4' Y 5-5'	3.4
SECCIONES GEOLOGICAS DE SEMIDETALLE I-I', II-II' Y III-III'	4.1

HIDROGEOLOGIA

PLANO HIDROGEOLOGICO REGIONAL	5.1
SECCION HIDROGEOLOGICA REGIONAL 1-1'	5.2
SECCIONES HIDROGEOLOGICAS REGIONALES 2-2' Y 3-3'	5.3
SECCIONES HIDROGEOLOGICAS REGIONALES 4-4' Y 5-5'	5.4
SECCIONES HIDROGEOLOGICAS DE SEMIDETALLE I-I', II-II' Y III-III'	5.5

LISTADO DE FIGURAS

Página:

2.1	Localización del Area de Estudio	8
2.2	Distribución de la Temperatura Media Anual	10
2.3	Distribución de la Precipitación Media Anual	11
2.4	Provincias Fisiográficas	13
3.1	Distribución de las Secciones Estructurales	19
3.2	Sectores Estructurales de la Sierra Madre Oriental	69
3.3	Sistemas de Fallas Transcurrentes	83
3.4	Detalle de la Falla Caballo	85
3.5	Paleogeografía del Jurásico Superior	87
3.6	Bloque diagramático de los ambientes sedimentarios durante el Oxfordiano Superior	88
3.7	Paleogeografía y distribución de evaporitas (E) durante el Oxfordiano	89
3.8	Distribución de facies sedimentarias durante el Tithoniano	90
3.9	Distribución de facies sedimentarias durante el período Hauteriviano-Aptiano	92
3.10	Bloque diagramático de los ambientes sedimentarios durante el Hauteriviano-Aptiano	93
3.11	Distribución de facies sedimentarias durante el Albiano	94
3.12	Bloque diagramático de los ambientes sedimentarios durante el Albiano-Cenomaniano	95
3.13	Distribución de Localidades Paleozoicas	98
3.14	Distribución de los Cinturones Tectónicos Apalachiano y Ouachita	99
3.15	Ubicación de la Megashear Mojave-Sonora	101
3.16	Distribución de Bloques Corticales	101
3.17	Acortamiento Tectónico de la Sierra madre Oriental	107
3.18	Orientación del Acortamiento Tectónico	108

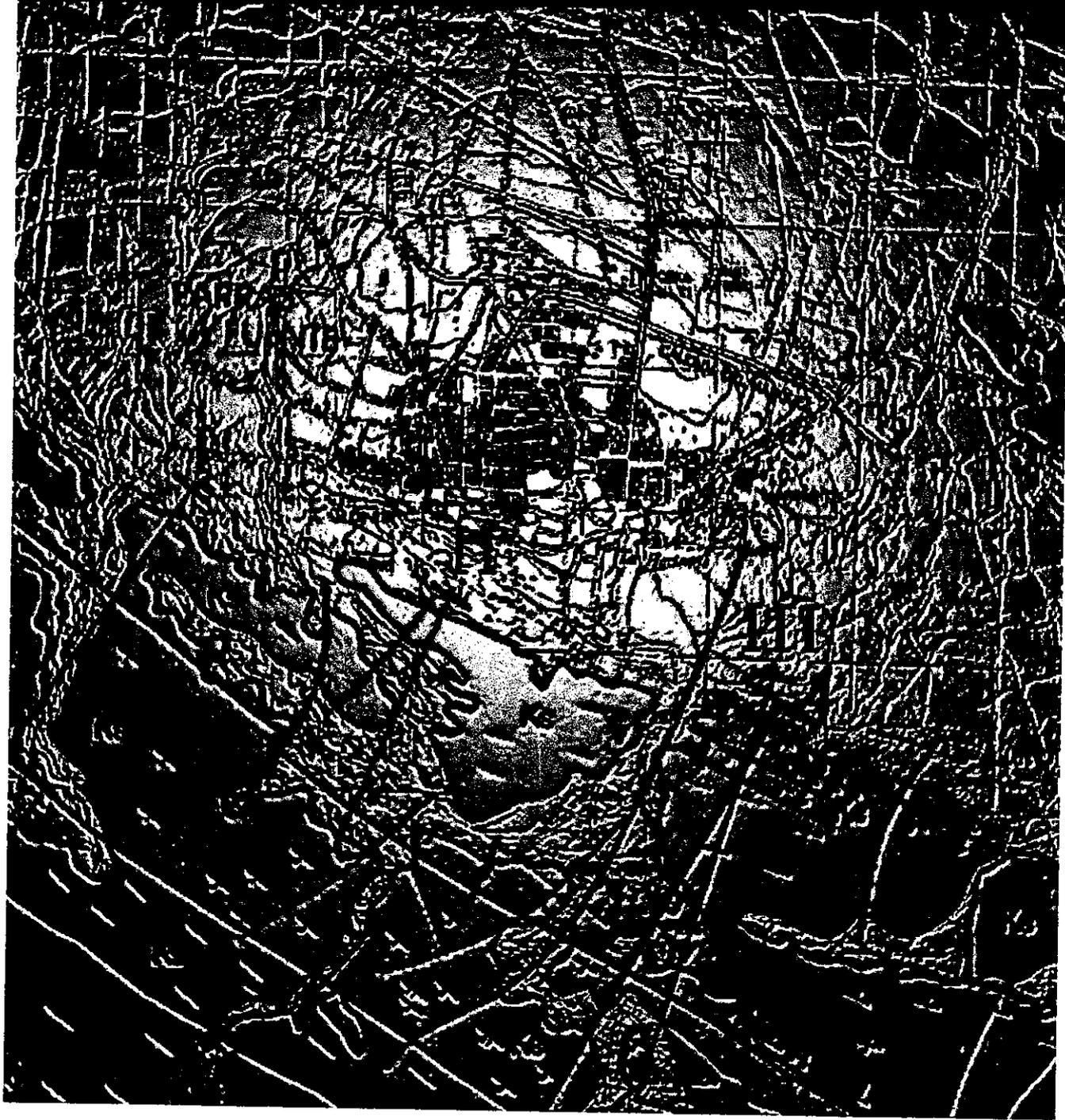
Página:

4.1	Diagrama de Roseta de las Fallas Asociadas al SFP	122
4.2	Diagrama de Roseta de las Fracturas Asociadas al SFP	123
4.3	Diagrama de Roseta de las Fallas Asociadas al SFDLF	124
4.4	Diagrama de Roseta de las Fracturas Asociadas al SFDLF	125
4.5	Análisis Estructural de la Sección I-I'	126
4.6	Análisis Estructural de la Sección II-II' (Fracturas)	127
4.7	Análisis Estructural de la Sección II-II' (Fallas)	127
4.8	Análisis Estructural de la Sección III-III' (Fracturas)	128
4.9	Relación Estructural de la Sección III-III' (Fallas)	128
4.10	Integración de Resultados en un Diagrama de Roseta	129
5.1	Sección Geológica Esquemática Regional	144
5.2	Sección Hidrogeológica Esquemática Regional	145
5.3	Modelo Conceptual de Funcionamiento Hidrogeológico	147
5.4	Precipitación Total Anual, Para el Período 1961-1999	151
5.5	Precipitación Total Anual, Para el Período 1989-1999	151
5.6	Índice de Humedad, Para el Período 1961-1999	152
5.7	Índice de Humedad, Para el Período 1989-1999	152

LISTADO DE TABLAS

	Página:
2.1 Distribución de la Media Mensual de los Principales Factores Climáticos	12
3.1 Columna Estratigráfica	21
4.1 Datos Estructurales de las Líneas de Sección	109
5.1 Galerías Filtrantes ("Tajos") Visitados en Campo	143
5.2 Datos de Precipitación (Estación Climatológica de Parras)	150

**ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE
LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA**



1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

En la actualidad, uno de los grandes problemas que enfrenta nuestro país consiste en el abastecimiento de agua, tanto para la población como para el desarrollo de las actividades agrícolas e industriales.

Este problema se vuelve aún más agudo en las zonas áridas y semiáridas, como las que existen en la parte norte de nuestro país.

Así por ejemplo, en la región comprendida entre General Cepeda y Saltillo, Coah. en los últimos años se ha perforado un gran número de pozos para abastecer de agua potable a la capital del estado; dichos aprovechamientos se localizan en la porción suroriental del estado, en las zonas de Carneros, Bañuelos y Palmas Altas.

La existencia de tales obras ha provocado que los habitantes de la región manifiesten su preocupación ante una posible afectación en sus obras de captación, debido al régimen de operación que tienen estos "campos" de explotación del agua subterránea.

En la zona de Parras se tiene una inquietud similar, ya que la operación de una obra (Pozo SIMAS No.1) ubicada inmediatamente al sur de esta localidad, en el extremo norte de la Sierra de Parras, ha provocado que un gran número de personas, entre ellas: usuarios e industriales importantes de esta zona, manifiesten su interés por conocer si dicho pozo o alguno de los otros que abastecen a la población pudieran afectar a las obras localizadas en el valle.

Ante ésta inquietud y con el propósito de conocer el modelo de funcionamiento de las rocas presentes en la región, se planteó la realización de un "Estudio Geológico e Hidrogeológico de la Sierra de Parras, Estado de Coahuila".

1.2 Objetivos

La presente tesis se encuentra encaminada a definir el marco geológico e hidrogeológico de los sistemas acuíferos presentes en la Sierra de Parras, de tal manera que sus objetivos principales son:

- Definir las condiciones litológicas, estratigráficas y estructurales que gobiernan la ocurrencia del agua subterránea dentro de la zona de estudio.
- Definir las diferentes unidades hidrogeológicas presentes en el área de estudio.
- Realizar una zonificación hidrogeológica de los sistemas acuíferos presentes en la zona.
- Definir el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico, para establecer la forma en que ocurre la recarga y la descarga del acuífero.
- Determinar la influencia de los pozos que abastecen de agua potable a la comunidad de Parras, sobre los aprovechamientos (pozos, norias y galerías filtrantes) de los usuarios preestablecidos en el valle, así como en las descargas naturales (manantiales) existentes.

1.3 Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos en el presente estudio se realizaron una serie de actividades de gabinete y en campo:

Como primera etapa se llevó a cabo la recopilación y el análisis de la información existente, con el fin de establecer un marco geológico-hidrogeológico de referencia.

Posteriormente se realizaron trabajos de campo, durante los cuales se visitaron los puntos de verificación previamente seleccionados; así mismo, se efectuaron "caminamientos" para realizar el levantamiento geológico y definir las estaciones de análisis estructural.

Finalmente se realizó e interpretó la información obtenida en las etapas de gabinete y de campo para elaborar un informe final, acompañado de planos y figuras.

El detalle de cada una de las actividades realizadas se describe a continuación:

1.3.1 Actividades de Gabinete

1.3.1.1 Recopilación y Análisis de la Información

Con el propósito de recopilar la información existente acerca de la geología, la hidrogeología, la cartografía y el clima de la región, se acudió a diversas dependencias de gobierno, tales como Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Nacional del Agua (CNA); también se visitaron las principales bibliotecas de la UNAM.

Se consultaron los estudios de carácter geológico-hidrogeológico realizados con anterioridad, al igual que el inventario de obras presentes en la región.

Para cubrir el aspecto cartográfico se acudió al INEGI para adquirir las cartas geológicas y topográficas escala 1:50,000, así como las fotografías aéreas escala 1:20,000 y los espaciomapas de la región a escala 1:250,000: Torreón (G13-9) y Monterrey (G14-7).

Una vez recopilada la mayor cantidad de información disponible, se seleccionó aquella que tenía mayor relevancia para los propósitos de este estudio; la bibliografía de carácter geológico se agrupó y se analizó a detalle para establecer el marco geológico-hidrogeológico preliminar de la zona de estudio.

1.3.1.2 Interpretación de Espaciomapas y Fotografías Aéreas

En los espaciomapas se observaron, marcaron e interpretaron los rasgos estructurales más sobresalientes, así como los límites de las unidades litoestratigráficas presentes en la zona; esta última labor se realizó con base a lo reportado en trabajos previos, realizados tanto en el área de estudio como en zonas adyacentes.

Con las fotografías aéreas adquiridas se armó un mosaico fotográfico dividido en 15 líneas, cuya orientación de vuelo esta dada en dirección este-oeste:

- INEGI-DGCC R-SCI 187 L-544, L-545, L-546, L-547 y L-548 (G13-D39).
- Z 74 "A" L-6, L-7, L-8 (R-1161), L-9 (R-1093), L-10, 11 y 12 (R-1096).
- Z 75 "A" L-8 (R-4), L-10 (R-1) y L-12 (R-13).

Las fotografías aéreas fueron interpretadas a través de pares estereoscópicos, y en cada par se marcaron los contactos geológicos, las trazas de fallas, las fracturas principales, los datos de la estratificación (rumbos y echados) y los ejes estructurales de anticlinales o sinclinales.

El análisis conjunto de la información recabada y la fotointerpretación permitieron seleccionar los puntos de verificación geológica, así como definir el trazo de las secciones estructurales, programando de mejor manera el itinerario de trabajo para los recorridos de campo dentro de la zona de estudio.

1.3.2 Actividades de Campo

Durante esta etapa se procedió a visitar los puntos de verificación y a realizar las líneas de sección estructural, ambas definidas en la etapa de fotointerpretación geológica.

En los puntos de verificación se describieron las principales características de las rocas, tales como: su litología, color, textura, grado de fracturamiento y su relación estratigráfica con otro tipo de rocas circundantes; así mismo se tomaron los datos estructurales (rumbos y echados) de las rocas estratificadas.

En cada uno de los sitios visitados se marcaron las siglas "GM" acompañadas del número consecutivo que le correspondiera.

Con la información obtenida en las localidades visitadas se realizaron 5 líneas de sección a escala regional, 4 en la Sierra de Parras y 1 en la Sierra de la Peña; así mismo, se efectuaron 3 secciones de semidetalle en la zona ubicada inmediatamente al sur de la localidad de Parras.

Adicionalmente, con el apoyo de los caminamientos y de los conocimientos que se tienen de la zona se construyeron 2 secciones esquemáticas regionales, una de carácter geológico y otra de indole hidrogeológica, esto, para representar la relación que existe entre el pozo SIMAS No.1 y las galerías filtrantes (localmente denominadas como "tajos") localizadas justo en la base de la parte septentrional de la Sierra de Parras.

1.3.3 Integración de Resultados y Elaboración del Informe Final

Con los datos obtenidos en la etapa de campo se "reinterpretaron" las primeras observaciones hechas a las fotografías aéreas, de esta manera se pudieron detallar los contactos trazados para las unidades litoestratigráficas, así como los ejes de las estructuras, trazas de fallas y fracturas verificadas.

Los datos marcados en las fotografías aéreas se transfirieron a los planos topográficos escala 1:50,000 con el propósito de elaborar el plano geológico regional en donde se indican los puntos de verificación visitados en campo, así como los aspectos geológico-estructurales de cada tipo de roca.

De forma complementaria se construyeron secciones estructurales en las que se representó la geometría de los pliegues de las unidades litológicas verificadas.

También se elaboró un plano en donde se agrupo a las unidades hidrogeológicas, definidas en función directa de su respuesta al paso del agua, tanto superficial como subterránea.

Como último punto se elaboró el informe final, en donde se describen los resultados obtenidos en las diferentes actividades realizadas, así como las conclusiones y recomendaciones obtenidas como producto de este estudio.

2. GEOGRAFIA

2.1 Localización y Vías de Comunicación

El área de estudio se localiza en la parte sur del Estado de Coahuila, muy cerca del límite con el estado de Zacatecas, y justo entre las ciudades de Torreón y Saltillo, Coah.

El área se encuentra delimitada por las coordenadas geográficas 25°00' a 25°45' de latitud norte y 101°55' a 103°00' de longitud oeste (figura 2.1).

Los límites físicos del área están definidos de la siguiente manera:

- Al norte.- Por el Valle de Paila y la Laguna (Desierto) de Mayrán.
- Al sur.- Por los poblados Viesca, Menchaca y La Constancia.
- Al oriente.- Por las Sierras de Patagalana, El Tunal, El Potrerillo y La Cocona.
- Al poniente.- Por los poblados de Mayrán y Emiliano Zapata.

La región de estudio queda comprendida dentro de 8 cartas topográficas del INEGI escala 1:50,000 y cuyas claves son: G13-D27, G13-D28, G13-D37, G13-D38, G13-D39, G14-C31, G13-D49 y G14-C41.

La zona de estudio se encuentra bien comunicada, ya que existen varias carreteras, tales como la autopista Saltillo-Torreón y la carretera federal No.40 que comunican a las ciudades más importantes del SW y SE del Estado de Coahuila, también existe la carretera estatal No. 54 que comunica las localidades de Parras y General Cepeda, así como diversos caminos secundarios (terracerías) que comunican a las pequeñas poblaciones localizadas dentro de la zona.

En cuanto a las vías aéreas, Torreón posee un aeropuerto que se encuentra enlazado a las redes de vuelo nacionales, con vuelos regulares durante toda la época del año; así mismo, la localidad de San Lorenzo (ubicada inmediatamente al norte de Parras, Coah.) cuenta con una pista aérea rural, solo apta para aeronaves pequeñas.

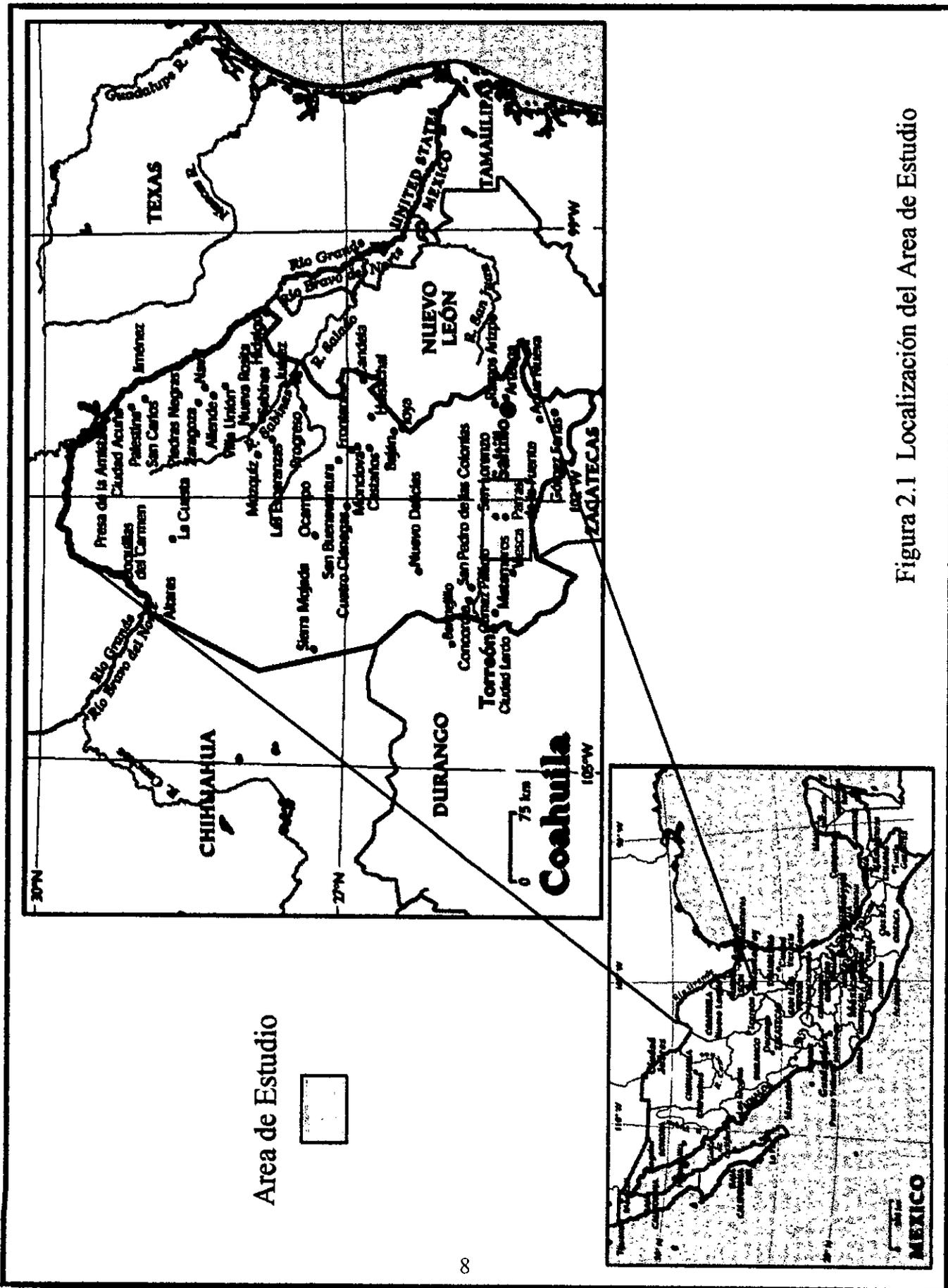


Figura 2.1 Localización del Area de Estudio

2.2 Clima y Vegetación

Para la descripción del clima es necesario considerar la influencia de una serie de factores, tales como la temperatura, la precipitación pluvial, la evaporación, el viento y otros agentes atmosféricos.

Según el sistema de clasificación de climas descrito por Köppen y modificado por Enriqueta García, en la zona de estudio existen dos tipos de clima principales.

- Hacia la Sierra de Parras el clima es de tipo B S₁ kw, el cual se caracteriza por ser semiseco-semitemplado, con lluvias en verano (julio, agosto y septiembre) y una temperatura media anual que oscila entre 16 y 18 °C (solo en las partes más altas de la sierra es de 14 °C), siendo abril, mayo y junio los meses más cálidos del año.
- Hacia el Valle de Parras el clima es de tipo B S₀ hw, es decir, seco-semicálido con invierno fresco y una temperatura media anual que varía entre 18 y 21 °C; la temporada de lluvias ocurre entre julio y septiembre, y la de estiaje entre octubre y junio; en la figura 2.2 se ilustra la distribución de la temperatura media anual.

Las dos estaciones meteorológicas presentes en el área de estudio, una en Parras y otra en Paila, indican que la precipitación media anual se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- Hacia la Sierra de Parras es superior a 400 mm/año.
- Hacia el Valle de Parras oscila entre 400 y 300 mm/año, disminuyendo aún más hacia el Valle de Paila, donde los valores van de 300 a 200 mm/año; en la figura 2.3 se representa la distribución de la precipitación media anual.

Se analizaron los datos de la estación climatológica de Parras, con el propósito de conocer la variación de la precipitación y la evaporación con respecto al tiempo, y su probable influencia en el comportamiento de los caudales de las obras localizadas en la zona; los resultados obtenidos de éste análisis se explican ampliamente en el capítulo de hidrogeología, específicamente en el apartado 5.5.

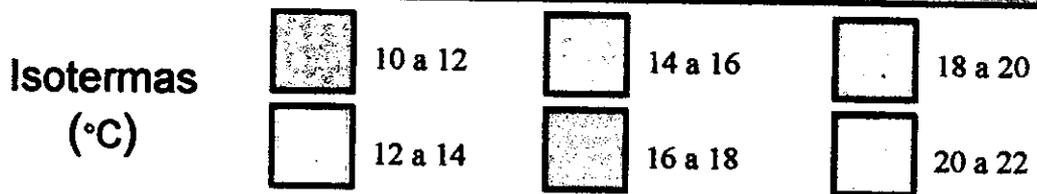
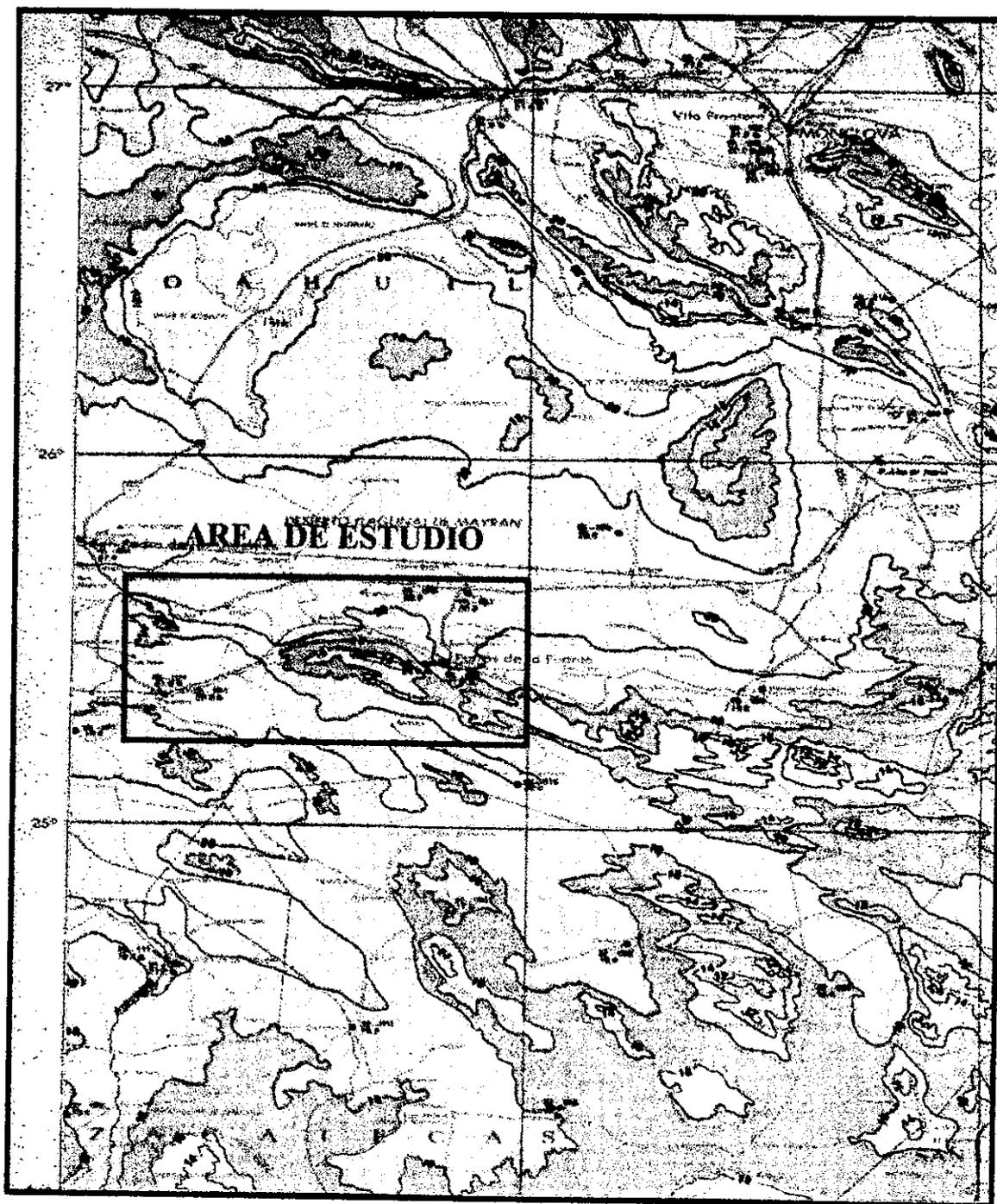


Figura 2.2 Distribución de la Temperatura Media Anual

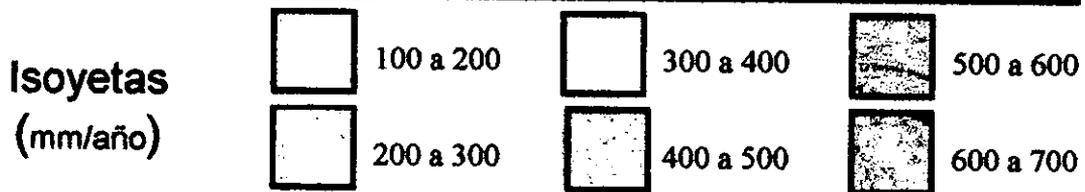
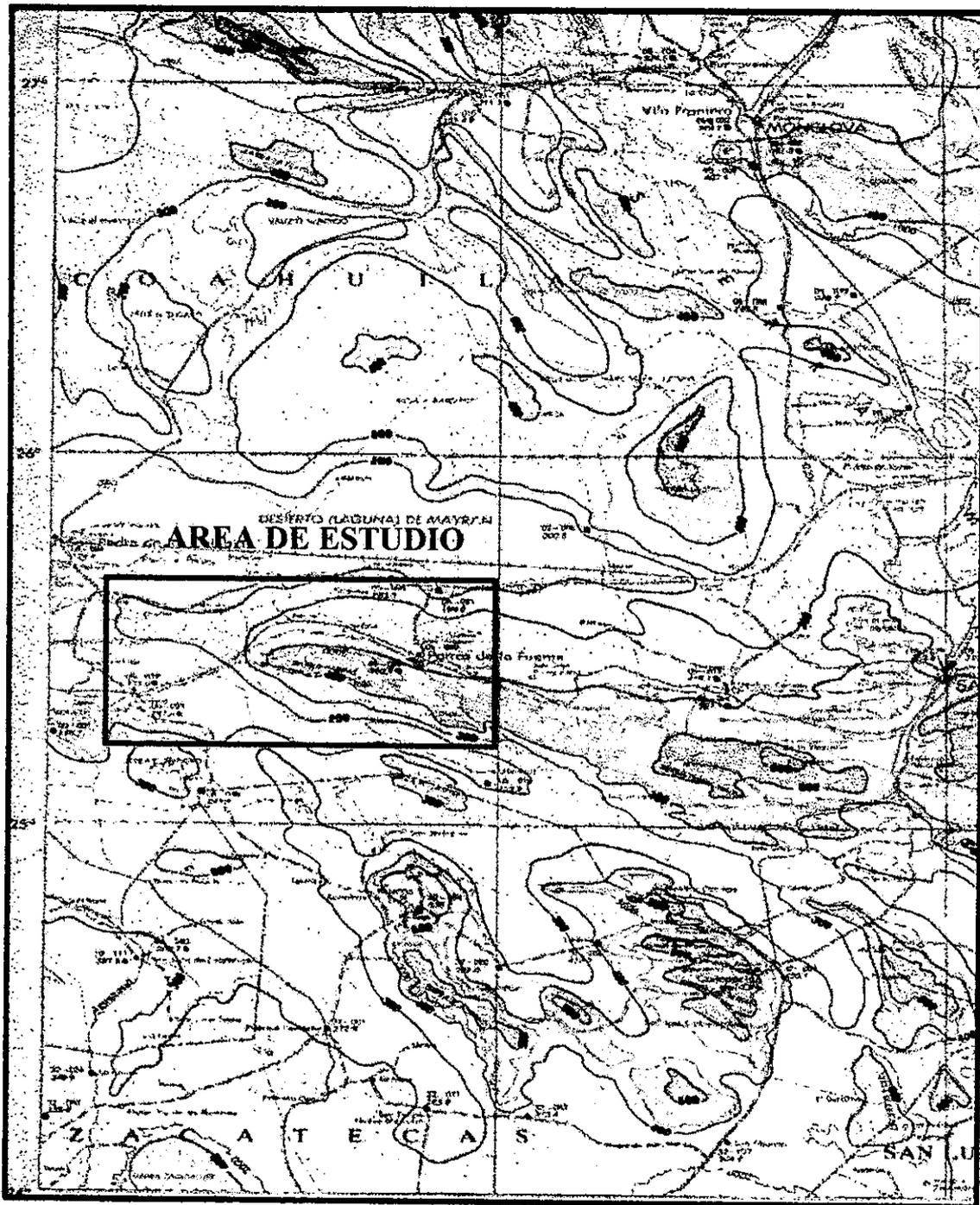


Figura 2.3 Distribución de la Precipitación Media Anual

En la tabla 2.1 se resumen los datos de precipitación y evaporación media mensuales, para un período de tiempo comprendido entre los años de 1961 a 1999:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. (°C)	13.1	14.9	18.8	22.3	24.9	25.9	25.3	24.4	22.6	20.0	16.4	13.8
Evap. (mm)	115	131	205	226	245	234	213	189	159	148	122	103
Prec. (mm)	14.3	8.8	6.4	10.2	29.1	45.3	64.0	68.2	64.2	21.3	14.3	16.0

Tabla 2.1 Distribución de la Media Mensual de los Principales Factores Climáticos

De acuerdo con lo anterior la precipitación media anual es igual a 362.1 mm/año, mientras que la evaporación media anual es igual a 2,090 mm/año, lo cual significa que la evaporación es 5.8 veces mayor que la precipitación (casi una relación 6:1).

Respecto a la vegetación, la zona se caracteriza por tener un predominio de flora tipo "chaparral", la cual se encuentra ampliamente desarrollada desde los valles hasta el pedimonte de las sierras; esta representada por flora xerófila (adaptada a clima seco), algunas variedades de cactáceas, lechuguilla, mezquite, ocotillo, gobernadora y especies como el orégano.

En las partes altas de las sierras la vegetación es principalmente de tipo espinoso, debido a la escasa precipitación de aguas pluviales y al tipo de rocas que ahí afloran.

La fauna esta representada por reptiles de diversas variedades, tales como lagartijas, salamandras, serpientes y víboras de cascabel; siendo estas últimas y el alacrán "güero" los animales más venenosos de la región.

También existe fauna de tipo inofensivo, tales como conejos, liebres, coyotes, venados cola blanca y una gran variedad de aves propias de este tipo de clima.

2.3 Fisiografía

Regionalmente, la Sierra de Parras se encuentra comprendida dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, (E. Raisz, 1967), más específicamente, dentro de la subprovincia denominada "Sector Transversal de Parras" (figura 2.4).



Figura 2.4 Provincias Fisiográficas

La Sierra Madre Oriental (SMO) constituye una de las provincias fisiográficas más extensas de nuestro país, con más de 800 km de longitud y de 80 a 100 km de amplitud, y a su vez forma parte de un cinturón de pliegues y cabalgaduras que se desarrollan en gran parte del noreste de México.

En términos geológicos la SMO representa un conjunto de rocas plegadas que conforman un extenso conjunto de anticlinorios, cuyo eje estructural se encuentra orientado en tres direcciones principales:

- Entre Torreón y Monterrey tiene una orientación NW 70° SE.
- Entre Saltillo y Monterrey tiene una orientación casi E-W.
- Hacia el sur de Monterrey tiene una dirección N NW – S SE.

La Sierra Madre Oriental esta conformada principalmente por rocas marinas de la era Mesozoica (sistema Jurásico-Cretácico), las cuales fueron plegadas, afalladas y transportadas hacia el noreste por efectos de la Orogenia Laramide.

A partir de este evento orogénico la mayor parte del país fue levantada sobre el nivel del mar, generándose un extenso proceso erosivo que originó el depósito de las secuencias sedimentarias continentales, de edades más recientes.

Además, la zona de estudio posee una complejidad estructural y un estilo de deformación asociados a los cambios de facies, ya que algunas rocas son más competentes que otras ante los procesos orogénicos.

2.4 Geomorfología

La geomorfología de la región es un reflejo directo de los eventos tectónicos (procesos endógenos) y erosivos (procesos exógenos), los cuales modelan el paisaje e imprimen un carácter morfológico distintivo entre una zona y otra.

El conocimiento de los rasgos geomorfológicos de la zona, además de contribuir a caracterizar las diferentes geoformas permite establecer su relación con el flujo del agua subterránea, a través de los diferentes tipos de roca de las componen.

Como se mencionó anteriormente, la SMO está conformada por una gruesa secuencia de rocas carbonatadas y terrígenas de edad Mesozoica, la cuales fueron fuertemente plegadas como producto de la actividad tectónica desarrollada durante las épocas del Paleoceno Tardío y Eoceno Temprano.

Como consecuencia de este evento orogénico, en la región se desarrolló una serie de geoformas, representadas a manera de sierras y valles, las cuales generalmente corresponden con las estructuras anticlinales y sinclinales, respectivamente.

En el área de estudio la orientación de estos pliegues generalmente ocurre en dirección NW-SE, sin embargo, hacia la parte central del área su orientación es casi E-W.

En la Sierra de Parras, la geometría de los pliegues corresponde con anticlinales asimétricos, recumbentes y en forma de abanico, con una amplitud que varía entre 1.5 y 4 Km, desarrollados principalmente en rocas carbonatadas de facies lagunar, arrecifal y de plataforma abierta.

Por otro lado, para realizar una caracterización geomorfológica del área de estudio se analizaron los planos topográficos escala 1:50,000 editados por el INEGI, en los que se identificaron los principales elementos del relieve, los cambios de pendiente, la potencialidad de la roca al paso del agua y la densidad del drenaje.

En la región de Parras se identificaron dos unidades: una constituida por las zonas topográficamente altas (sierras), y otra por zonas bajas (valles intermontanos) donde se lleva a cabo la sedimentación de materiales granulares.

En los siguientes apartados se describen las características de estas unidades geomorfológicas:

2.4.1 Sierras

Esta unidad se encuentra distribuida en toda el área de estudio y corresponde con las elevaciones más prominentes de la zona, en ellas se presentan cotas que superan los 1800 msnm, con pendientes que varían de 20° a 45°.

Estructuralmente estas geoformas corresponden con anticlinales de geometría diversa, y sus planos axiales se encuentran orientados en una dirección preferencial NW-SE.

El patrón de drenaje dominante es de tipo subparalelo, con una densidad que varía de alta a moderada, la cual esta en función del grado de fracturamiento de las rocas (principalmente calcáreas).

El conjunto de sierras puede considerarse como una "unidad hidrogeomorfológica", ya que las zonas de pendiente abrupta (20° o mayor) se presenta el mayor porcentaje de escurrimiento en comparación con la infiltración, lo cual se manifiesta por la alta densidad de drenaje.

Las características de estas geformas sugieren que durante la temporada de lluvias gran parte del agua pluvial tiende a escurrir, sin embargo, cierto porcentaje del volumen precipitado tiende a infiltrarse a través de las fracturas y los planos de estratificación de las calizas.

Además, las rocas carbonatadas tienen una alta susceptibilidad al "ataque químico", favoreciendo el desarrollo de grietas de disolución y otras estructuras cársticas, incrementándose poco a poco la capacidad de infiltración de las aguas superficiales a través de estas rocas.

2.4.2 Valles

Entre las sierras frecuentemente se distinguen valles intermontanos de poca amplitud, los cuales generalmente corresponden con núcleos de estructuras sinclinales, en donde se desarrollan pendientes de menor magnitud (inferiores a 5°).

En estas zonas, la densidad de drenaje disminuye notablemente, y su desarrollo está controlado por la dirección y la longitud de las estructuras, más que en función del número de arroyos que lo atraviesen.

Hacia los extremos norte y sur del área del estudio existen zonas dominadas por extensos valles, en las cuales no existe un marcado desarrollo de corrientes secundarias significativas, esto se debe a que gran parte del agua proveniente de las zonas montañosas tiende a infiltrarse antes de llegar al valle, lo cual indica que las corrientes superficiales (intermitentes) tienen una gran capacidad de recarga hacia el acuífero.

La unidad litológica más joven que "corona" la columna estratigráfica de la región está representada por depósitos aluviales, con un escaso o nulo grado de consolidación; la permeabilidad tan alta de estos sedimentos favorece que un elevado porcentaje de las aguas pluviales se infiltre hacia el subsuelo, lo cual inhibe el flujo de aguas superficiales e impide el desarrollo de drenaje.

En resumen, la ausencia de drenaje en los valles indica que durante la temporada de lluvias gran parte del agua precipitada tiende a infiltrarse a través de los sedimentos que en ellos se depositan y acumulan.

El conjunto de valles puede considerarse como una "*unidad hidrogeomorfológica*", ya que constituyen importantes zonas de recarga hacia el acuífero granular.

Así mismo, las fracturas y diaclasas de las rocas que conforman los valles representan excelentes conductos para la infiltración de las aguas pluviales, sin embargo, es importante tener presente que cuando existen intercalaciones de sedimentos pelíticos (limos y arcillas), la naturaleza de éstos provoca que la circulación de las aguas meteóricas a través de los intersticios disminuya considerablemente.

2.5 Red Hidrográfica

Mediante el análisis del patrón de drenaje se observó que la red hidrográfica del área se caracteriza por un sistema subparalelo, controlado por la competencia de las rocas y por las deformaciones estructurales que originan pendientes abruptas.

En las sierras, el drenaje presenta arroyos tributarios poco desarrollados, mientras que en las partes más bajas de la región, éste se encuentra desintegrado o prácticamente ausente.

En ciertas áreas llegan a presentarse algunas corrientes intermitentes, controladas por la permeabilidad de los materiales que rellenan el valle.

3.- GEOLOGIA REGIONAL

Como parte de los trabajos realizados y encaminados a establecer el marco geológico regional, durante una primera etapa se interpretaron las fotografías aéreas de la zona, con las cuales se elaboró la cartografía preliminar de la zona: constituida por las unidades litológicas, las estructuras geológicas (anticlinales y sinclinales) y los principales alineamientos (fallas y fracturas) de la región.

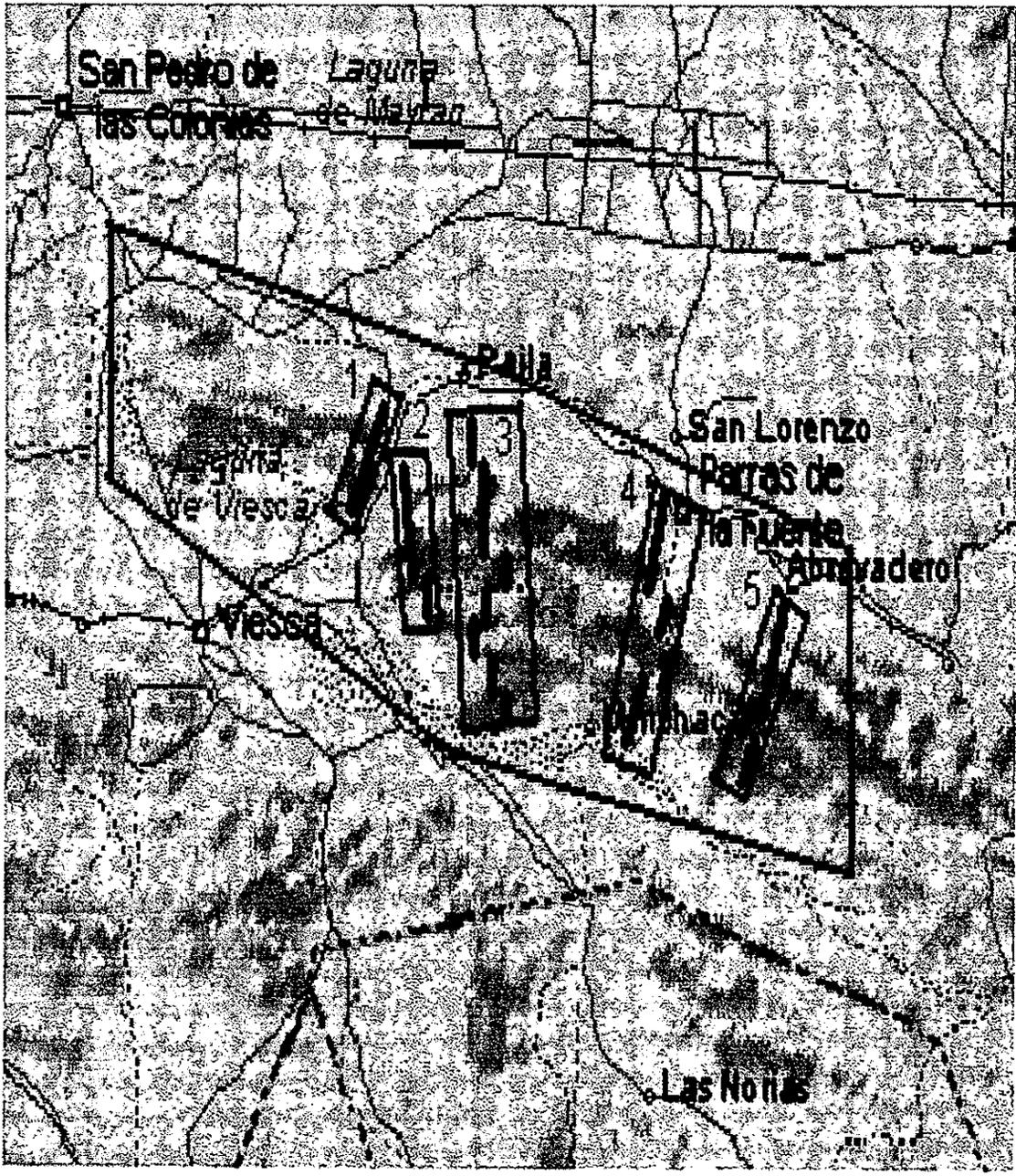
Así mismo, durante los trabajos de campo se realizó el levantamiento geológico detallado de las unidades litoestratigráficas que afloran en gran parte del área de estudio, visitando un total de 266 localidades (puntos de verificación) distribuidas en 5 secciones geológico-estructurales, que en conjunto representan 75.8 Km lineales de sección; la distribución de las líneas de sección se muestra en la Figura 3.1.

De acuerdo con la integración de la información obtenida durante los trabajos de campo y de gabinete, las rocas que conforman la columna estratigráfica del área de estudio pertenecen al elemento paleogeográfico denominado *Mar Mexicano*, cuyo rango de edad varía del Jurásico superior al Cretácico superior y están representadas por las siguientes formaciones:

- Sistema Jurásico: Zuloaga, La Gloria y La Casita.
- Sistema Cretácico: Taraises, Tamaulipas Inferior, Cupido, La Peña, Tamaulipas Superior, Treviño, Cuesta del Cura, Indidura y Parras.

El Cenozoico esta representado por sedimentos y rocas propias de un ambiente de depósito continental, pertenecientes a la Formación Ahuichila (Oligoceno-Mioceno).

El Cuaternario está representado por terrazas continentales, depósitos de talud y aluvión.



1 Sección Estructural
 Area de Estudio

Figura 3.1 Distribución de las Secciones Estructurales

3.1 Estratigrafía

La distribución y evolución de las facies sedimentarias de la región estuvieron controladas por dos elementos paleogeográficos importantes: el Mar Mexicano y la Península de Coahuila; cabe mencionar que este último tuvo una influencia directa sobre el desarrollo posterior del plegamiento regional, durante la Orogenia Laramide.

En general, el basamento de la Sierra Madre Oriental (SMO) consiste de un grupo complejo de rocas ígneas y metamórficas (gneises y esquistos) correspondientes a la era Paleozoica (Pérmico).

Cubriendo al complejo basal antes mencionado y en la base de la columna estratigráfica pre-oxfordiana se encuentran *lechos rojos* de la Formación Nazas; los cuales representan el relleno de fosas tectónicas, constituyendo el cambio de una sedimentación continental hacia una sedimentación marina, que inició en el Jurásico superior y se prolongó durante todo el Cretácico.

La columna estratigráfica del área de estudio está conformada por rocas de origen marino y epicontinental; estas últimas, caracterizadas por depósitos lagunares, evaporíticos y de plataforma (ambientes sedimentarios costeros o de litoral).

La Tabla 3.1 muestra la edad relativa de las unidades que afloran en el área de estudio, así como su correlación con las unidades que conforman los elementos paleogeográficos adyacentes: el *Golfo de Sabinas* y la *Península de Coahuila*.

En el extremo occidental del área de estudio, en el subsuelo de la Sierra de La Peña existen tres unidades litológicas que solo son descritas en la tira marginal del plano 3.2, debido a que las formaciones Las Uvas, Paila y Acatita no afloran en ninguna parte de la Sierra de La Peña (ni en la Sierra de Parras).

Estas tres unidades pertenecen a los dominios de la *Península de Coahuila*.

ERA	SIST	SERIE	PISO	AREA S. PARRAS MAR MEXICANO	AREA ESMERALDA PLAT. COAH.	AREA P. OVALLOS GOLFO SABINAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		SED. CONT. (CC)	SED. CONT. (CC)	SED. CONT. (CC)
		PLEISTOCENO				
	TERCIARIO	PLIOCENO		Fm. MAYRAN		
		MIOCENO				ROLITAS
		OLIGOCENO				
		EOCENO				
		PALEOCENO				
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	BARSTRICHIANO			
			SECHURIANO			
			CAMPANIANO			
			SANTONIANO			
			CONIACIANO			
	TURONIANO				E. FORD	
	CENOMANIANO					
	INFERIOR	SUP	ALBUÑO			
		MED.				
		INF				
		Gargasian.	APTIANO	LA PERA	LA PERA	LA PERA
		BEDOULIA.				
		BARREMIA.	NECOMBIANO			
HAUTERIV.						
VALANGINI.						
BERRIASIA.						
JURÁSICO		TITHONIANO				
		KIMMERIDGIANO	LA CASITA		LA CASITA	
		ARGOVIANO	OXFORD	ZULOAGA		
		DIVESIANO				

Tabla 3.1 Columna Estratigráfica

A continuación se describen en orden cronológico las unidades litoestratigráficas que afloran dentro del área de estudio, partiendo desde la más antigua hasta la más joven: haciendo especial énfasis en su definición, distribución, litología, espesor, relaciones estratigráficas, edad, correlación y finalmente su ambiente de depósito.

3.1.1 Rocas Sedimentarias

➤ SISTEMA JURASICO

FORMACIÓN ZULOAGA (OXFORDIANO).

Definición

Esta formación fue descrita originalmente por Burckhardt (1906) y Böse (1923) en la parte norte-central de México, denominándola como "calizas con nerinea" (*calcaire á nerineés*).

Posteriormente, Imlay (1938, p.1657) asignó el nombre de Formación Zuloaga a una secuencia de calizas, de estratificación gruesa y con nódulos de pedernal negro, así como presencia ocasional de bivalvos y gasterópodos; señalando como localidad tipo la Sierra de Sombrerillo, ubicada al norte del Poblado Melchor Ocampo, Zac.

Distribución

Esta formación se encuentra distribuida en la porción meridional del área de estudio, en donde conforma la parte axial de los Anticlinales Juan Pérez, El Puerco y La Prieta.

Litología y Espesor

La parte inferior de esta formación se encuentra constituida por una secuencia de calizas de textura packstone y grainstone oolítico, las cuales varían texturalmente a mudstone hacia la parte superior de la formación; su color varía de gris claro a café grisáceo y frecuentemente presenta nódulos de pedernal color negro y café rojizo, estilolitas y gasterópodos (nerineas).

En la línea de sección 3-3', en el núcleo del Anticlinal La Prieta, esta formación se encuentra conformada por calizas de textura mudstone a packstone ligeramente arenosas, más hacia el poniente y en esta misma estructura, la unidad cambia de facies a la Formación La Gloria; en cambio, más hacia el norte, en el núcleo del Anticlinal Taraises sólo aflora esta última (secciones 2-2' y 3-3' del plano 3.3).

Los estratos de las calizas mudstone tienen un espesor que varía entre 60 y 80 cm (estratificación media a gruesa), son de color gris tanto en muestra fresca como intemperizada; presenta planos estilolíticos, así como fósiles e impresiones de gasterópodos (nerineas) y un fracturamiento perpendicular a la estratificación, con algunas fracturas rellenas de calcita.

La caliza packstone tiende a presentar recristalización, lo cual impide apreciar con claridad la textura original de la roca; su estratificación varía de delgada a gruesa, con un espesor de 30 a 90 cm, respectivamente; estas rocas son de color gris y comúnmente muestran estilolitas, vetillas de calcita y estructuras de disolución tipo lapiaz; el fracturamiento es perpendicular o diagonal a la estratificación.

Al E-SE del área de estudio, en la Sierra de Molano, hacia la parte media de esta unidad aflora un horizonte de yeso.

En las secciones geológico-estructurales se consideró que el espesor de esta unidad varía de 450 a 500 m; estos valores son casi similares a los reportados en el estudio de GYMSA (1986), donde el espesor de estas rocas varía de 500 a 570 m.

Relaciones Estratigráficas

La Formación Zuloaga constituye la unidad más antigua de las rocas que afloran en la región, por esta razón, en el área de estudio no se apreció su contacto inferior con las rocas que le subyacen; a su vez, los sedimentos clásticos de la Formación La Casita le sobreyacen de manera concordante.

Al sur del área de estudio, en la Sierra de San Julián (Estado de Zacatecas), sobreyace concordantemente a lechos rojos de la Formación La Joya, los cuales a su vez descansan discordantemente sobre rocas volcánicas de la Formación Nazas.

Edad y Correlación

GYMSA (1986) realizó análisis paleontológicos de la microfauna contenida en las rocas de esta unidad, detectando los siguientes microorganismos: Favreina solevensis, Coyeuxia americana, Rhaxella sorbyana y Rhaxella sp., los cuales permiten establecer una edad del Jurásico superior (Oxfordiano).

Así mismo, Imlay (1943) y Rogers, et al. (1957) determinaron que la presencia de Nerinea sp., Astarte sp., Gryphaea sp., Harpagodes sp. y Trigonía sp. definen una edad del Oxfordiano, de tal forma que resulta correlacionable con la Formación Smackover del centro de Texas, la Formación San Andrés de la Cuenca Tampico-Misantla y la Formación La Gloria, esta última constituye un cambio de facies de la Formación Zuloaga, con un alto contenido de material terrígeno (areniscas).

Ambiente de Depósito

Durante el Mesozoico, en la parte norte y centro de México ocurrió una gran transgresión marina, originando una extensa zona litoral de aguas someras con un aporte mínimo de terrígenos.

Según Imlay (1936, p.1110), la litología de esta formación indica un clima uniforme y un ambiente de depósito homogéneo, con pocos ríos desembocando hacia el mar.

Meyer y Word (1985) opinan que la "sedimentación" ocurrió sobre un substrato con gradientes extremadamente bajos, propios de una rampa carbonatada, donde imperaron condiciones asociadas con aguas claras, someras, cálidas y con buena circulación.

En este medio costero epinerítico, de aguas tranquilas y tibias, se dieron las condiciones necesarias para la acumulación de grandes espesores de rocas calcáreas, con presencia de moluscos y fragmentos de coral.

FORMACIÓN LA GLORIA (OXFORDIANO).

Definición

Imlay (1937, p.537) designó a esta unidad como una secuencia constituida por calizas grises de estratificación media a gruesa, con intercalaciones de areniscas calcáreas de color amarillo claro, las cuales gradúan a facies conglomeráticas hacia la parte basal de esta formación; presenta un escaso contenido de bandas y nódulos de pedernal color pardo oscuro y negro.

Su localidad tipo aflora en el Cañón del Mimbres, localizado unos 50 Km al E-SE de Parras, justo al sur de la Sierra de La Gloria donde se encuentra formando las crestas de algunos anticlinales.

Distribución

Esta formación aflora en el extremo occidental de la Sierra de Parras, en la parte axial de los anticlinales Taraises y La Prieta, donde es muy notorio el predominio de las areniscas sobre las calizas (secciones 2-2' y 3-3' del plano 3.3).

Litología y Espesor

Esta unidad se encuentra constituida por calizas de textura packstone, de estratificación media a gruesa (40 a 90 cm de espesor) con presencia esporádica de lentes de pedernal; estas rocas son de color gris, pero intemperizan a tonalidades rosáceas y amarillentas.

Hacia la base de esta unidad existen intercalaciones de areniscas (ortocuarcitas) que en ocasiones gradúan a facies conglomeráticas.

Dichas areniscas son de grano fino a medio y se presentan bien seleccionadas, con fragmentos (subredondeados a bien redondeados) de color blanco, rosáceo y amarillento por intemperismo; su estratificación varía de delgada a media (30 a 60 cm de espesor).

En la Sierra de Jimulco, localizada al SE de Torreón y fuera del área de estudio, GYMSA (1986) realizó análisis petrográficos en rocas pertenecientes a esta unidad, determinando que las areniscas se encuentran constituidas por cuarzo (90%), feldespatos, fragmentos de roca, turmalina y algunos minerales secundarios (sericita y arcilla) generados por la alteración de las plagioclasas.

En el núcleo del Anticlinal La Prieta, dentro de la secuencia arenosa se observó un cuerpo conglomerático de 3 m de espesor, con algunos fragmentos de fósiles intercalados; mientras que en el extremo poniente del Anticlinal Taraises se apreció un afloramiento de 8 m de espesor, constituido por una alternancia de areniscas, limolitas y lutitas (sección 2-2' del plano 3.3),

Estos últimos sedimentos pelíticos presentan un metamorfismo incipiente, expresado a manera de esquistocidad y filitización.

Debido a que en el área de estudio no aflora la base de esta secuencia, en las secciones geológico-estructurales se consideró un espesor del orden de los 500 a 600 m; el espesor medido por Imlay (1937) en el Cañón El Mimbres es de 610 m.

Relaciones Estratigráficas

Al igual que la Formación Zuloaga se desconocen las rocas que le subyacen, sin embargo, en la Sierra de Jimulco sobreyace a rocas metasedimentarias de edad Paleozoica, a través de una discordancia angular (GYMSA, 1982).

La cima de esta unidad subyace concordantemente a los sedimentos clásticos de la Formación La Casita.

Edad y Correlación

Por su contenido faunístico y posición estratigráfica, Kellum (1932) estableció que esta secuencia detrítico-calcárea representa un cambio de facies de la Formación Zuloaga (equivalente litoral, pero sin contenido de terrígenos), la cual se desarrolló durante el Jurásico superior (Oxfordiano).

Además, algunos horizontes de caliza tipo grainstone oolítico contienen moldes de *nerinea*, sp. de edad Oxfordiana.

Ambiente de Depósito

La litología predominantemente arenosa de esta formación sugiere que la unidad se depositó en un ambiente marino costero, donde la acción del oleaje retrabajó y seleccionó los granos de cuarzo, depositándolos en una zona de playa de extensión muy amplia.

Este material terrígeno fué derivado de "rocas cristalinas" ubicadas al norte del área de estudio, las cuales corresponden a cinturones orogénicos formados a fines del Paleozoico y principios del Cenozoico.

Estos terrígenos fueron transportados por corrientes que drenaban hacia el sur, donde se desarrolló un ambiente sedimentario que incluía zonas lagunares (con precipitación de evaporitas) y extensas zonas de inundación, limitadas hacia el mar abierto por una o varias barreras de arena oolítica.

La presencia de rocas carbonatadas intercaladas con areniscas, hacia la cima de la unidad, permite inferir periodos transgresivos donde las facies de plataforma (rocas calcáreas) progradaban hacia la zona de la playa.

En términos generales, la litología de esta formación indica facies intralitorales, con zonas de alta energía y ambientes de depósito lagunares.

FORMACIÓN LA CASITA (KIMMERIDGIANO-TITHONIANO).

Definición

Esta formación fue definida por Imlay (1936, p.1110), quién designó como sección tipo a una secuencia sedimentaria constituida por areniscas, lutitas, lutitas calcáreas, margas, calizas arcillosas y calcarenitas; su localidad tipo corresponde al cañón de La Casita, el cual se localiza 16 km al sur del poblado de General Cepeda, aproximadamente 500 Km al suroeste de la ciudad de Saltillo, Coah.

Distribución

Esta unidad aflora en la parte central del área de estudio, en el extremo poniente de la Sierra de Parras, dentro de los Anticlinales Taraises y La Prieta (secciones 2-2' y 3-3' del plano 3.3).

Litología y Espesor

En todas las localidades donde aflora esta unidad se observó que consta de dos miembros: hacia la parte inferior se presenta una alternancia de areniscas, lutitas, lutitas calcáreas, margas y calcarenitas; mientras que hacia la parte superior se encuentra una alternancia casi rítmica de calizas, calizas limo-arenosas y lutitas carbonosas; el espesor aproximado de ambos miembros es de 100 y 300 m, respectivamente.

La parte basal consiste de lutitas, cubiertas por areniscas fosilíferas de pelecípodos (en gran parte silicificadas) cuya granulometría varía de fina a media, en tanto que la forma de los detritos varía de subredondeada a subangulosa.

La arenisca es de color gris claro e interperiza a verde pistache y pardo-amarillento; su estratificación varía de delgada a media, con espesores de 30 a 60 cm.

Estas rocas presentan una estructura compacta y un fracturamiento de moderado a intenso en función directa de su ubicación dentro del pliegue, ya que el fracturamiento en el flanco frontal del anticlinal es más intenso que en el flanco anterior (o trasero).

Respecto al miembro superior, las calizas son de color negro a gris oscuro, mientras que las calizas arenosas son de color gris claro, con abundante contenido de microfauna y fósiles de moluscos.

Las calizas tienen una textura que varía de packstone a grainstone y su estratificación varía de media a gruesa (60 a 80 cm de espesor); además, contiene pequeños nódulos de óxido de hierro y fracturas rellenas de calcita

Las calizas limo-arenosas son de color gris claro, pero gradúan a gris verdoso y pardo rojizo por intemperismo; se presenta en estratos delgados (de 30 a 40 cm de espesor), en capas o en láminas, con una fractura astillosa y un intemperismo nodular.

Las lutitas carbonosas contienen concreciones calcáreas de color café amarillento, con abundante contenido de microfauna y fósiles de amonitas.

Estas rocas en conjunto presentan una intensa recristalización hacia el extremo occidental del Anticlinal Taraises, lo cual altera la textura original de la roca; así mismo, existen zonas muy intemperizadas donde no se distinguen sus estructuras primarias, provocando que el afloramiento presente un aspecto masivo.

En general, las areniscas son las rocas que predominan dentro de esta unidad, ya que aparecen a través de todo su espesor, mientras que las limolitas y lutitas se presentan a menor escala, aunque las calizas ocurren todavía en menor proporción que la fracción arcillo-limosa.

De acuerdo a las secciones geológico-estructurales, el espesor estimado para esta formación es de 300 a 400 m.

Relaciones Estratigráficas

La unidad sobryace de manera concordante a la Formación La Gloria, y a su vez subyace de igual manera a la Formación Taraises.

Edad y Correlación

De acuerdo al contenido fósil de estas rocas, se ha determinado que su edad corresponde al Jurásico superior (Kimmeridgiano-Tithoniano)

Dentro de los estudios paleontológicos se destacan los trabajos realizados por Burckhardt (1930), e Imlay (1937), quienes clasificaron la siguiente fauna de acuerdo a su posición estratigráfica:

- El Tithoniano está definido por: *Haploceras* sp., *Mazapilites zatceli* burck., *Perisphinctes aulascophindes tundesianos* Uhlig, *Holcostephanus* d. gr., *Stephanoides* opel., *Aptychos* sp., *Lucinapotosina* D. et A.
- El Tithoniano superior está caracterizado por: *Koosmatia* sp., *Koosmatia* ver., *Pseudodesmidoptycha* sp., *Hoplites* n. sp. d. gr., *Kollikeni* opel., *Hoplites* oaff, *Microcanthus* opel, *Rynchonella* d. gr., *Malbosi* pict., *Rynchonella* ver., *Hoberreggeroides* Jabob et faltot, *Rynchonella* sp.

Esta unidad es correlacionable con la Formación Cotton Valley del centro de Texas, la Formación Pimienta del área de Cd. Victoria, Tamps. y la Formación La Caja; esta última constituye un cambio de facies de la Formación La Casita en la región de Concepción del Oro, Zac.

Ambiente de Depósito

Las características litológicas de la Formación La Casita "reflejan" que estas rocas se depositaron en un ambiente sedimentario costero de aguas someras, con fluctuaciones en la energía del oleaje y las mareas.

La repetición en los patrones de facies arenosas, arcillosas y calcáreas, se puede asociar con la transgresión de los mares jurásicos y a la subsidencia del substrato.

➤ SISTEMA CRETACICO

FORMACION TARAISES (BERRIASIANO - HAUTERIVIANO INF.)

Definición

El nombre de Formación Taraises fué propuesto por Imlay (1936, pag.1111) para designar una secuencia de calizas de estratificación delgada a media, con algunas intercalaciones de lutitas calcáreas hacia la cima y con un espesor aproximado de 150 m.

Su localidad tipo se encuentra en el Cañón de Taraises, el cual se localiza unos 200 km al W-SW de Parras de la Fuente, Coah.

Distribución

Sus afloramientos se encuentran expuestos hacia la porción occidental y central de la Sierra de Parras: en los flancos del Anticlinal Taraises, en el borde frontal del Anticlinal la Prieta, en la parte axial del Anticlinal El Puerco y en el flanco frontal del Anticlinal Juan Pérez (y parcialmente, en el núcleo).

Litología y Espesor

En esta unidad se pueden diferenciar dos miembros, uno inferior constituido por calizas de color gris, y uno superior constituido por calizas, calizas arcillosas, margas y lutitas calcáreas con abundantes amonitas:

- **Miembro Inferior:**

En la porción meridional del área de estudio, la unidad se encuentra constituida por una secuencia de calizas color gris claro que intemperizan a pardo amarillento, su textura varía de mudstone a wackestone; su estratificación gradúa de delgada a media (20, 30, 40 y 50 cm de espesor).

En ocasiones se presentan intercalaciones de horizontes arcillosos de espesor muy reducido, dando como resultado puertos de erosión en la superficie del terreno.

Contiene numerosas concreciones de hematita y uno que otro nódulo de pedernal negro, así como óxidos diseminados, fracturas y vetillas de calcita; además, contiene una escasa cantidad de amonitas mal conservadas.

Hacia el extremo occidental del Anticlinal La Prieta se presenta una secuencia de calizas de textura mudstone, con intercalaciones de dolomías color gris oscuro que intemperizan a color pardo amarillento, de estratificación gruesa a masiva y una textura sacaroide.

- **Miembro Superior:**

Este miembro esta constituido por calizas color gris claro, de textura wackestone y de estratificación delgada a media; contiene una gran cantidad de amonitas (muchas de ellas hematizadas) y concreciones de hematita.

En muchas localidades la roca tiende a ser más arcillosa, graduando a calizas arcillosas, margas y lutitas calcáreas, cuyo color de intemperismo varía de verdoso a amarillento.

Además de presentar un intemperismo nodular y una estructura astillosa, eventualmente presentan una cierta recristalización.

En la Sierra de Parras se midió una sección incompleta de 150 m, mientras que en la carretera Saltillo-San Luis Potosí (km 848+200) se aprecian espesores de 300 a 400 m; Tardy (1976) le asignó un espesor de 360 m en la columna generalizada de la Sierra Madre Oriental.

En el área de estudio, el espesor estimado de esta unidad varía de 350 a 400 m, tal y como se puede observar en las secciones 2-2', 3-3', 4-4' y 5-5' (planos 3.3 y 3.4).

Relaciones Estratigráficas

La Formación Taraises sobreyace de manera concordante a la Formación La Casita y subyace de igual manera a la Formación Cupido.

El contacto inferior es de tipo transicional, definido por el paso de la secuencia pelítica (lutitas rosáceas con concreciones calcáreas, de la Formación La Casita) a la secuencia predominantemente carbonatada de la Formación Taraises (calizas grises de estratificación mediana); esta zona se destaca claramente en el terreno debido a la presencia de un puerto de erosión.

Así mismo, el contacto superior es transicional y se define donde desaparece la interestratificación de calizas (de textura mudstone a wackestone), margas y lutitas calcáreas de la Formación Taraises y aparecen las calizas con miliólidos de estratificación gruesa y textura packstone de la Formación Cupido.

Edad y Correlación

De acuerdo a su posición estratigráfica y a los estudios paleontológicos realizados por Imlay y Rogers (op. Cit.), la edad asignada a esta formación corresponde al período Berriasiano-Hauteriviano inferior.

Esta posición estratigráfica se encuentra apoyada por los estudios realizados por GYMSA en 1986, en ejemplares (microfósiles) colectados al oriente del área de estudio; dentro de los cuales se encontraron: *Tintinopsella carphatica*, *Tintinopsella* sp., *Calpionella alpina*, *Calpionella elíptica*, *Calpionella* sp., *Calpionellopsis simplex* y *Remaniella* sp.

De esta manera, la Formación Taraises se correlaciona con la Arcosa San Marcos y la Formación Menchaca de la Cuenca del Golfo de Sabinas; con la Formación Carbonera, su equivalente marginal dentro del Mar Mexicano; con las unidades Las Vigas y Navarrete de la Cuenca de Chihuahua, y con la Formación Houston del sur de Texas.

Ambiente de Depósito

De acuerdo a las características litológicas y la asociación faunística que presentan las rocas carbonatadas de esta formación (cuyo constituyente principal es el lodo calcáreo), se consideró que el ambiente de depósito de estos sedimentos estuvo asociado con una plataforma abierta, de baja energía.

El miembro inferior se depositó en una facies de cuenca, en un ambiente de depósito pelágico, marcando el inicio de una transgresión progresiva que abarcará hasta las formaciones posteriores.

El lodo calcáreo está asociado a la acción abrasiva del oleaje, al re TRABAJAR partículas orgánicas, tales como conchas de pelecípodos y ostrácodos, así como espículas de equinodermos, cuyo hábitat natural es de aguas someras; además de la descomposición de organismos bentónicos (principalmente algas).

Al igual que las partículas del tamaño del limo y las arcillas, estos sedimentos calcáreos son transportados en suspensión por las corrientes marinas.

Otro factor que contribuye a la formación de estos sedimentos, es el relacionado a la precipitación de carbonato de calcio directamente de las aguas marinas.

La presencia de dolomías hacia el extremo occidental de la Sierra de Parras establece la existencia de un ambiente marino bastante somero, donde el depósito de estos materiales estaría supeditado a la zona de intermareas, con fluctuaciones constantes del nivel del mar; los sedimentos pelíticos de esta unidad se encuentran asociados a regresiones y/o aportaciones continentales periódicas de tipo fluvial.

Al actuar los factores climáticos (principalmente lluvias) en las áreas continentales se generan grandes volúmenes de limos y arcillas, los cuales son transportados y depositados en la desembocadura de los ríos y en las zonas litorales, siendo posteriormente distribuidos por el oleaje y las mareas, a todo lo largo y ancho del centro de depósito.

FORMACION TAMAULIPAS INFERIOR (HAUTERIVIANO SUP. - APTIANO INF.)

Definición

Nombre formacional utilizado por Muir, J. (1936) para designar a la porción basal de la secuencia calcárea que Belt (1925) previamente había definido como "Tamaulipas Limestone"; su localidad tipo se localiza en el Cañón de la Borrega, al oriente de la Estación Zaragoza, en el Estado de Tamaulipas.

Distribución

Los afloramientos de esta unidad se encuentran distribuidos en la porción meridional del área de estudio, específicamente en los flancos del Anticlinal Juan Pérez y en la parte axial del Anticlinal El Marrano.

Litología y Espesor

La formación esta constituida por una secuencia de calizas mudstone de color gris oscuro, que intemperiza a gris cenizo con tonalidad amarillenta; su estratificación varía de gruesa a media (90 a 40 cm de espesor) y en algunas partes se encuentra recristalizada.

En los niveles superiores de la secuencia existen intercalaciones de capas delgadas de lutitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas de estratificación ondulada cuyo espesor oscila entre 5 y 15 cm.

En toda la secuencia es común la presencia de estilolitas paralelas a la estratificación, así como vetillas de calcita y lapiaz, mientras que los lentes de pedernal, los óxidos diseminados y las grietas de disolución se presentan en menor proporción; además, en el lado frontal de los anticlinales los intervalos se observan bastante fracturados y con frecuencia recristalizados.

El espesor calculado para esta formación en las secciones geológico-estructurales varía de 550 a 600 m.

Relaciones Estratigráficas

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Taraises, por medio de un contacto transicional; así mismo, su contacto superior con la Formación La Peña es nítido y concordante.

Por otra parte, lateralmente constituye las "facies de cuenca" del complejo arrecifal de la Formación Cupido.

Edad y Correlación

En 1986, GYMSA realizó una serie de estudios micropaleontológicos en diversos ejemplares representativos de esta unidad, en los cuales se determinó la siguiente asociación de microorganismos:

Vaginulinopsiis sp., Textularia sp., Cadosina sp. Microcallamoides confusus, Globochaete alpina, Hedbergella gorbachiki, Globigerinelloides maridatensis, Globigerinelloides alpina, Triaxia sp., Hedbergella occulta y Globigerinelloides sigalli, así como radiolarios, pelecípodos, gasterópodos, ostrácodos y equinodermos.

Los microfósiles anteriores permiten establecer un rango de edad del Hauteriviano superior al Aptiano inferior, razón por la cual resulta correlacionable con la Formación Cupido ("facies de borde de plataforma") dentro del Mar Mexicano; con las Formaciones Padilla, La Mula y La Virgen del Golfo de Sabinas, y con la Formación Las Vigas de la Cuenca de Chihuahua.

Ambiente de Depósito

De acuerdo a las características litológicas y texturales de la formación, se considera que éstas rocas se depositaron en un ambiente donde imperaron condiciones hidrodinámicas de baja energía, asociadas a una plataforma abierta (cuenca).

Este ambiente sedimentario marino poseía la profundidad adecuada para la precipitación de carbonato de calcio, a partir de algunos microorganismos (algas, plancton, etc.) y en forma de lodo calcáreo.

La presencia de horizontes arcillosos hacia la cima de la secuencia carbonatada se asocia a factores climáticos, específicamente a temporadas de tormentas, las cuales provocaron una gran turbidez de las aguas, con un alto contenido de arcilla en suspensión, provocando la interrupción temporal de la sedimentación calcárea.

La microfauna pelágica encontrada en algunos estratos de la unidad apoyan la consideración de que estas rocas corresponden a una facies de mar abierto.

FORMACION CUPIDO (HAUTERIVIANO SUP. - APTIANO INF.)

Definición

La Formación Cupido fué definida originalmente por Imlay (1937, p. 606) y posteriormente por Humphrey (1956, p.192) como: una secuencia de calizas color gris oscuro a negro y gris amarillento, de estratificación gruesa a media y aún delgada.

Su localidad tipo se encuentra presente en la base de la pared norte del Cañón del Mimbres, ubicado a unos 60 km al sureste de la ciudad de Parras, hacia la parte media de la Sierra de Parras.

Distribución

Esta formación esta bien expuesta en casi toda el área de estudio, aunque de manera particular se encuentra aflorando en los flancos de los Anticlinales Taraises y La Prieta; así mismo, conforma parcialmente el núcleo de los plegamientos Cerro Prieto y la Casita de la Cuesta.

Litología y Espesor

La Formación Cupido presenta diferentes litofacies, las cuales permiten establecer una serie de subambientes de depósito, estrechamente vinculados con el desarrollo de un complejo arrecifal de borde de plataforma; de tal forma, que las litofacies se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

- **Rocas de facies lagunares**

Afloran en el extremo occidental de la Sierra de Parras, específicamente en los flancos de los Anticlinales Taraises y La Prieta (secciones 2-2', 3-3' y 4-4' de los planos 3.3 y 3.4); así como hacia el extremo nororiental del área de estudio, en la parte axial de los Anticlinales Cerro Prieto y Molano.

Las facies lagunares están representadas por una secuencia de calizas de textura wackestone a packstone de miliólidos, las cuales presentan intercalaciones de mudstone de miliólidos en diferentes intervalos de la columna.

Estas rocas son de color gris claro a gris oscuro e intemperizan a tonalidades parduscas y amarillentas; su estratificación puede ser gruesa (80, 90, 100, 120 y 150 cm de espesor) media (40 y 60 cm de espesor) o delgada (5, 10 y 20 cm de espesor), aunque esta última se presenta en menor proporción.

En el flanco septentrional del Anticlinal Taraises, esta secuencia carbonatada presenta intercalaciones de calizas arenosas y arcillo-arenosas, de color ocre.

Las estructuras que se observan con mayor frecuencia son: los planos estilolíticos, el lapiaz, vetillas y fracturas reemplazadas por calcita; de manera menos frecuente, sobre la superficie de las capas se llegan a presentar estructuras coralinas y algunos rudistas (toucacias), así como algunos estratos dolomitizados.

Es importante destacar que algunos intervalos localizados en la parte frontal de las estructuras anticlinales manifiestan recristalización y una mayor densidad de fracturamiento, esta última propiedad aunada a la porosidad intergranular de las rocas provoca que la secuencia sea más susceptible a la disolución, lo cual le confiere a esta unidad litoestratigráfica una permeabilidad alta.

- **Rocas de facies arrecifales**

Se localizan en el extremo oriental del Anticlinal La Prieta, en donde se encuentran conformando el núcleo de dicha estructura.

Corresponden a calizas de textura packstone color gris claro, que se presentan a manera de bancos masivos o de estratificación muy gruesa; constituyen una zona bastante escarpada, en la cual sobresale la estratificación horizontal de las rocas.

En los ejemplares de "muestra de mano" observados bajo la lupa, muestran cristales de espátita sin lodo calcáreo, lo cual es característico en este tipo de facies.

Sobre la superficie de la roca se presentan de manera abundante los organismos constructores del arrecife: rudistas (toucacias), caprínidos, ostras, corales y algas; además, se observan prominentes planos de estilolitas y abundante microfauna, así como algunos nódulos y lentes de pedernal negro.

Hacia el borde frontal del Anticlinal La Prieta se presentan facies de miliólidos; mientras que hacia el flanco anterior existen paquetes o bancos de dolomías.

Aunque el fracturamiento es moderado resulta bastante notable la presencia de estructuras de disolución en forma de hoquedades y pequeñas cavernas, así como un *lapiaz* bien desarrollado.

Considerando la porosidad y la permeabilidad tan altas de estas rocas, así como su capacidad de disolución, este cuerpo arrecifal constituye una excelente zona de recarga y un acuífero de potencialidad elevada.

El espesor considerado para esta formación en la sección geológica 5-5' (plano 3.4) fue de 1,400 m en su parte más potente, y de 600 m tanto hacia sus extremos, como en sus facies lagunares.

En la Cuenca de Sabinas, al Noreste de la ciudad de Muzquiz, Coah., se midió un espesor de 885 m para esta unidad.

Relaciones Estratigráficas

Su contacto inferior con la Formación Taraises es de tipo concordante y transicional; se define por el cambio litológico que ocurre entre las calizas con miliólidos de la Formación Cupido y las rocas calcáreo-arcillosas (de aspecto nodular) de la unidad subyacente.

La Formación Cupido se encuentra subyaciendo de manera concordante a las rocas de la Formación La Peña, a lo largo de un contacto caracterizado por el cambio repentino entre las propiedades físicas que definen a cada una de estas unidades.

Edad y Correlación

Böse (1923) colectó en la Sierra de Arteaga fósiles (*Requenia* sp. y *Monopleura* sp.) pertenecientes al período Hauteriviano-Aptiano inferior.

Además, los estudios micropaleontológicos realizados por GYMSA (1986) en el área oriental adyacente, en ejemplares representativos de esta unidad, han permitido identificar los siguientes fósiles:

Salpingoporella sp., *Favreina* sp., *Valvulina* sp., *Cuneolina* sp., *Nautiloculina*, *Stromatoporoidea* sp., *Quinqueloculina* sp., *Spiroloculina* y *Chofatella* sp.

El contenido microfaunístico de la unidad y la posición estratigráfica que ocupa entre las Formaciones Taraises y La Peña, ubican a la Formación Cupido dentro del período Hauteriviano superior- Aptiano inferior (Bedouliano).

Su edad permite correlacionarla con la Formación Tamaulipas Inferior (de facies de cuenca) de la Cuenca Tampico-Misantla; con las Formaciones Padilla, La Mula y La Virgen del Golfo de Sabinas, y con la Formación Las Vigas de la Cuenca de Chihuahua.

Ambiente de Depósito

Las facies de la Formación Cupido han sido objeto de amplios estudios en diversas regiones del Noreste de México; entre los autores que se han dedicado a esta tarea, Conklin & Moore (1977) y Wilson, et. al. (1984) han establecido un modelo generalizado bien definido para las diferentes facies que presenta esta unidad.

Estos autores, han propuesto un modelo sedimentario de plataforma carbonatada con margen de barrera arrecifal y franjas adyacentes relativamente paralelas a las mismas definidas por una facies lagunar y otra de talud hacia mar abierto.

Se considera que el desarrollo de la sedimentación que se llevó a cabo en aguas someras cálidas, bien iluminadas, en donde la energía del oleaje inducida por las fuertes corrientes que chocan en la margen actuó de forma positiva en el crecimiento de los organismos constructores de arrecifes.

Es decir, al chocar continuamente el oleaje contra el borde de la plataforma, éste, además de oxigenar transporta nutrientes al medio de manera permanente, de tal forma que estimula la proliferación de enormes colonias de organismos arrecifales.

En lámina delgada se pueden observar algunos pellets e intraclastos, lo cual denota un ambiente de depósito de alta energía.

Ahora bien, el crecimiento en sentido vertical de la biota que conforma el núcleo del arrecife, genera un subambiente lagunar de baja energía en una franja paralela a éste.

Las características litológicas y faunísticas de esta unidad, se pueden ajustar tanto a la franja de facies lagunares como a la franja arrecifal.

La estratificación gruesa y masiva de las calizas, permiten inferir una depositación relativamente continua de carbonatos, con promedio adecuado de subsidencia del fondo marino que permitiera el depósito de la potente secuencia carbonatada dentro del rango de tiempo establecido.

FORMACION LA PEÑA (APTIANO)

Definición

Esta formación fué definida por Imlay (1936, p.119), como una unidad dividida en dos miembros: el inferior constituido exclusivamente por calizas de estratificación delgada a media, y el superior por una alternancia de lutitas y calizas arcillosas de estratificación delgada.

Su localidad tipo se localiza en el flanco norte de la Sierra de Taraises, aproximadamente 5 km al E-SE de la Hacienda de "La Peña", en el extremo sur del Estado de Coahuila.

Humphrey (1949, p.103) propuso que la Formación La Peña se restringiera al miembro superior considerado originalmente por Imlay (1936).

Distribución

Esta formación es una unidad litoestratigráfica de amplia distribución geográfica en la parte este y noreste de nuestro país, de indiscutible importancia como "horizonte índice de referencia", debido a su contraste litológico con las formaciones que la limitan.

Las rocas de esta unidad afloran al oeste de la ciudad Parras y en la parte central del Anticlinorio de Parras, regularmente en los flancos de las estructuras expuestas; se distingue claramente en el terreno y en las fotografías aéreas debido a que sus afloramientos forman un característico *puerto de erosión suave*.

Litología y Espesor

En el área de estudio, la formación está constituida por una secuencia de calizas arcillosas y lutitas calcáreas en alternancia:

- Las calizas arcillosas son de color gris claro a gris oscuro, de textura mudstone a wackestone; se encuentran dispuestas en estratos delgados a medios (5 a 50 cm de espesor), que al intemperismo exhiben una estructura nodular.

Hacia la parte superior de esta secuencia se incrementa el contenido de material arcilloso, provocando que los estratos de caliza se adelgazan y adquieren un aspecto lajoso, semilajosa y laminar.

Comúnmente se observan pequeñas bandas y nódulos de pedernal negro que intemperiza a color gris claro y gris pardo, así como vetillas de calcita y nódulos de hematita diseminados; otra característica de estos sedimentos es la tendencia a mostrar un burdo boudinage en ciertas áreas.

- La fracción arcillosa está representada por lutitas calcáreas de color gris que intemperizan a beige grisáceo, gris rosáceo, gris verdoso y verde pistache; su estratificación varía de delgada (1 a 10 cm de espesor) a laminar y tiende a formar paquetes de 80 a 100 cm.

Estas rocas son plásticas e impermeables, y dada su poca resistencia a la erosión forman pequeños *puertos de erosión*, perfectamente observables en el terreno.

El espesor estimado para las rocas de esta formación varía de 40 a 50 m.

Relaciones Estratigráficas

Su contacto inferior con la Formación Tamaulipas Inferior (porción sur del área de estudio) y con la Formación Cupido (porción norte) es brusco y concordante.

Subyace de manera concordante a la Formación Tamaulipas Superior, donde la zona de contacto está definida por el cambio de una secuencia arcillo-calcárea a una secuencia netamente carbonatada.

Edad y Correlación

Esta unidad se considera como un horizonte paleontológico índice, debido a su alto contenido de amonitas.

Además, dentro de la fauna colectada por GYMSA (1986), se determinó la siguiente asociación de microfósiles:

<i>Caucasella haúterivica</i>	<i>Globigerinelloides</i> sp
<i>Cadosina</i> sp.	<i>Hedbergella gorbachicae</i>
<i>Globigerinelloides algerianus</i>	<i>Hedbergella garbachiki</i>
<i>Globigerinelloides aptiense</i>	<i>Hedbergella infracretacea</i>
<i>Globigerinelloides barri</i>	<i>Hedbergella roblesae</i>
<i>Globigerinelloides blomi</i>	<i>Hedbergella semielongata</i>
<i>Globigerinelloides duboisi</i>	<i>Hedbergella similis</i>
<i>Globigerinelloides ferrealensis</i>	<i>Lablichella moulladei</i>
<i>Globigerinelloides macromeratus</i>	<i>Leupoldina pustulario</i>
<i>Globigerinelloides maridalensis</i>	<i>Leupoldina reicheli</i>
<i>Globigerinelloides occulta</i>	<i>Leupoldina</i> sp.

Esta asociación de microorganismos define una edad del Aptiano, de tal forma que la Formación La Peña resulta correlacionable con el Horizonte Otates de la Cuenca Tampico-Misantla; con la Formación Cuchillo en el Valle del Río Conchos y con la Formación Las Uvas en la región de Las Delicias-Acatita, Chih.

Ambiente de Depósito

Las características litológicas de esta unidad sugieren una facies de cuenca, en un ambiente pelágico somero con aporte de terrígenos.

La persistencia litológica y su amplia distribución horizontal en la parte septentrional del país, sugieren que la sedimentación ocurrió bajo condiciones de depósito (de baja energía) constantes.

Además, la presencia de esta formación en la columna estratigráfica representa un cambio radical en el modelo sedimentológico de la región.

La interrupción en la sedimentación de carbonatos posiblemente está asociada a movimientos subsidentes (relativamente rápidos) del piso marino, dando como resultado un incremento notable en el tirante de agua del ambiente de depósito, el cual aunado a la continua transgresión de los mares cretácicos conformó un ambiente sedimentario de plataforma abierta, en donde se depositaron lodos calcáreos y material clástico-pelítico.

Por otra parte, la presencia de capas arcillosas posiblemente sea debida a que el ambiente de depósito recibió un aporte importante de sedimentos, provenientes de los ríos que drenaban áreas positivas alejadas.

Al desembocar al mar, las corrientes fluviales aportaban cuantiosos volúmenes de arcilla, los cuales limitaban temporalmente la precipitación de carbonatos.

FORMACION TAMAULIPAS SUPERIOR (ALBIANO-CENOMANIANO)

Durante la realización de la cartografía del área de estudio, se consideró apropiado agrupar dentro de una misma unidad a las Formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura, debido a que en las fotografías aéreas no se apreciaron contrastes entre éstas.

Además, en campo se pudo observar que la Formación Cuesta del Cura presenta un espesor reducido, lo cual dificulta su diferenciación a la escala en que se trabajó, sin embargo, la descripción de estas formaciones se realizara de manera individual:

Definición

Esta unidad fue descrita originalmente por L. W. Stephenson (1921) y definida formalmente por Muir, J. (1936) como una secuencia de calizas de textura mudstone, color crema a amarillo claro y estratificación media; con estilolitas paralelas a los planos de estratificación y lentes de pedernal color gris claro a castaño oscuro.

Su localidad tipo se localiza en la Sierra de Tamaulipas, en el Cañón de la Borrega, el cual se ubica 133 Km al Noroeste de Tampico, Tamps.

Distribución

Se encuentra presente en todos los flancos de las estructuras anticlinales y sinclinales cartografiadas, a excepción de la porción central de los plegamientos Cerro Prieto y la Prieta; en el extremo oriental del Anticlinal Las Pelonas, conforma su parte axial.

Al sureste de Parras, más allá del área de estudio, la Formación Tamaulipas Superior se acuña y la Formación Cuesta del Cura ocupa su nivel estratigráfico.

Litología y Espesor

La formación está representada por una secuencia bastante homogénea de calizas de textura mudstone a wackestone, de color gris claro que interperiza en el mismo color o gris oscuro, en ocasiones con tonalidades amarillentas.

Estas rocas carbonatadas (con un soporte de lodo calcáreo) presentan una estratificación delgada (5, 10, 15 y 20 cm de espesor), media (30, 40, 50, y 60 cm de espesor) y gruesa (80, 90, y 100 cm de espesor).

La estratificación media a gruesa es más frecuente hacia la porción nororiental del área de estudio, en tanto que los estratos delgados y medios tienden a predominar en los afloramientos más meridionales; con frecuencia se presentan nódulos, lentes y bandas de pedernal, de color gris a negro; así como algunas intercalaciones de lutitas calcáreas de color crema.

En la porción meridional del área de estudio predominan los estratos con bandas de pedernal, los cuales se encuentran asociados con capas de estratificación ondulada (boudinage); mientras que en la porción septentrional del área abundan los estratos con nódulos y lentes de pedernal.

Así mismo, las calcisphaerulas son microfósiles que se presentan con frecuencia dentro de la composición original de estas rocas carbonatadas.

El *lapiaz* y las cavidades de disolución son poco comunes, sin embargo, estas estructuras se pueden observar al Noreste del área de estudio, acompañadas de estilolitas paralelas a la estratificación.

En los flancos frontales de los anticlinales, la presencia de zonas con recristalización y fracturamiento intenso alteran la textura original de la roca.

Esta unidad tiene un espesor de 150 m, aunque al considerarla de manera conjunta con la Formación Cuesta del Cura, su potencia oscila entre 400 y 450 m.

Relaciones Estratigráficas

Esta unidad sobryace de manera concordantemente a la Formación la Peña; donde la unidad superior (secuencia carbonatada) presenta un contacto abrupto con la unidad inferior (secuencia pelítico-carbonatada); su contacto superior con la Formación Cuesta del Cura es transicional y de manera concordante.

Edad y Correlación

El estudio micropaleontológico realizado por GYMSA (1986), en rocas similares del área adyacente, permitió determinar la siguiente asociación de microfósiles:

Colomiella recta	Colomiella mexicana
Calpionellopsella maldonadoi	Favusella sp.
Favusella washitensis	Calcisphaerula innminata
Microcalamoides diversos	Bishopella alata
Globochaete alpina	Favusella confusa
Saccocoma sp., Lombardia sp.	Bishopella diozi
Calcisphaerula, sp.	Bishopella ornelasae
Cadosina sp.	Ticinella sp.
Ticinella albiana	Pithonella ovalis.

Esta asociación de micro-organismos tiene un rango de edad que va desde el Albiano inferior hasta el Cenomaniano inferior.

La unidad se correlaciona con la Formación Aurora, del norte y noreste de México; con la Caliza El Abra (parte inferior), de la Cuenca Tampico-Misantla; con las Formaciones Acatita y Paila, del área de Delicias y de la Plataforma de Coahuila; con las Formaciones Cuchillo (parte superior), Telephon Canyon y Finlay del área de Chihuahua, y con la Caliza Glenn Rose y Edwards, del Grupo Fredericksburg ubicado al norte y oriente de Texas, EEUU.

Así mismo, al poniente del área de estudio se correlaciona con la Formación Viesca (complejo arrecifal) y con la Formación Treviño (facies lagunares); sus partes media y superior equivalen a la Formación Cuesta del Cura, de la región de Concepción del Oro, Zac.

Ambiente de Depósito

Durante el Albiano, la transgresión de los mares cretácicos llegó a su punto máximo, cubriendo prácticamente todas las zonas que aún permanecían emergidas en el noreste del país.

Como resultado de este proceso, algunas áreas fueron sumergidas bajo un tirante considerable de aguas cálidas y claras, con una buena circulación (bien oxigenadas); la ausencia de zonas emergidas provocó que el aporte de terrígenos disminuyera hasta quedar totalmente restringido.

Las características litológicas y texturales de esta unidad permiten establecer que las rocas fueron depositadas en un ambiente de mar abierto, cuyo constituyente principal es el lodo calcáreo.

Además, el fondo marino experimentó una subsidencia lenta y gradual, lo cual favoreció el depósito de potentes espesores de caliza de textura mudstone.

Hacia la porción meridional del área de estudio existe una zona asociada a un borde de talud donde las rocas experimentan cambios importantes, ya que la estratificación gruesa a media (de textura mudstone) se interrumpe para dar lugar a una serie de estratos delgados a medios (de wackestone a mudstone).

En resumen, el ambiente de depósito de esta unidad corresponde a una plataforma de mar abierto, en donde fue posible la acumulación de importantes espesores de lodo calcáreo, sin la influencia de terrígenos.

FORMACION CUESTA DEL CURA (ALBIANO-CENOMANIANO)

Definición

Esta formación fue descrita originalmente por Imlay (1936, p.1125), quien la definió como una secuencia de calizas color gris oscuro a negro, de estratificación delgada y ondulante tipo boudinage, con bandas y lentes de pedernal negro.

Su localidad tipo aflora en la Cuesta del Cura, ubicada 6.5 Km al oeste de Parras, Coah., donde se midió un espesor de 65 m.

Distribución

Debido a que la formación presenta un espesor delgado, la unidad fue cartografiada junto con la Formación Tamaulipas Superior; sus mejores afloramientos se ubican en el extremo sur del área de estudio.

Esta formación aflora prácticamente en toda la Sierra de Parras: en la porción norte forma puertos de erosión junto con la Formación Indidura; mientras que hacia el sur, donde su espesor aumenta, aflora a manera de lomeríos alineados.

Litología y Espesor

Esta formación está constituida por una secuencia de calizas color gris oscuro a negro, de textura mudstone a wackestone, de estratificación media a delgada.

Presentan estratificación ondulada tipo boudinage, con bandas y lentes de pedernal color negro, así como microfósiles planctónicos (calcisphaerulas) y vetillas de calcita.

En ocasiones, estas rocas se encuentran intercaladas con capas de lutitas, calizas arcillosas y lutitas calcáreas de color gris claro, cuyo espesor varía de 5 a 15 cm.

Otras características propias de esta formación son: la tendencia a formar pliegues tipo chevron y su estratificación laminar y delgada, con interperismo en lasaj.

El espesor de esta unidad varía de la siguiente manera: en la porción norte del área de estudio su espesor se estima entre 250 y 300 m; mientras que hacia el sur, el espesor aumenta hasta 450 m, al desaparecer la Formación Tamaulipas Superior.

El espesor estimado de manera conjunta para las Formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura, fué de 400 a 450 m (planos 3.3 y 3.4).

Relaciones Estratigráficas

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Tamaulipas Superior; su contacto superior con la Formación Indidura es concordante y brusco, caracterizado por un cambio litológico de sedimentos carbonatados a calcáreo-arcillosos.

En dicho contacto, desaparecen las calizas con bandas de pedernal, y aparece una alternancia de lutitas y calizas arcillosas de estratificación laminar a delgada, con lentes de pedernal.

Edad y Correlación

De acuerdo a la posición estratigráfica que guarda esta unidad con las Formaciones Tamaulipas Superior e Indidura, así como su contenido faunístico, se consideró una edad del Albiano medio-Cenomaniano inferior (Rogers, et al, 1961, p.99).

Así mismo, el estudio micropaleontológico realizado por GYMSA (1986), en rocas similares del área adyacente, permitió determinar una asociación de microfósiles típicos del período Albiano-Cenomaniano:

Calcisphaerula innominata

Pithonella ovalis

Bonetocardiella pondede leoni.

Hedbergella subcretacea

Rotalipora sp.

Globigerinelloidis sp.

Whitella sp.

La Formación Cuesta del Cura se correlaciona con las Formaciones Tamaulipas Superior (miembro superior) y Caliza El Abra, de la Cuenca Tampico-Misantla; con la Caliza Sierra Madre, de Tabasco y el Istmo de Tehuantepec, y con la Formación Kiamichi (parte inferior) y el Grupo Washita, del Noreste de México y oriente de Texas.

Ambiente de Depósito

De acuerdo a las características litológicas y texturales de esta unidad, se considera que su depósito se llevó a cabo en un ambiente de mar abierto (intranerítico), con un tirante de agua considerable (Tardy, 1972).

La formación esta asociada con zonas profundas (facies de cuenca), producto de la transgresión de los mares cretácicos, en condiciones hidrodinámicas de baja energía; donde los principales aportadores de carbonato de calcio se encontraban en aguas más superficiales (microorganismos planctónicos).

FORMACION TREVIÑO (ALBIANO-CENOMANIANO)

Definición

Esta formación fue definida por García Romero, G. (1973) en su localidad tipo: el Cañón de Treviño, ubicado en la porción norte-central de la Sierra de La Paila, Coahuila; en donde consta de una secuencia de calizas color gris, de estratificación gruesa a masiva y con abundantes microfósiles de organismos bentónicos (miliólidos) de facies lagunares.

Distribución

Los afloramientos de esta formación se restringen a la porción occidental del área de estudio, conformando la mayor parte de las Sierras de Mayrán, La Cuchilla, Las Carretas y Cerro Zavaleta.

Litología y Espesor

La Formación Treviño consta de una secuencia de calizas de plataforma, de color gris que intertemperiza a gris muy claro y amarillento; su textura varía de packstone a wackestone de miliólidos, con escasos rudistas.

Estas rocas se encuentran dispuestas estratos gruesos (80, 90, 100 y 120 cm de espesor) a medios (40, 50 y 60 cm de espesor), aunque también se llegan a presentar intercalaciones de estratos delgados (20 a 30 cm de espesor); los estratos más gruesos generalmente se encuentran hacia la base de la secuencia.

Esta secuencia presenta de manera constante las siguientes características: fracturamiento regular a intenso, recristalización, cavidades de disolución, *lapiaz* y planos estilolíticos, así como vetillas y fracturas selladas por calcita.

A niveles inferiores algunos intervalos se encuentran parcialmente dolomitizados, mientras que hacia niveles superiores se presentan nódulos de pedernal color gris oscuro a negro.

Debido a que no se observó su contacto inferior de esta formación, fue imposible calcular su espesor, sin embargo, por información reportada en otros sitios se le consideró un espesor de 250 a 300 m (plano 3.2).

Relaciones Estratigráficas

En la Sierra de La Peña, esta unidad sobreyace de manera concordante a la Formación Acatita, y subyace de igual manera a la Formación Indidura.

Edad y Correlación

La posición estratigráfica de esta unidad permite asignarle una edad del período Albiano medio y superior, aunque algunos autores la extienden al Cenomaniano inferior.

Esta formación se correlaciona con otras unidades de facies similares (lagunares), tales como la Formación Loma de Plata, de la Cuenca de Chihuahua, y las Formaciones Kiamichi y Washita de la Cuenca de Sabinas.

También es correlacionable con facies pelágicas de las Formaciones Buda y Del Río, distribuidas en las Cuencas de Chihuahua y Sabinas, respectivamente.

En los sectores central y oriente del área de estudio, su equivalente en edad corresponde con las Formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura.

Ambiente de Depósito

García Romero, G. (1973) definió el modelo sedimentológico de las rocas del Albiano-Cenomaniano, estableciendo los diferentes ambientes que controlaron los depósitos calcáreos del sur de la paleopenínsula de Coahuila, en el cual se encuentran definidas las facies de laguna, arrecife y plataforma abierta.

La Formación Treviño corresponde a una facies lagunar, la cual tuvo probablemente un fondo de topografía irregular, en donde los parámetros batimétricos dieron origen a los diferentes tipos de litologías.

FORMACION INDIDURA (TURONIANO – SANTONIANO)

Durante la realización de la cartografía de la Sierra de Parras, se consideró apropiado agrupar dentro de una misma unidad a las Formaciones Indidura y Lutita Parras bajo la nomenclatura **Ks**, debido a que ambas unidades presentan características litológicas bastante similares, de tal forma que no son claramente diferenciables en las fotografías aéreas, escala 1: 20,000.

Sin embargo, en la porción occidental del área de estudio (al oeste de la Falla Caballo) si fue considerada de manera individual, debido a que en esta zona no aflora la Lutita Parras.

La descripción de estas formaciones se realizara de manera individual:

Definición

Esta unidad fue estudiada originalmente por Böse (1906) en la Sierra de Parras y definida formalmente por Kelly, W.A (1936, p.1028) en la localidad de Delicias, Coah. como una secuencia de lutitas, margas y calizas arcillosas de color gris oscuro, dispuestas en laminas, capas y estratos delgados a medios.

Imlay (1936, p.1126) describió esta misma formación en la parte occidental de la Sierra de Parras, donde presenta un espesor de 650 m.

Su localidad tipo se localiza en la Sierra de Santa Ana, en la ladera oriental del Cerro de La Hendidura, 19 Km al W-SW del Poblado de Acatita, Coahuila.

Distribución

Esta unidad esta ampliamente distribuida en las Sierras La Peña, Mayrán y Parras, en esta última aflora formando pequeñas lomas redondeadas; regularmente constituye el núcleo de las estructuras sinclinales, mientras que en los valles correspondientes a sinclinales se encuentra cubierta por depósitos aluviales.

Litología y Espesor

La Formación Indidura consiste en términos generales de calizas arcillo-arenosas y calizas de textura mudstone a wackestone, en alternancia con lutitas calcáreas y lutitas; estas rocas son de color gris oscuro a negro e intemperizan a pardo amarillento, anaranjado o rojizo, además de tonalidades rosáceas.

Su estratificación varía de delgada (10 a 20 cm de espesor) a media (30 a 60 cm de espesor), e inclusive algunos afloramientos muestran una estructura laminar de aspecto lajoso; hacia la parte superior de la unidad, esta secuencia calcáreo-arcillosa gradúa hacia un predominio de lutitas y lutitas calcáreas laminares, en paquetes de hasta 15 m de espesor.

Esta unidad litoestratigráfica muestra características similares a través de toda el área de estudio, tales como la presencia de fracturas y vetillas de calcita, así como óxidos diseminados; por otra parte, en ocasiones se llegan a observar impresiones y moldes de bivalvos (*Inoceramus* sp.) sobre la superficie de las capas.

El espesor considerado de manera conjunta para las Formaciones Indidura y Parras en la sección geológica 1-1' (plano 3.2) fué de 350 m en su parte más potente, en tanto que en la Sierra de Parras: en las secciones 2-2', 3-3', 4-4' y 5-5' (planos 3.3 y 3.4) la potencia de esta unidad varía de 400 a 800 m.

Relaciones Estratigráficas

En su localidad tipo la Formación Indidura sobreyace a la Caliza Aurora, marcado por un hiatús y una discordancia erosional (Humphrey, 1956); en las Sierras de La Peña y Mayrán sobreyace a la Formación Treviño, mediante un contacto transicional y concordante.

En el área de estudio, sobreyace a las Formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura por medio de un contacto brusco y concordante, determinado por la desaparición de las calizas de estratificación delgada y ondulante tipo boudinage (con bandas de pedernal), y la aparición de rocas calcáreo-arcillosas.

El cambio de color al interperismo y la disminución en el espesor de los estratos, son otras características que definen también el límite entre estas unidades; por lo que respecta a su contacto superior, este es transicional y concordante con la Formación Parras.

Edad y Correlación

De acuerdo a su posición estratigráfica y a su contenido faunístico, Imlay (1936, p.626 y 1132) le asigna una edad correspondiente al período Cenomaniano- Coniaciano.

Jones (1938) realizó estudios paleontológicos de las rocas que afloran en su localidad tipo, determinando una edad del Turoniano.

Sin embargo, el estudio micropaleontológico realizado por GYMSA (1986) en rocas similares del área adyacente, permitió determinar la siguiente asociación de microfósiles, típica del período Turoniano-Santoniano:

Inoceramus sp.	Guembelitria sp.
Withinela sp.	Hedbergella amabilis
Praeglobotruncana sp	Hedbergella simplex
Heterohelix sp.	Thalmaniella appeninica
Heterohelix moremani	Sackoina sp.
Heterohelix globulus	

Es importante hacer notar que el rango estratigráfico de esta Formación no es uniforme en todo el noreste de la República; para explicar este fenómeno, diversos autores han estudiado el ambiente de depósito, los constituyentes de la roca y el contenido de microfósiles.

Al respecto, Tardy, et al. (1974) establecen una variación en tiempo y espacio para los sedimentos tipo flysch del Cretácico superior: en la porción meridional del "Sector Transversal de Parras" existió una fuente importante de terrígenos, la cual ocasionó la progradación de los sedimentos en dirección de sur a norte.

Este proceso provocó la "movilidad" del rango estratigráfico de facies similares (ambientes sedimentarios), localizadas en distintas zonas geográficas.

La Formación Indidura se correlaciona con la Caliza Sierra Madre (parte superior), de Tabasco y el Istmo de Tehuantepec; con las Formaciones Agua Nueva, El Abra (parte superior), Tamabra y Tamasopo, de la Cuenca Tampico-Misantla, y con la Formación Eagle Ford, del Noreste de México y sur de Texas, EEUU.

Además, la parte inferior de esta unidad es equivalente con la Formación Cuesta del Cura, mientras que la porción superior es equivalente a la Formación Caracol, la cual aflora al sur del área de estudio.

Ambiente de Depósito

Es evidente que la Formación Indidura representa el principio de un cambio notable en el modelo sedimentológico del noreste de nuestro país.

Mientras que durante el Jurásico superior y el Cretácico inferior la generación de sedimentos es eminentemente calcárea, el Cenomaniano marca la transición con depósitos clásticos; fenómeno producido por la manifestación de movimientos orogénicos en una etapa temprana.

De acuerdo con sus características litológicas, esta unidad se depósito en un ambiente sedimentario de aguas someras, de baja energía y escasa circulación, con un mayor predominio de rocas pelíticas (lutitas y lutitas calcáreas), con respecto a las rocas carbonatadas (calizas y calizas arcillosas).

De manera general, los tirantes de agua (profundidades) fueron disminuyendo de manera gradual después del depósito de las Formaciones Aurora, Cuesta del Cura y sus equivalentes; además, la ausencia de fósiles indica condiciones adversas para la mayoría de los organismos bentónicos.

FORMACION PARRAS (SANTONIANO-CAMPANIANO)

Durante la realización de la cartografía de la Sierra de Parras, se consideró apropiado agrupar dentro de una misma unidad a las Formaciones Lutita Parras e Indidura bajo la nomenclatura **Ks**, debido a que ambas unidades presentan características litológicas bastante similares, de tal forma que no son claramente diferenciables en las fotografías aéreas, escala 1: 20,000.

Definición

Esta formación fue definida por Imlay (1936, p.1132) y corresponde a una potente secuencia (840 a 1,200 m de espesor) de lutitas fisiles y lutitas calcáreas de color negro, en parte carbonosas, con algunas intercalaciones de calizas arcillosas.

La localidad tipo se ubica en las lomas de San Pablo, 6.4 Km al oriente de la Ciudad de Parras, Coah.

Distribución

Esta unidad aflora en la porción septentrional del Anticlinorio de Parras (en las partes central y oriental del área de estudio), principalmente en el núcleo de los Sinclinales Taraises, Gallinas y Tomatera; constituye lomeríos redondeados, como los que se encuentran ubicados en toda la parte frontal (norte) de la Sierra de Parras.

Litología y Espesor

La formación está constituida por una secuencia arcillo-calcárea muy homogénea de lutitas y lutitas calcáreas de color negro a gris oscuro, en partes carbonosa, con algunas intercalaciones esporádicas de calizas arcillosas.

Estas rocas presentan una estratificación delgada (5 a 20 cm de espesor) a media (30 a 40 cm de espesor); al intemperismo ofrecen un aspecto masivo debido a que la esquistocidad destruye los planos de estratificación, provocando que sea muy deleznable y de fractura astillosa.

Por otra parte, en los intervalos donde la roca tiende a presentar un mayor contenido de carbonato de calcio, el intemperismo ocasiona un aspecto nodular.

El fracturamiento tiende a ser más abundante en la parte axial de las estructuras, así como en el flanco frontal de los anticlinales de características locales.

El espesor considerado de manera conjunta para las Formaciones Parras e Indidura, presenta variaciones en las secciones geológico-estructurales 2-2', 3-3', 4-4' y 5-5' (planos 3.3 y 3.4), debido al plegamiento local de estos materiales; así, la potencia de esta unidad varía de 400 a 800 m (600 m en promedio).

Relaciones Estratigráficas

Su contacto inferior con la Formación Indidura ocurre de manera concordante y transicional, a tal grado que en ocasiones es difícil precisar el contacto entre ambas unidades.

No se pudo observar su contacto superior debido a que se encuentra cubierta por sedimentos continentales del Reciente, a través de una discordancia angular; aunque, más hacia el norte y hacia el oriente (fuera del área de estudio), su contacto superior es concordante y transicional con el Grupo Difunta, constituido por una alternancia rítmica de lutitas y areniscas.

Edad y Correlación

De acuerdo con su contenido micropaleontológico (Tardy, et al., 1974) y su posición estratigráfica, a la Formación Parras se le asigna una edad del Santoniano-Campaniano, y es correlacionable con la Formación Caracol (parte superior) que aflora fuera del límite sur del área de estudio.

Así mismo, se correlaciona con las Formaciones San Felipe y Méndez (parte inferior) del área de Monterrey, N.L. y la Cuenca de Chicontepec; con la Formación Austin (parte superior) del norte de Coahuila y sur de Texas.

Ambiente de Depósito

Las características sedimentológicas de esta formación sugieren que su depósito se llevó a cabo en un ambiente marino (nerítico) de aguas someras; existiendo un aporte continuo y abundante de sedimentos finos, combinados con la subsidencia del centro de depósito, lo cual permitió el desarrollo de una potente secuencia arcillo-calcárea.

En este medio prevalecieron condiciones de baja energía y escasa circulación, favoreciendo las condiciones anaerobias (con un limitado contenido de oxígeno) y reductoras, lo cual imprimió un color negro a los sedimentos de esta unidad.

> Terciario

FORMACION AHUICHILA (EOCENO-OLIGOCENO INFERIOR)

Definición

Esta unidad fue estudiada originalmente por Kellum (1932), Imlay (1936), De Cserna (1956) y Rogers, et al. (1957), quienes definen como Formación Ahuichila a unos depósitos conglomeráticos de tipo molasa continental, los cuales se acumularon después del plegamiento de la Sierra Madre Oriental.

Esta unidad se encuentra constituida por una secuencia de conglomerados, areniscas (arcosas), calizas lagunares, tobas ácidas y otros productos piroclásticos.

La localidad tipo se ubica en los alrededores del poblado Ahuichila, que se localiza al suroeste del área de estudio.

Distribución

Esta formación aflora exclusivamente en la porción suroriental del área estudiada, cubriendo las partes altas de pequeñas mesetas.

Litología y Espesor

La unidad está constituida por conglomerados polimícticos masivos de color gris cenizo a gris amarillento-anaranjado, con clastos de calizas y pedernal, de forma subangulosa a bien redondeada, mal clasificados y granulometría de 2 a 10 cm de diámetro; su matriz varía de arenosa a arcillo-arenosa y aún limo-arcillosa, la cual está bien cementada por carbonato de calcio.

En ocasiones se presentan intercalaciones de calizas lagunares de estratificación delgada, media o gruesa.

Debido a su escasa distribución, no fue posible calcular su espesor con exactitud; sin embargo, Rogers, et al. (1957) reportan un espesor de 305 m en su localidad tipo.

Relaciones Estratigráficas

Este conglomerado sobreyace a las rocas de la columna Mesozoica, mediante una discordancia angular; a su vez, esta cubierto de igual forma por depósitos recientes de origen continental.

Edad y Correlación

Debido a que no se han encontrado fósiles que permitan la determinación precisa de su edad, sin embargo, de acuerdo a su relación con las rocas que le subyacen y le sobreyacen, se le ha asignado una edad del Eoceno-Oligoceno inferior.

Ambiente de Depósito

Esta unidad fué depositada en cuencas pequeñas, de aguas muy someras.

FORMACION MAYRAN (PLIOCENO-PLEISTOCENO)

Definición

Esta formación fue definida por Imlay (1936, p.1135); corresponde a gravas bien consolidadas y depósitos conglomeráticos fuertemente cementados con carbonato de calcio, con intercalaciones de areniscas, calizas lagunares y tobas ácidas; la localidad tipo se ubica en los alrededores de la Laguna de Mayrán, hacia el norte del área de estudio.

Distribución

Esta formación aflora en la porción septentrional del área de estudio, en las Lomas de San Pablo y en la Sierra de Santiago.

Litología y Espesor

La unidad está constituida por conglomerados de color gris cenizo a gris amarillento-anaranjado, con fragmentos subangulosos a redondeados de calizas, de matriz arenosa a limo-arcillosa bien cementada, con intercalaciones de calizas lagunares de estratificación delgada, media o gruesa; se desconoce su espesor con exactitud.

Relaciones Estratigráficas

Esta unidad sobreyace al Grupo Difunta mediante una discordancia angular, y a su vez, esta cubierto de igual forma por depósitos recientes.

Edad y Correlación

De acuerdo a su relación con las rocas que le subyacen y sobreyacen, además del hallazgo de huesos de elefante y un diente de caballo (Rogers, et al., 1957, p.115), se le ha asignado una edad del Plioceno-Pleistoceno.

Ambiente de Depósito

Esta unidad fué depositada en cuencas pequeñas, de aguas muy someras.

➤ CUATERNARIO

DEPOSITOS CONTINENTALES RECIENTES

Definición

Con base a la fotointerpretación y a los trabajos de campo, se logró identificar tres unidades de origen continental, de edad Cuaternaria:

1. **Qal.**- Depósitos aluviales y residuales: se localizan en el cauce de los arroyos, en valles y planicies.
2. **Qt.**- Depósitos de talud: acumulados en la base de las sierras o lomerios.
3. **Qtc.**- Depósitos de terrazas continentales.

Distribución

Estas unidades afloran en toda el área de estudio, principalmente en los cauces de arroyos, en zonas topográficamente bajas y en los flancos de las sierras.

Litología y Espesor

1. **Qal.**- Esta constituido por materiales limo-arcillosos, arenas finas a gruesas y gravas, así como fragmentos de roca redondeados a subangulosos.
2. **Qt.**- Esta compuesto por arenas, gravas, bloques y material areno-arcilloso, con una estructura masiva y un grado de compactación variable; algunas veces se encuentran cementados por caliche.
3. **Qtc.**- Esta conformado por sedimentos de varios tamaños, cuyo grado de redondez es muy diverso; presentan una estructura masiva, compactación y estratificación burdas.

El espesor de estas unidades varía entre 30 y 70 m, presentándose los valores máximos hacia el centro de los valles.

Relaciones Estratigráficas

Cubre discordantemente a las unidades Jurásicas, Cretácicas o Terciarias.

Edad y Correlación

Reciente (Holoceno)

Ambiente de Depósito

Estos materiales se generaron como resultado de los procesos de erosión e intemperismo (mecánico y químico) que actúan sobre las rocas preexistentes; su depósito ocurrió en un ambiente sedimentario continental.

3.1.2 Rocas Igneas

TERCIARIO IGNEO INTRUSIVO (EOCENO SUPERIOR)

Clasificación

Durante los trabajos de campo se cartografió una serie de afloramientos de rocas ígneas intrusivas de composición ácida, dispuestas a manera de cuerpos irregulares y dispersos, las cuales forman parte de un pequeño *tronco* o *stock* que afecta a las rocas Mesozoicas.

Distribución y Petrografía

Estos cuerpos intrusivos afloran exclusivamente en el extremo suroriental del área de estudio, al oeste de la Sierra El Potrerillo.

Estas rocas son de color blanco con ligeros tintes parduscos o verdosos, con una estructura densa y compacta; además, los afloramientos muestran un aspecto nodular y un fracturamiento que varía de moderado a intenso.

De acuerdo con un análisis petrográfico realizado por GYMSA (1986), esta roca se clasificó como una monzonita de textura holocristalina, hipidiomórfica de grano medio; su relación mineralógica es la siguiente:

- **Minerales esenciales:** microclina, andesina y oligoclasa.
- **Minerales accesorios:** ferromagnesianos.
- **Minerales secundarios:** calcita, hematita, limonita, serícita y siderita.

Se estima que estas rocas son producto de la diferenciación magmática de un cuerpo de composición granítica, ya que Imlay (1936) identificó en esta misma región afloramientos de rocas graníticas, lo cual apoya esta consideración.

Relación con las Rocas Encajonantes

Aunque estas rocas graníticas afectan a gran parte de la secuencia sedimentaria del Mesozoico, en el área de estudio se presentan intrusionando principalmente a las siguientes Formaciones del Cretácico: Taraises, Tamaulipas Inferior, Cupido, La Peña, Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura.

En el contacto entre el cuerpo intrusivo y las rocas sedimentarias existe comúnmente una zona de alteración, caracterizada por recristalización, fracturamiento y en ocasiones silificación; estos cambios texturales le confieren a los materiales un alto grado de compactación y resistencia, destacándose de la roca sana por su tendencia a constituir crestones.

Edad y Correlación

De acuerdo a su relación estratigráfica con las rocas del Cretácico, a las cuales se encuentran intrusionando, se ha considerado que su edad es del Eoceno-Oligoceno.

Buseck y Stanley (1961), realizaron análisis radiométricos a un par de muestras de rocas ígneas colectadas en Concepción del Oro, Zac., obteniendo edades de 38 y 40 M. a. (Eoceno superior).

Debido a la cercanía que existe entre esta última localidad y el extremo suroriental de la Sierra de Parras, se considera que el emplazamiento de los cuerpos intrusivos en ambas regiones probablemente sea equivalente en edad.

Origen

Estos cuerpos intrusivos están asociados con la fase final de la Orogenia Laramide, y se considera que su emplazamiento ocurrió en zonas de debilidad cortical.

3.2 Geología Estructural

De acuerdo con el análisis estratigráfico, paleogeográfico y morfoestructural realizado por Eguiluz de Antuñano, et al. (2000), la Sierra Madre Oriental (SMO) puede dividirse en 6 sectores estructurales:

1. San Pedro del Gallo.- Se localiza entre Parral, Chih. y la Sierra de Jimulco, Coah.
2. Huayacocotla.- Se ubica entre Tamazunchale, S.L.P. y Teziutlán, Pue.
3. Transversal de Parras.- Se localiza entre la Sierra de Jimulco y Saltillo, Coah.
4. Saliente de Monterrey.- Se ubica desde el poniente de Monterrey hasta Aramberri, N.L.
5. Valles.- Se localiza entre Cd. Victoria, Tamps. y Cd. Valles, S.L.P.
6. Cuenca de Sabinas.- Sabinas, Coah.

En la Figura 3.2 se ilustra la distribución de los sectores estructurales de la SMO.

El área de estudio se encuentra comprendida dentro del Sector Transversal de Parras, el cual se caracteriza por la aparición de evaporitas en la base de su columna estratigráfica, y cuyo estilo estructural es dominado por pliegues angostos y alargados, orientados en dirección NW 70° SE.

Los sinclinales (comúnmente alojados en los valles) y los anticlinales guardan una relación 1:1, mientras que los planos axiales de estos pliegues son en su mayoría casi verticales o ligeramente inclinados con una vergencia hacia el N-NE, aunque ocasionalmente pueden presentar una vergencia opuesta.

La zona de estudio constituye un gran anticlinorio, constituido por pliegues muy estrechos (cerrados) y elongados; en tanto que hacia el Valle de Parras se presenta un gran sinclinorio; además del plegamiento intenso, el frente de la Sierra de Parras se caracteriza por tener elevaciones superiores a los 1800 msnm, 800 m arriba de la planicie de la Laguna de Mayrán (ubicada hacia el norte).

En cambio, el arreglo estructural de las rocas sedimentarias pertenecientes a la *Península de Coahuila* difiere mucho del *Sector Transversal de la Sierra de Parras*, ya que las rocas se presentan deformadas a manera de pliegues muy amplios y suaves (Kellum, 1936).

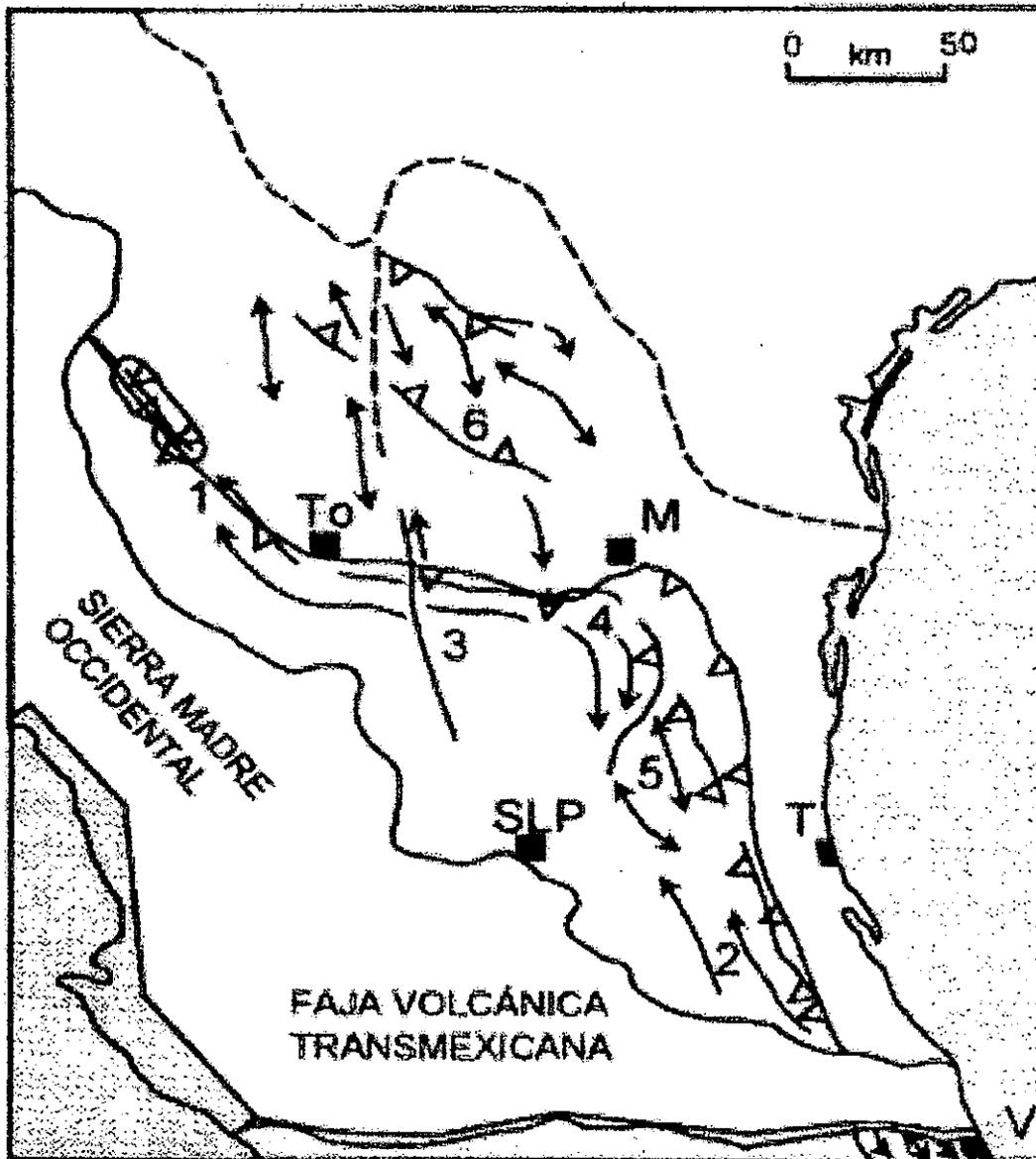


Figura 3.2 Distribución de sectores del frente Tectónico Sierra Madre Oriental. San Pedro del Gallo (1), Huayacocotla (2), Transversal de Parras (3), Saliente de Monterrey (4), Valles (5), Cuenca de Sabinas (6).

(Tomado de: Eguiluz de Antuñano et al., 2000)

Figura 3.2 Sectores Estructurales de la Sierra Madre Oriental

A continuación se describen los principales rasgos estructurales conformados por las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio, tal y como se puede apreciar en el Plano Geológico Regional (Plano 3.1) y en las secciones geológico-estructurales (Planos 3.2, 3.3 y 3.4).

3.2.1 Conjunto Estructural Mayrán

Con esta denominación se agrupó a la serie de pliegues localizados en el extremo occidental del área de estudio, los cuales conforman la Sierra de La Peña.

Este conjunto de estructuras alcanza una extensión de 35 Km, con elevaciones que varían de 1,350 a 2,040 msnm; la orientación de sus ejes estructurales oscila entre NW 60° SE y NW 72° SE.

La geometría que presentan estas estructuras corresponde con pliegues estrechos y alargados, generalmente asimétricos y en ocasiones recumbentes hacia el NE.

Se considera que su comportamiento geométrico esta subordinado a un estilo de deformación de tipo "*decollement*", generalmente evidente en rocas de la Formación Treviño, y cuyo punto de despegue ocurrió a partir de los yesos de la Formación Acatita, tal y como se interpretó en la sección estructural 1-1' (plano 3.2).

La secuencia evaporítica ubicada en la base de las litofacies Albianas de la *Plataforma de Coahuila* jugó un papel importante durante la deformación, ya que "absorbió" parcialmente el rompimiento profundo, pero permite observar el efecto de desplazamiento hacia niveles estratigráficos superiores mediante una red de fracturamiento (García Romero, G., 1973)

La presencia de rocas con recristalización y fracturamiento intenso se asocia a zonas donde los estratos conforman pliegues estrechos, en ocasiones recumbentes.

3.2.2 Anticlinales

Anticlinal Taraises

Este pliegue se localiza en el extremo noroeste de la Sierra de Parras, en donde la traza de su eje se cartografió a lo largo de 14 Km, encontrándose orientado en una dirección NW 70° SE; mientras que su extremo oriental presenta un rumbo casi E-W.

La estructura presenta una amplitud de 4.4 Km y una geometría asociada con un pliegue recumbente, el cual tiene una vergencia hacia el N-NW.

Su expresión topográfica corresponde con un anticlinal de topografía invertida, en donde el núcleo presenta altitudes de 1,600 a 2,000 msnm, mientras que en los flancos anterior y frontal la elevación varía de 2,250 a 2,400 msnm, respectivamente.

El núcleo del anticlinal está conformado por rocas de las formaciones La Gloria y La Casita, en tanto que los flancos están constituidos por las Formaciones Taraises y Cupido.

El flanco frontal y la parte axial de la estructura presentan un alto porcentaje de rocas recristalizadas y un fracturamiento intenso, los cuales, de acuerdo con el modelo de "plegamiento por propagación de falla" (Suppe, 1990) son considerados como los sitios más favorables para que ocurra la ruptura y la propagación de la falla hacia los estratos más superficiales.

Esto último se observó en las secciones estructurales 2-2' y 3-3' (plano 3.3), en donde el flanco frontal del anticlinal manifiesta una ruptura, con un plano de falla de cabalgadura que sobrepone rocas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura encima de la Formación Indidura.

Anticlinal Las Pelonas

Esta estructura se localiza inmediatamente al sur de la población de Parras, en la parte frontal de la Sierra de Parras.

La traza de su eje presenta una longitud de 22 Km, encontrándose orientado en una dirección que varía de NW 50° SE (extremo occidental) a NW 70° SE (extremo oriental); la estructura presenta una amplitud de 1.5 Km y una geometría asociada con un pliegue simétrico doblemente buzante tanto hacia el NW, como al SE.

En el extremo occidental de este pliegue, el núcleo está conformado por rocas de las formaciones Indidura y Parras, mientras que hacia sus porciones central y oriental el núcleo está constituido por calizas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura (secciones 4-4' y 5-5' del plano 3.4), con elevaciones máximas que superan ligeramente los 2,000 msnm.

En general, las rocas que conforman este anticlinal muestran fracturamiento, el cual se vuelve más intenso hacia sus partes axial y frontal.

Por otra parte, este anticlinal se encuentra afectado por dos sistemas de fallas de desplazamiento lateral orientados en dirección N-S a NW-SE, las cuales juegan un papel muy importante en el comportamiento hidrogeológico del área de estudio.

Anticlinal Molano

Este pliegue se ubica en el límite oriental del área de estudio: en la Sierra Molano, donde la traza de su eje fué cartografiada en una longitud de 11 Km, estando orientado en dirección NW 65° SE.

La estructura presenta una amplitud de 1.7 Km y una geometría asociada con un pliegue simétrico, buzante hacia el NW; el núcleo está constituido por rocas de la Formación Cupido, mientras que sus flancos están integrados por las formaciones La Peña y Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura.

La sierra donde se desarrolla esta estructura presenta una elevación máxima de 2,050 msnm, la cual disminuye paulatinamente hacia el poniente hasta llegar a los 1,600 msnm; además, en el flanco frontal de esta estructura se presentan pequeños pliegues de tipo local.

Anticlinal Cerro Prieto

Este pliegue corresponde con la bifurcación septentrional del Anticlinal Taraises y se localiza inmediatamente al sur del Anticlinal Las Pelonas, donde la traza de su eje fué cartografiada a lo largo de 48 Km de longitud, mostrando en general un rumbo NW 60° SE, aunque en su extremo poniente la traza es casi E-W.

La estructura presenta una amplitud variable a lo largo de su expresión, donde el valor máximo es de 2.5 Km (extremo occidental) y el mínimo de 1.5 Km (extremo oriental).

Hacia su parte poniente presenta una geometría asociada con un pliegue recumbente con vergencia al norte, mientras que hacia el oriente se comporta como un anticlinal asimétrico, tal y como se interpretó en las secciones estructurales 4-4' y 5-5' (plano 3.4).

La expresión topográfica de este pliegue presenta diferencias muy marcadas a lo largo de su extensión, tal y como se describe a continuación:

- Extremo occidental.- El núcleo presenta altitudes máximas de 2,800 msnm.
- Porción central.- Sus elevaciones son de 1,900 msnm.
- Extremo oriental.- Las elevaciones de la sierra son de 2,400 msnm.

Se considera que la expresión topográfica de este anticlinal es provocada por el buzamiento de sus extremos hacia la parte central del pliegue.

Lo anterior también tiene una correspondencia geológica, ya que hacia los extremos de la estructura el núcleo se encuentra conformado por rocas de la Formación Cupido, mientras que hacia su porción central el núcleo y los flancos están constituidos por calizas de la unidad Tamaulipas superior-Cuesta del Cura.

Tanto el núcleo como el flanco frontal de este anticlinal presentan los mayores índices de fracturamiento, característica que se considera propicia para la ruptura y la propagación de la falla de cabalgadura a través del flanco frontal, tal y como aparece en las secciones estructurales 2-2' y 3-3' (plano 3.3), donde algunos pliegues son afectados por este mecanismo de deformación.

Por otra parte, hacia la porción central de este pliegue se desarrollan dos sistemas de fallas de desplazamiento lateral, orientados en una dirección promedio NE 14° SW; este fallamiento, que se extiende hacia las cercanías del poblado de Parras, juega un papel muy importante en el comportamiento hidrogeológico del área de estudio.

Anticlinal La Casita de la Cuesta.

Este pliegue corresponde con la bifurcación meridional del Anticlinal Taraises y se localiza inmediatamente al sur del Anticlinal Cerro Prieto, en donde la traza de su eje se cartografió a lo largo de 43 Km, con un rumbo general NW 68° SE; este pliegue presenta una amplitud máxima de 3.5 Km en sus porciones central y oriental, tomando como referencia las rocas del Cretácico Superior (Indidura y Parras).

En general, el comportamiento geométrico de este anticlinal es asimétrico, presentando un fuerte buzamiento hacia el SE.

El pliegue esta conformado en gran parte de su extensión por rocas del Cretácico Superior (secciones 4-4' y 5-5' del plano 3.4), a excepción de un tramo de 13 Km de longitud ubicado en el extremo noroeste, en donde se presenta constituido por rocas de las Formaciones Cupido y Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, debido a que las rocas suprayacentes (Cretácico Superior) han sido erosionadas, tal y como se puede observar en las secciones 2-2' y 3-3' (plano 3.3).

Su expresión topográfica tiene una gran afinidad con el comportamiento buzante de la estructura, esto es, que las máximas elevaciones se localizan hacia su extremo noroeste en donde existen desniveles superiores a los 2,500 msnm, disminuyendo paulatinamente hacia el sureste donde alcanza los 2,050 msnm.

Anticlinal La Prieta

Este pliegue constituye la estructura de mayor extensión en el área de estudio, se localiza en la porción centro-meridional de la Sierra de Parras, en donde la traza de su eje fue cartografiada a lo largo de 61 Km.

La orientación del pliegue es variable ya que en su extremo occidental el eje presenta una dirección casi E-W, cambiando de rumbo hacia sus partes central y oriental en donde la orientación es NW 68° SE; su amplitud varía de 1.8 a 4.2 Km, tomando como referencia a la Formación La Peña.

Su comportamiento geométrico también es variable, tal y como se describe a continuación:

- Extremo Occidental.- La geometría corresponde a un pliegue recumbente hacia el N-NW: secciones estructurales 2-2' y 3-3' (plano 3.3).
- Porción Central.- Corresponde a un pliegue asimétrico: sección 4-4' (plano 3.4).
- Extremo Oriental.- La geometría se asocia a un pliegue abanicado, con un núcleo prácticamente sin deformación: sección 5-5' (plano 3.4).

La expresión topográfica de las partes del pliegue está en función de la litología que las conforma, de tal forma que hacia el extremo occidental la estructura se comporta como un anticlinal de topografía invertida con un núcleo formado por rocas de las Formaciones La Gloria y La Casita, constituyendo cerros con elevaciones de hasta 1,600 msnm; los flancos están conformados por las Formaciones Taraises y Cupido, llegando a alcanzar alturas de 2,050 msnm (frontal) y 1,840 msnm (anterior).

En cambio, la expresión topográfica de los sectores centro-occidental, central y suroriental muestran diferencias notables, asociadas principalmente con el tipo de rocas que conforman el núcleo del pliegue y con el comportamiento doblemente buzante del anticlinal (los extremos del pliegue buzando hacia el centro de la estructura):

- Sector Centro-Occidental.- El núcleo de la estructura está conformado por rocas de las Formaciones Cupido y Tamaulipas Superior; con una elevación de 2,700 msnm.

- **Porción Central.**- El núcleo del pliegue esta constituido por rocas de las Formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura, mientras que en los flancos afloran rocas del Cretácico Superior (Indidura y Parras); con una elevación es de 2,050 msnm
- **Sector Suroriental.**- El núcleo del anticlinal esta conformado por calizas arrecifales de la Formación Cupido, las cuales configuran una sierra cuya elevación es de 2,300 msnm.

De acuerdo con la interpretación de las secciones estructurales 2-2', 3-3' y 4-4' (planos 3.3 y 3.4), se consideró que el flanco frontal del pliegue corresponde con el sitio más favorable para la ruptura y la propagación de la falla; en cambio, en la Formación Cupido no ocurrió deformación ni ruptura, debido al comportamiento estable del cuerpo arrecifal, tal y como aparece en la sección 5-5' (plano 3.4).

Anticlinal El Puerco

Esta estructura se localiza en la parte suroccidental de la Sierra de Parras, donde la traza de su eje fué cartografiada a lo largo de 12 Km, encontrándose orientada en una dirección casi E-W y con una amplitud de 3 Km.

Su geometría corresponde con un pliegue recumbente hacia el norte, donde el núcleo esta integrado por rocas de la Formación Taraises, en tanto que los flancos están conformados por la Formación Cupido.

Su expresión topográfica ocurre a través de una sierra, con elevaciones que varían de 1,680 a 1,840 msnm, en donde las zonas de mayor desnivel corresponden con la parte axial del pliegue.

En el flanco frontal se presenta abundante fracturamiento y recristalización en ciertos intervalos, así como una sobreposición de las rocas de la Formación Cupido a la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, lo cual esta asociado con el modelo de "plegamiento por propagación de falla" (Suppe, 1990).

Anticlinal El Marrano

Se localiza en la porción suroriental de la zona de estudio, en donde la traza de su eje se cartografió a lo largo de 23 Km, encontrándose orientado en dirección NW 65°SE; la amplitud máxima de la estructura ocurre en su porción central, en donde presenta una longitud de 3 Km.

El buzamiento de este anticlinal hacia el NW ocasiona que el núcleo de la estructura esté conformado por rocas más antiguas hacia su extremo SE, donde afloran las Formaciones Zuloaga, La Casita y Taraises, mientras que hacia su extremo NW afloran las unidades Tamaulipas Inferior, La Peña y Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura.

Su geometría en el extremo suroriental corresponde a un anticlinal recumbente hacia el NE, mientras que en el extremo noroccidental constituye un anticlinal simétrico, tal y como puede observarse en la sección 5-5' del plano 3.4.

Los mayores desniveles se presentan en el flanco frontal del anticlinal, donde se tienen elevaciones de hasta 2,130 msnm, en tanto que el núcleo de la estructura conforma cerros con alturas que varían de 1,650 a 1,950 msnm.

Al igual que los anticlinales antes mencionados, en el flanco frontal del pliegue se presentan las rocas más afectadas por fracturamiento y recristalización.

Anticlinal Juan Pérez

Este Pliegue se localiza en la porción suroeste de la Sierra de Parras, en donde su traza de su eje fué cartografiada a lo largo de 23 Km; en su extremo occidental presenta un rumbo en dirección casi E-W, el cual cambia a NW 86° SE hacia su extremo oriental.

La amplitud del pliegue es variable, aunque su valor promedio es igual a 2.7 Km, tomando como referencia las rocas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura; su geometría se asocia con un pliegue recumbente al N-NE.

En el núcleo del anticlinal afloran rocas de la Formación Taraises, mientras que los flancos están conformados por rocas de la Formación Tamaulipas Inferior; su expresión topográfica ocurre a manera de una sierra con elevaciones que superan los 1,500 msnm (sección estructural 3-3' del plano 3.3).

En el flanco frontal de la estructura existen intervalos con un intenso fracturamiento y recristalización, así como la presencia de fallamiento inverso.

Anticlinal Capadero

Este pliegue se localiza en el límite meridional de la Sierra de Parras, donde la traza de su eje fué cartografiada a lo largo de 14 Km, encontrándose orientada en dirección NW 83°SE.

Su geometría corresponde a un pliegue estrecho (su amplitud es de tan solo 1 Km) recumbente hacia el NE, cuya expresión topográfica corresponde con una sierra alargada, con una elevación máxima de 1,500 msnm.

El núcleo del anticlinal esta conformado por rocas de la Formación Tamaulipas Inferior, en tanto que sus flancos están constituidos por rocas de las unidades La Peña y Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura.

Al igual que los anticlinales antes descritos, la parte frontal del pliegue contiene un elevado porcentaje de fracturas y rocas recristalizadas.

3.2.3 Sinclinales

Sinclinal Taraises

Se localiza en la parte central de la Sierra de Parras, en donde la traza de su eje se cartografió a lo largo de 62 Km, hacia su extremo occidental tiene un rumbo casi E-W, el cual cambia gradualmente a NW 68° SE a partir de su porción media, continuando con esta tendencia hasta su extremo oriental; su amplitud varía entre 2 y 3 Km.

El núcleo está conformado por rocas de las Formaciones Cupido, Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura y del Cretácico Superior en sus sectores poniente, centro y oriente, respectivamente.

Su geometría es variable, ya que en la porción occidental es un pliegue recumbente hacia el N-NE, y en sus sectores central y oriental constituye un sinclinal asimétrico.

Por otra parte, su expresión topográfica en el extremo occidental corresponde con un sinclinal de topografía invertida, donde el núcleo esta conformado por rocas muy competentes de la Formación Cupido.

A partir de su parte media y hacia su extremo oriental, la expresión topográfica del pliegue obedece a un comportamiento normal, ya que en la parte axial se encuentran las zonas de menor elevación, en comparación con los flancos donde se presentan los mayores desniveles y escarpes.

El flanco frontal (lado norte) presenta elevaciones que varían de 2,400 msnm en su extremo occidental a 2,200 msnm en su sector central; en cambio, el flanco anterior (lado sur) presenta altitudes de 2,050, 2,750 y 2,300 msnm en sus sectores occidental, central y oriental, respectivamente.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Sinclinal Tomatera

Este pliegue se localiza inmediatamente al sur del poblado de Parras de la Fuente, en el límite septentrional de la Sierra de Parras, donde la traza de su eje presenta una longitud de 35 Km y una orientación en dirección NW 55° SE.

Su amplitud es de 2.7 Km, tomando como referencia a la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura; mientras que su geometría corresponde a un pliegue asimétrico.

La estructura esta conformada por rocas del Cretácico Superior; por otro lado, su extremo noroccidental se encuentra afectado por fallas de desplazamiento lateral.

Sinclinal Gallinas

Este pliegue se localiza entre los Anticlinales Cerro Prieto y La Casita de la Cuesta, donde la traza de su eje fué cartografiada a lo largo de 43 Km, estando orientada en dirección NW 68° SE.

La estructura presenta una amplitud variable a lo largo de su expresión, aunque su valor promedio es de 4 Km; mientras que su geometría corresponde a un pliegue asimétrico, buzante hacia el SE.

Su expresión topográfica obedece a un comportamiento normal, donde la parte axial presenta las menores elevaciones, en comparación con las que se presentan hacia los flancos del pliegue.

Debido al carácter buzante del sinclinal, en el extremo poniente el núcleo esta constituido por rocas de la Formación Cupido, en tanto que sus porciones central y oriental estan conformadas por la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura y rocas del Cretácico Superior (Formaciones Indidura y Parras), respectivamente.

Al igual que el Sinclinal Tomatera, la parte axial del pliegue esta afectada por fallas de desplazamiento lateral, orientadas en una dirección preferencial N-NE.

Sinclinal La Prieta

Este pliegue se localiza en la porción meridional de la Sierra de Parras, donde la traza de su eje fué cartografiada a lo largo de 47 Km; en su extremo occidental se encuentra orientado en dirección casi E-W, el cual cambia en su parte central a un rumbo NW 74° SE, conservándose así hasta su extremo oriental

Su amplitud es variable, aunque su valor promedio es de 1.65 Km, tomando como referencia a la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura.

La geometría de la estructura se asocia con un pliegue recumbente hacia el N-NE, razón por la cual, su plano axial buza hacia el S-SW.

Este sinclinal tiene la característica peculiar de presentar bifurcaciones en sus dos extremos, con características semejantes a la estructura principal, de tal manera que el extremo occidental de la estructura se encuentra "dividido" por el Anticlinal El Puerco (Sección 3-3' del Plano 3.3), mientras que su extremo oriental se encuentra "dividido" por el Anticlinal El Marrano (Sección 5-5' del Plano 3.4).

Las bifurcaciones localizadas al poniente y al oriente de la estructura se desarrollan en las Formaciones Cupido y Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, respectivamente.

La mayor parte de su expresión topográfica obedece a un comportamiento normal, ya que el núcleo se aloja en un estrecho valle; únicamente la bifurcación que se localiza en su extremo suroriental se manifiesta como un sinclinal de topografía invertida.

En su extremo occidental el núcleo esta conformado por rocas pertenecientes a la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, en tanto que en su extremo oriental la zona axial esta constituida por rocas del Cretácico Superior (Formaciones Indidura y Parras).

Sinclinal Juan Pérez

Se localiza en el extremo suroeste de la Sierra de Parras, en donde la traza de su eje se pudo cartografiar a lo largo de 16 Km; su extremo occidental tiene un rumbo casi E-W, el cual cambia gradualmente hacia la parte central de la estructura a una dirección NW 80° SE, continuando con esta tendencia hasta su extremo oriental.

El pliegue presenta una amplitud de 1.5 Km y un comportamiento geométrico a manera de un sinclinal en abanico, tal y como se puede apreciar en la sección 3-3' (plano 3.3); con una expresión topográfica normal.

El núcleo está conformado por rocas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura y los flancos por la Formación Tamaulipas Inferior.

Sinclinal El Capadero

Este pliegue representa la estructura más meridional de la Sierra de Parras, la longitud de la traza de su eje es igual a 12 Km y una amplitud de 1.7 Km, encontrándose orientado en dirección NW 81° SE; su geometría esta asociada con un pliegue asimétrico.

La estructura se desarrolla en rocas pertenecientes a las Formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura.

3.2.4 Fallas

De acuerdo con Eguiluz de Antuñano, S. (1984), en la parte norte de nuestro país existe un sistema de fallas transcurrentes orientadas en dirección casi N-S, las cuales ocurrieron durante el periodo Oligoceno-Mioceno, afectando a las estructuras mesozoicas de la región.

Este autor distingue claramente 3 alineamientos principales: la Falla del Caballo, la Falla de Almagre y la Falla de Juárez (Figura 3.3); infiere que estos desplazamientos tienen su origen a un nivel cortical profundo y que tienen una estrecha relación con la evolución geodinámica de la Placa de Norteamérica

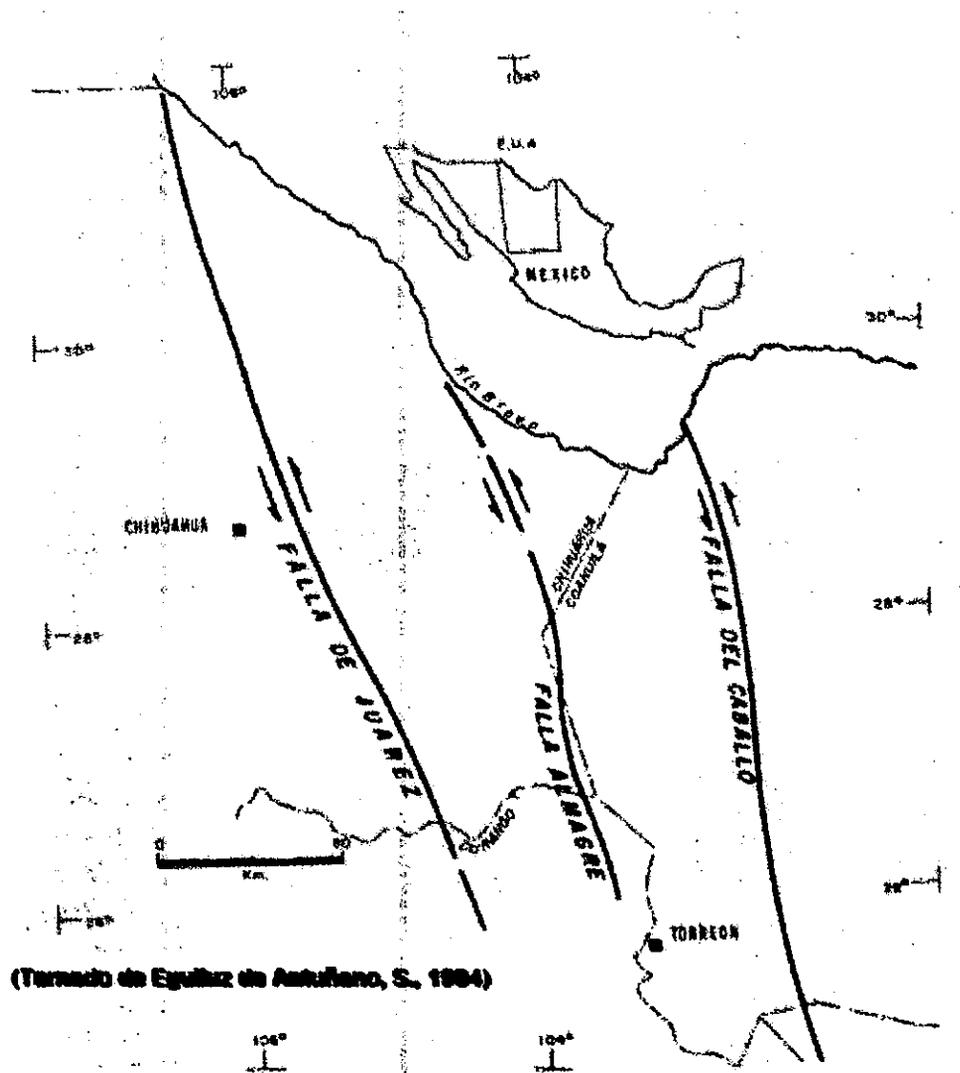


Figura 3.3 Sistemas de Fallas Transcurrentes

Las evidencias de estos corrimientos transcurrentes consisten de una serie de fracturas, flexiones, dislocación de estructuras, accidentes morfotectónicos y el alineamiento de numerosos cuerpos intrusivos (de composición granítica a diorítica) en dirección N-S, emplazados en zonas de debilidad.

En la presente tesis se expone únicamente lo referente a la Falla del Caballo, por ser el único lineamiento presente en el área de estudio, aunque aquí se le denomina simplemente como "Falla Caballo", tal y como aparece a continuación:

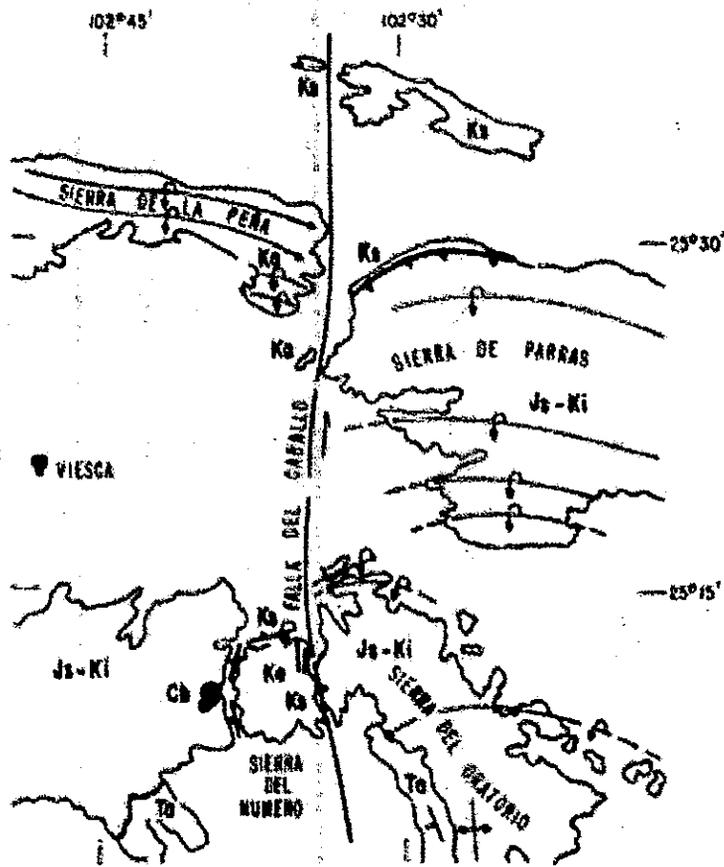
Falla Caballo

Se localiza en el extremo occidental de la Sierra de Parras, donde la zona de afectación forma parte de un pequeño valle; es una falla de desplazamiento lateral sinistral, cuya traza tiene una longitud aproximada de 25 Km, encontrándose orientada en dirección NE 12° SW.

Esta discontinuidad yuxtapone las facies de la *Plataforma de Coahuila* que afloran en la Sierra de La Peña, a las facies de *Cuenca del Mar Mexicano* que afloran en la Sierra de Parras, ambas del Albiano (Figura 3.4).

Así pues, el rasgo más sobresaliente de este movimiento lateral es el dislocamiento de los elementos paleogeográficos y las estructuras laramídicas preexistentes, tal y como ocurre en la zona comprendida entre las sierras de El Caballo y Cañada Oscura (aprox. 27°30' de latitud norte y 103°00' de longitud oeste), donde su desplazamiento mide poco más de 10 km; además, existen algunas fallas transcurrentes menores, asociadas al corrimiento principal (Eguiluz de Antuñano, S., 1984).

Su prolongación hacia el sur permitió la apertura de una ventana de erosión que facilita la observación de una importante cabalgadura laramídica, expuesta en la sierra del Número (Figura 3.4).



LEYENDA

- To MOLLASE CONTINENTAL
- Kb CRETACICO SUPERIOR
- Jb-Ki JURACICO SUPERIOR Y CRETACICO INFERIOR (ALBIANO DE CUENCA)
- Cb COMPLEJO BASAL
- Cb CABALCADURA LARAMIDICA
- A ANTICLINAL LARAMIDICO
- Kb ALBIANO (FACIES DE PLATAFORMA)

(Tomado de Eguiluz de Antuñano, S., 1984)

Figura 3.4 Detalle de la Falla Caballo

3.3 Geología Histórica

El rasgo fisiográfico más significativo de la región noreste de nuestro país lo constituye la Sierra Madre Oriental, la cual se encuentra constituida por una gruesa secuencia de rocas sedimentarias mesozoicas que se depositaron y evolucionaron sobre un basamento paleozoico.

Dicho basamento ha sido interpretado como una continuación del *Cinturón Ouachita*, localizado en el extremo sureste de los EEUU.

Denison, R.E., et al. (1971) señala que los "Esquistos Granjero" encontrados en el área de Ciudad Victoria, Tamps. guardan una gran similitud con la zona oriental del *Cinturón Ouachita*; lo anterior parece ser corroborado por un basamento metamórfico reportado en los pozos petroleros perforados en los estados de Nuevo León y Tamaulipas.

Por otra parte, en el área de Delicias-Acatita, Coah. aflora una secuencia constituida por sedimentos detríticos paleozoicos, correspondientes al periodo Pensilvánico superior - Pérmico inferior, los cuales fueron acumulados en un geosinclinal (Ouachita) que también recibió aportes de rocas de origen volcánico (King, R.E., 1934; Kelly, W.A., 1936).

Kelly, W.A., (1936) indica que esta última región fue plegada por efecto de la Orogenia Apalachiana al finalizar el periodo Pérmico, originando el desarrollo de estructuras orientadas en dirección NE-SW, así como el emplazamiento de cuerpos intrusivos y derrames lávicos.

Las etapas de emersión y fallamiento normal ocurridas durante el Triásico y parte del Jurásico prepararon una paleogeografía que favoreció el depósito de *lechos rojos* de la Formación Nazas.

Durante el Jurásico superior esta región sufrió una transgresión marina, la cual dio lugar a la formación de la Cuenca de Chihuahua, la Península de Coahuila (posteriormente, Isla de Coahuila), el Golfo de Sabinas, la Península de Tamaulipas y otros elementos paleogeográficos (fig.3.5).

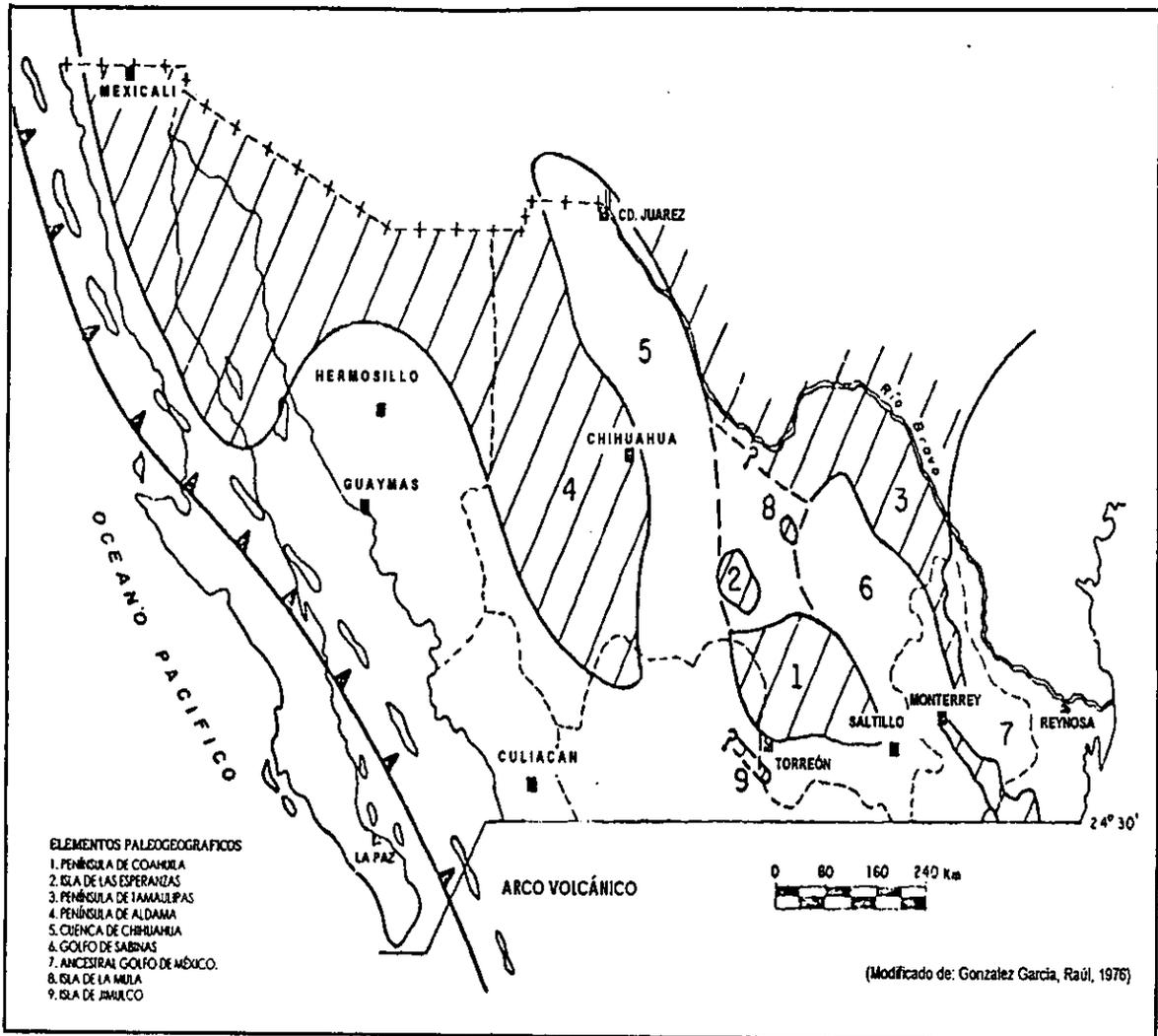


Figura 3.5 Paleogeografía del Jurásico Superior

Esta transgresión ha sido relacionada por algunos autores con la apertura del extremo occidental del *Mar de Tethys*, en el inicio de la disgregación de la *Pangea*; en las primeras etapas de este evento se desarrollaron depósitos terrígenos, calcáreos y evaporíticos (González G., Raul, 1976).

Kellum, et al. (1936) apoya la existencia de un área positiva en la porción suroeste del estado de Coahuila, la cual se mantuvo emergida durante gran parte del Mesozoico y hasta antes del Aptiano, específicamente en el período Jurásico superior - Cretácico inferior.

Durante el Oxfordiano, dentro del área de estudio existió una "dualidad" de ambientes sedimentarios, ya que en los bordes de la Península de Coahuila (ambiente costero) se depositaron potentes espesores de arena proveniente de las partes altas localizadas al norte y noreste; mientras tanto, en una lejana franja paralela a la costa se depositaron sedimentos calcáreos sobre una extensa plataforma continental (ambiente marino) cubierta por aguas someras, cálidas y con buena circulación.

De esta manera, en los bordes oriental y meridional de la Península de Coahuila se depositaron rocas clásticas de la Formación La Gloria, la cual se acuña hacia el elemento insular; en cambio, hacia mar abierto se acumularon rocas carbonatadas de la Formación Zuloaga (facies de plataforma), tal y como aparece ilustrado en la fig.3.6:

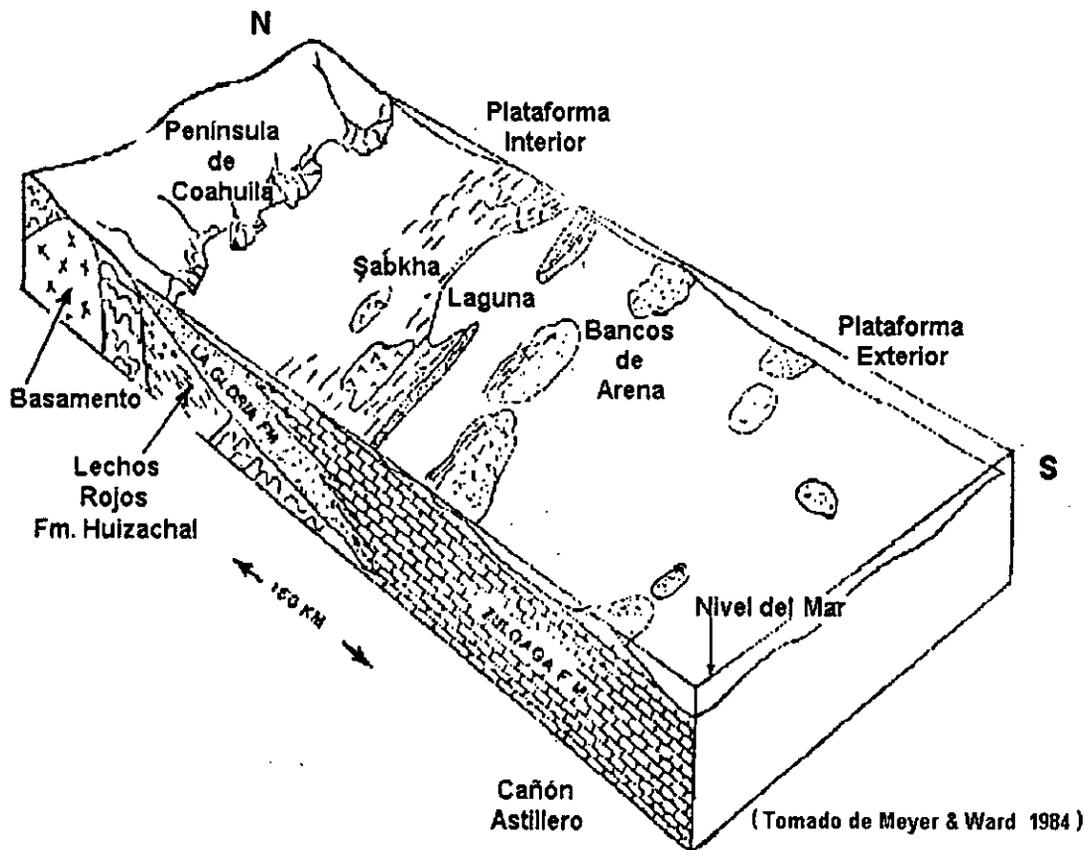
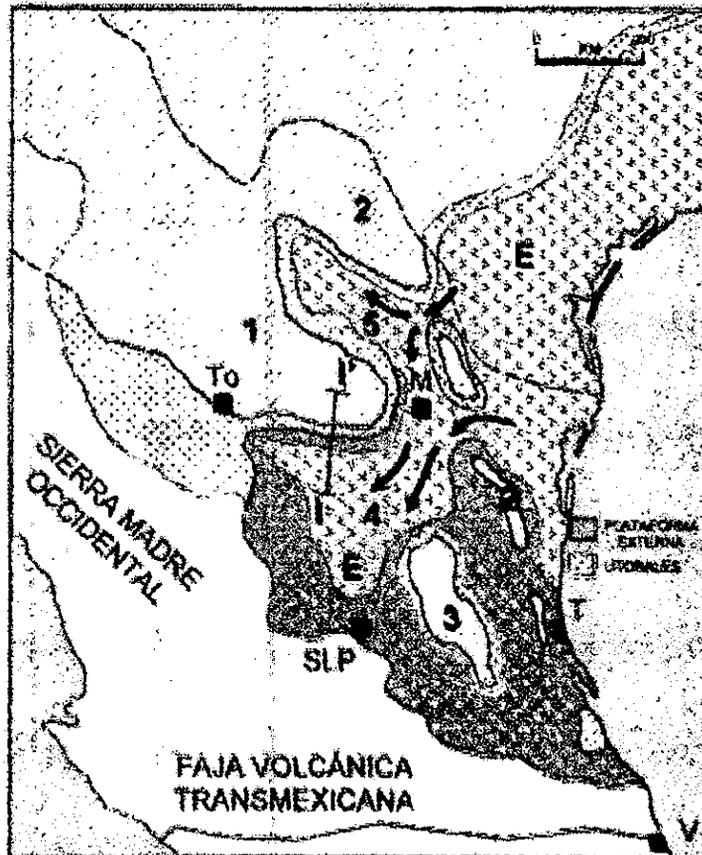


Figura 3.6 Bloque diagramático de los ambientes sedimentarios durante el Oxfordiano Superior

Al finalizar el Oxfordiano la zona de litoral experimentó un avance paulatino de los mares Jurásicos (transgresión), ocasionando que las litofacies calcáreas progradaran hacia la zona de la playa, y que las cuencas marinas registraran profundidades mayores (Fig. 3.7).



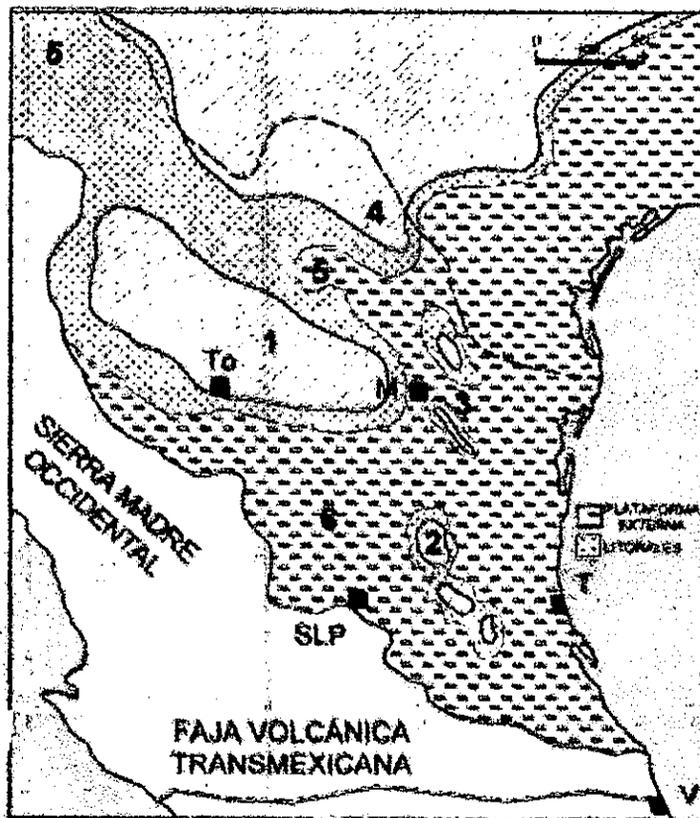
- | | |
|---|-------------------|
| Elementos paleogeográficos : | Ciudades : |
| 1. Península de Coahuila | Torreón (To) |
| 2. Península y Archipiélago de Tamaulipas | Monterrey (M) |
| 3. Isla de Miquihuana | Tampico (T) |
| 4. Cuenca del centro de México | Veracruz (V) |
| 5. Cuenca de Sabinas | Sn. Luis Potosí |

(Tomado de Eguiluz de Antuñano, S., 2000)

Figura 3.7 Paleogeografía y distribución de evaporitas (E) durante el Oxfordiano

Durante el período Kimmeridgiano-Tithoniano, el avance de los mares jurásicos sobre la Península de Coahuila favoreció la intercomunicación del Golfo de Sabinas con la Cuenca de Chihuahua (Fig. 3.5), conformándose así la Isla de Coahuila, sobre cuyo borde ocurrió el depósito de facies areno-arcillosas con intercalaciones calcáreo-arcillosas (Formación La Casita).

En este ambiente sedimentario predominaron condiciones de aguas someras, donde las fluctuaciones en la energía del medio (oleaje) provocó el depósito de areniscas, lutitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas en alternancia (Fig. 3.8).



Elementos paleogeográficos :

1. Isla de Coahuila
2. Isla de Miquihuana
3. Islas de Picachos y Terán
4. Península de Tamaulipas
5. Cuenca de Chihuahua y Sabinas
6. Cuenca del centro de México

(Tomado de Eguitz de Antuñano, S., 2000)

Figura 3.8 Distribución de facies sedimentarias durante el Tithoniano

El paso del Jurásico superior al Cretácico inferior quedó marcado por el depósito, durante todo el Neocomiano, de una secuencia heterogénea que comprende varias formaciones:

- Arcosa San Marcos.- Constituye una facies de litoral, que en ocasiones se encuentra intercalada entre formaciones depositadas simultáneamente en ambientes marinos de plataforma, ya que varios lentes se "alejan" del borde de la Isla de Coahuila.
- Formaciones Menchaca y Taraises.- Constituyen facies de plataforma abierta, y se encuentran conformadas por una alternancia de calizas de estratificación delgada, calizas arcillosas, margas y lutitas; manifiestan una persistente transgresión marina sobre la Isla de Coahuila.

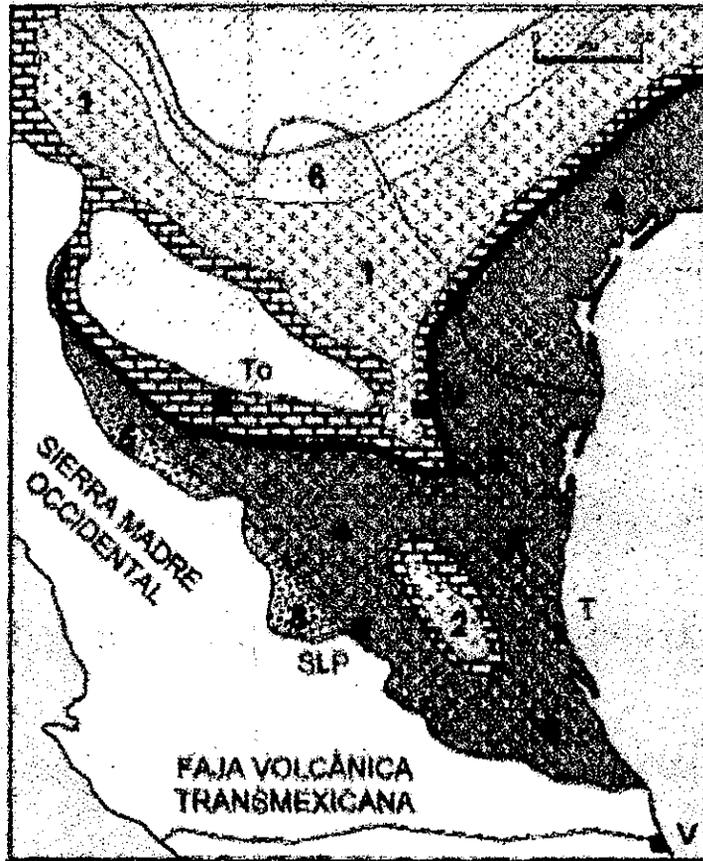
La Formación Taraises se depositó durante el intervalo Berriasiano-Hauteriviano en condiciones marinas de baja energía, con tirantes de agua considerables; a excepción del extremo occidental de la Sierra de Parras en donde la presencia de dolomías sugiere la existencia de un ambiente sedimentario más somero, en comparación con los que prevalecieron durante el Jurásico superior

Durante el período Hauteriviano-Aptiano la transgresión marina comenzó a cubrir el borde meridional de la Isla de Coahuila, lo cual constituyó a la zona como una importante plataforma carbonatada (Formación Cupido); así mismo, en gran parte del Golfo de Sabinas se depositó una gruesa secuencia de calizas, de estratificación delgada a media, pertenecientes a la misma unidad litoestratigráfica.

En el borde de esta plataforma se desarrolló un arrecife de barrera, el cual se encuentra alineado entre Laredo, Tamps. y Monterrey, N.L., y posteriormente se flexiona hacia Torreón, Coah. (Fig. 3.9).

De manera simultánea, fuera de la margen arrecifal se depositaron facies de mar abierto, correspondientes a la Formación Tamaulipas Inferior.

Esta formación, depositada en niveles batimétricos profundos, se encuentra constituida por calizas de estratificación gruesa a media, con presencia de estilolitos y lentes de pedernal (Fig. 3.10).



1. Fm. La Virgen / Cuchillo (evaporitas)
2. Fm. Guaxcamá
3. Fm. Cupido (facies arrecifales)
4. Fm. Tamaulipas Inf. (calizas pelágicas)
5. Turbiditas
6. Facies litorales (clásticos costeros)

(Tomado de Eguiluz de Antuñano, S., 2000)

Figura 3.9 Distribución de facies sedimentarias durante el período Hauteriviano-Aptiano

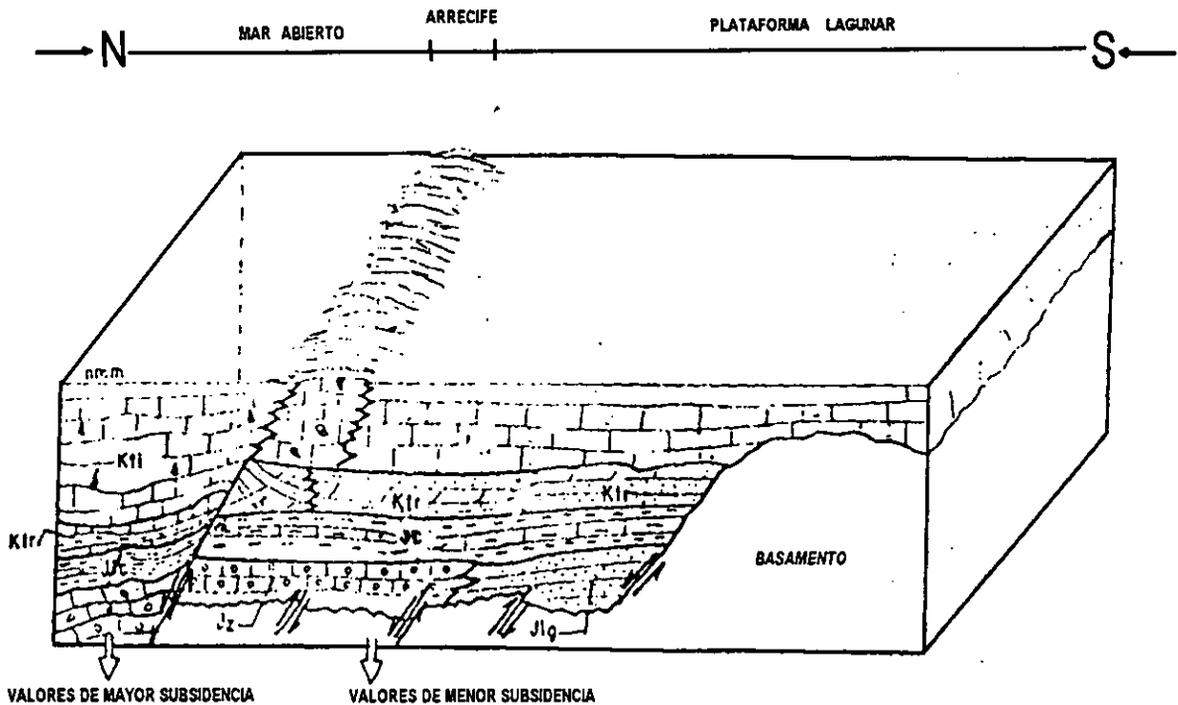
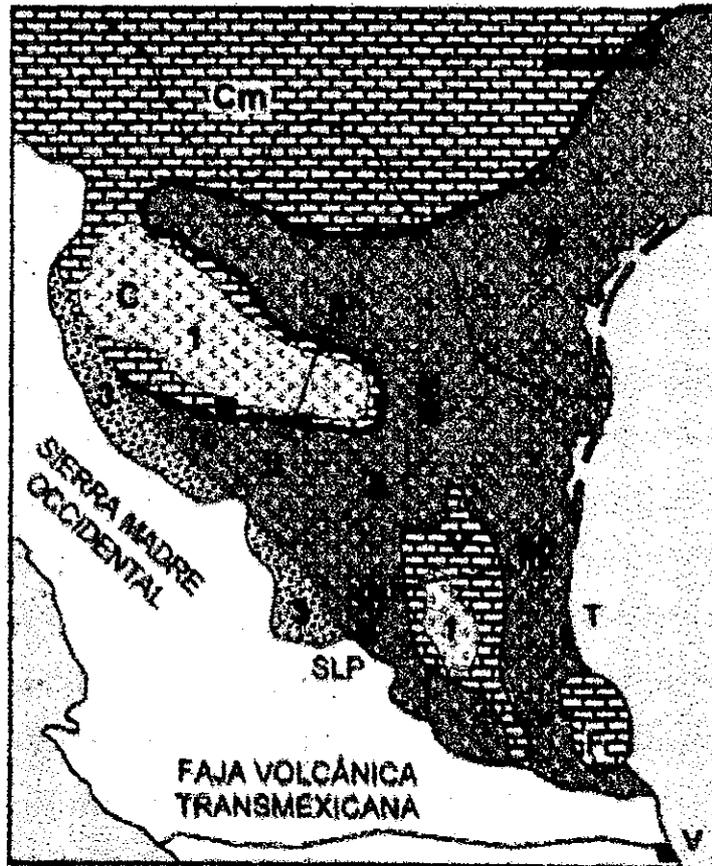


Figura 3.10 Bloque diagramático de los ambientes sedimentarios durante el Hauteriviano-Aptiano

En el Aptiano superior se manifestó un cambio radical en el modelo sedimentológico de la región al ocurrir el depósito de rocas pelíticas, tales como: lutitas, limolitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas (Formación La Peña); dicha interrupción esta asociada a periodos de inestabilidad tectónica o a un descenso eustático del nivel del mar (Smith, C.I., 1970; Charleston, S., 1973).

Durante el intervalo Albiano-Cenomaniano, la transgresión de los mares cretácicos llego a su expresión máxima, de tal manera que cubrió en su totalidad a los escasos terrenos positivos, hasta entonces emergidos en el noreste del país.

Este evento originó el desarrollo de gruesas secuencias carbonatadas de facies someras y evaporíticas, depositadas en zonas donde prevalecieron aguas claras, cálidas y con buena circulación (bien oxigenadas); por otra parte, en los bordes de la Isla de Coahuila y la Península de Tamaulipas se desarrolló un gran arrecife de barrera (Fig. 3.11).



1. Evaporitas (E)
2. Calizas pelágicas
3. Turbiditas

Plataformas :
 Valles-san Luis Potosí (V)
 Faja de oro (F)
 Coahuila (C)

(Tomado de Eguiluz de Antufano, S., 2000)

Figura 3.11 Distribución de facies sedimentarias durante el Albiano

En el área donde actualmente se localiza la Sierra de Parras, estas condiciones resultaron propicias para la sedimentación de potentes espesores de rocas carbonatadas sobre una amplia plataforma abierta, la cual se profundizaba hacia su porción meridional; a este período pertenecen las Formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura.

En cambio, en el extremo noroeste del área de estudio, en la Sierra de La Peña, se desarrollaron facies arrecifales (Formación Viesca), lagunares (Formación Treviño) y de supramarea (Fm Acatita), tal y como se puede observar en la Fig. 3.12.

La Orogenia Laramide, de edad Cretácico-Paleoceno, provocó que todo el conjunto de rocas originadas en las cuencas y plataformas Mesozoicas sufrieran una deformación intensa debida a esfuerzos compresivos (provenientes desde el suroeste y orientados hacia el noreste), los cuales actuaron casi perpendicularmente a la Isla de Coahuila, que actuó como un contrafuerte estructural ante los esfuerzos a que fue sujeta.

Esta deformación originó una serie de pliegues angostos y alargados, generalmente asimétricos o recostados hacia dicho contrafuerte; además, se produjo un acortamiento de la columna sedimentaria a partir de un estilo de "plegamiento por propagación de falla", configurando una gran variedad de pliegues, fracturas y fallas.

El origen de los esfuerzos compresivos que dieron lugar a la Orogenia Laramide tienen una estrecha relación con el evento desarrollado en la margen occidental de la Placa de Norteamérica,

En las postrimerías de este evento orogénico ocurrió el emplazamiento de cuerpos intrusivos, en zonas de debilidad cortical.

Durante el Eoceno -Oligoceno, la fase orogénica compresiva fue seguida por una etapa de esfuerzos distensivos que provocaron un fallamiento en bloques (Horsts y Grabens), originándose cuencas en las cuales se depositaron grandes volúmenes de material continental de tipo detrítico.

A este período corresponde una gruesa secuencia continental (molássa), depositada en discordancia angular ó interestratificada con rocas volcánicas y volcanoclásticas, cuya composición varía entre andesítica, dacítica y riolítica (Formación Ahuichila).

3.4 Tectónica

Como se mencionó en el capítulo anterior, la Sierra de Parras se ubica el borde meridional de la Península de Coahuila, paleoelemento que influyó notablemente en el patrón sedimentológico de las rocas mesozoicas, así como en su posterior estilo de deformación.

Ante esta perspectiva se consideró necesario enmarcar el área de estudio dentro del contexto geológico regional, con el fin de visualizar de una forma general, la distribución de los elementos existentes en la región durante la evolución orogénica que configuró el patrón estructural en el noreste del país.

A continuación se describen los eventos pre-Mesozoicos y Mesozoicos que dieron lugar al panorama paleogeográfico previo al depósito de la secuencia sedimentaria Mesozoica.

3.4.1 Paleozoico

El conocimiento que se tiene acerca del marco geológico Paleozoico del Noreste de México, se encuentra muy restringido debido a los escasos y dispersos afloramientos de rocas Paleozoicas (figura 3.13).

Sin embargo, a partir de los numerosos trabajos de investigación que se han realizado en el sur de los Estados Unidos a las rocas paleozoicas tanto en el subsuelo como en superficie, se ha delimitado un cinturón plegado con un trend estructural bien definido denominado Sistema Ouachita.

Dicho sistema está representado hoy en día por un cinturón de rocas plegadas y parcialmente metamorfizadas, el cual se extiende aproximadamente a lo largo de 2,100 Km, bordeando las regiones oriental y meridional de los Estados Unidos (figura 3.14).

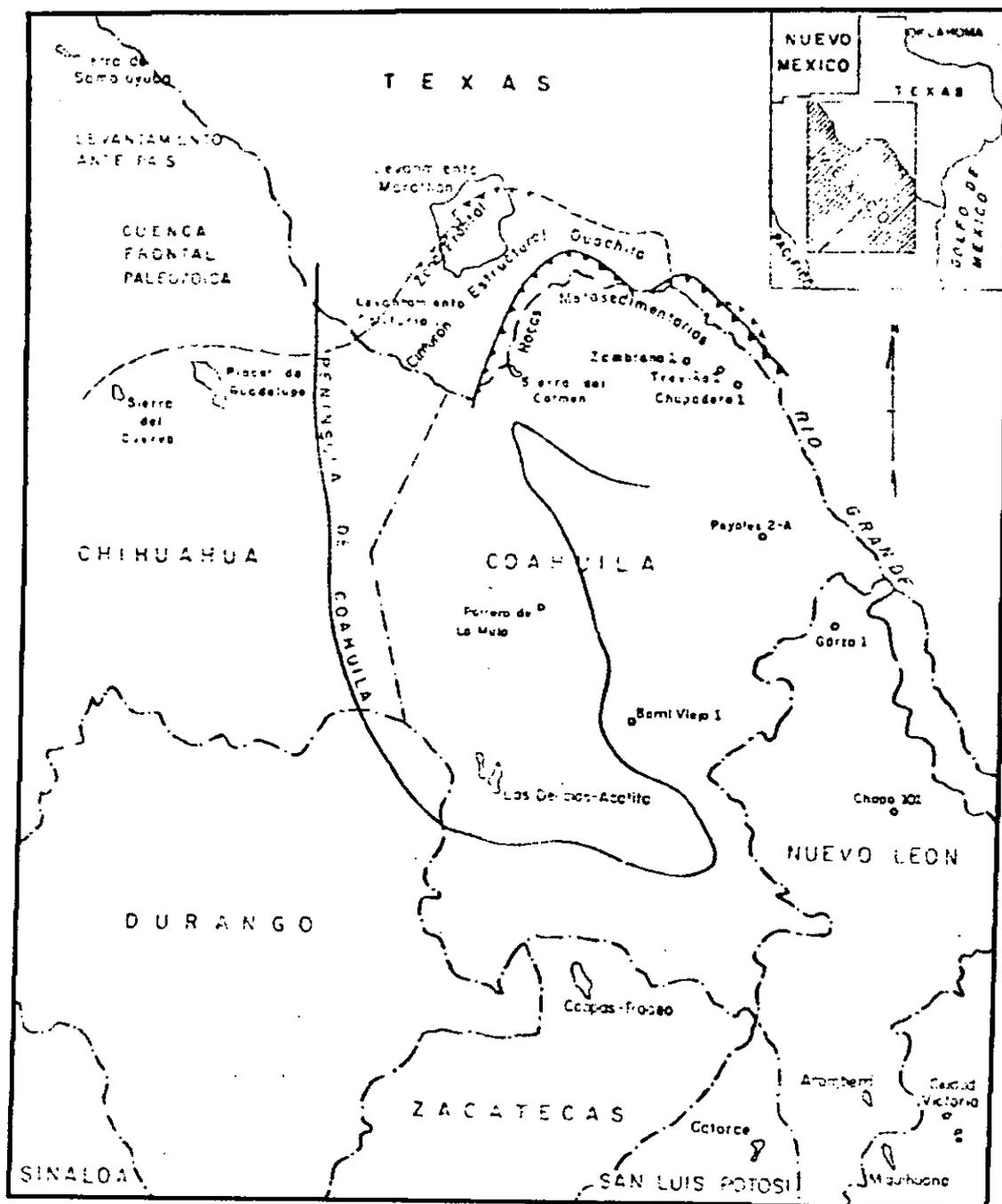


Fig. 3.13 Distribución de Localidades Paleozoicas

Su límite norte esta dado tentativamente en la porción terminal de los Montes Apalaches a la altura del sector central del Estado de Alabama, EUA; por lo que respecta a su límite sur, únicamente se tiene bien zonificado en superficie hasta el área de Marathon, Texas, en donde se considera se interna en el subsuelo, en territorio Mexicano.

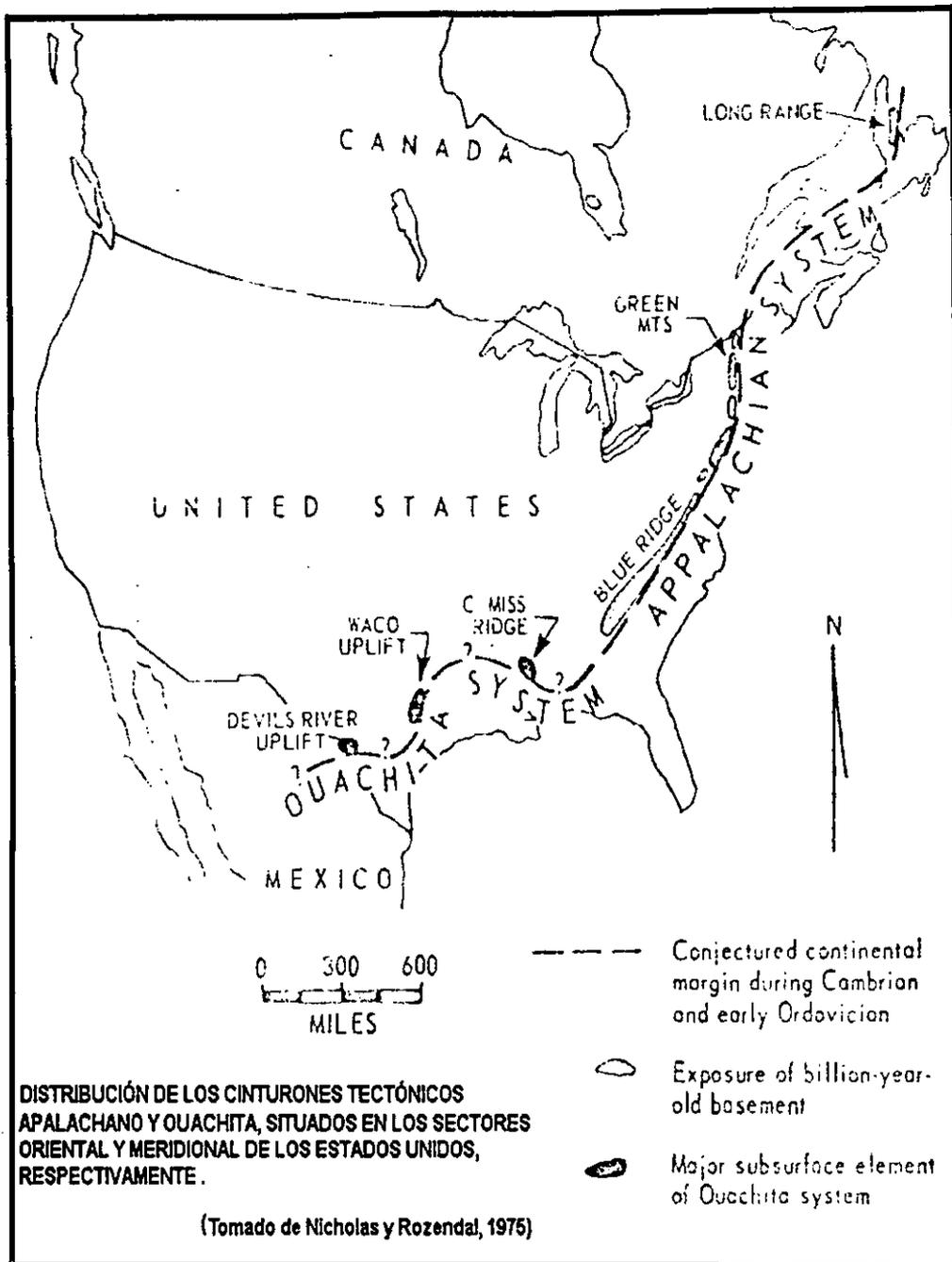


Fig. 3.14 Distribución de los Cinturones Tectónicos Apalachiano y Ouachita

La explicación de los fenómenos tectónicos que deforman el Cinturón Ouachita se han enmarcado dentro de un modelo de deformación de tipo Cordillerano, establecido por Dewey y Bird (1970), para la porción oeste de los Estados Unidos.

Así mismo, Keller, G.F. y Cebull, S.E. (1973) propusieron la prolongación del Cinturón Orogénico Ouachita dentro del territorio nacional, lo cual ha sido objeto de numerosas teorías que tratan de explicar la continuidad y ubicación del mismo dentro de la región noreste de la República.

Varios autores, han discutido la posibilidad de que el Sistema Ouachita se interna en el subsuelo al sur de Marathon, Texas, razón por la cual las rocas del área de Delicias-Acatita, Chih. (facies de eugeosinclinal del Pérmico-Pensilvánico) representarían la continuación del geosinclinal Paleozoico (Flawn y Diaz, 1959).

Este modelo de deformación implica que el Sistema Ouachita giró abruptamente en dirección hacia el sur para "conectarse" con las rocas de la región de Acatita-Las Delicias en el Estado de Chihuahua.

Anderson y Schmidt (1983) consideran que la continuación del cinturón orogénico Marathon-Ouachita en territorio mexicano se encuentra cortado por la megacizalladura de tipo lateral izquierdo conocida como *Megashear Mojave-Sonora* de edad Jurásico Medio, cuyo desplazamiento estimado es de 800 Km.

Estos investigadores ubican la traza de la megacizalladura al sur del truncamiento del cinturón tectónico Paleozoico, siguiendo el borde de la Península de Coahuila y continuándose hacia el sureste hasta la región de Ciudad Victoria, Tamps. en donde afloran rocas paleozoicas comparables con aquellas de la zona interna del Sistema Ouachita (figura 3.15).

La asociación de esta estructura con otra serie de fallas de mecánica similar originó en nuestro país un sistema de bloques corticales, cuyo movimiento relativo fué gobernado por la dinámica de tales fallas transcurrentes (figura 3.16).

El modelo de la reconstrucción de la Pangea realizado por Bullard, et al. (1965) ofrece una solución viable al problema de la sobreposición de Sudamérica con el sur de México y América Central.

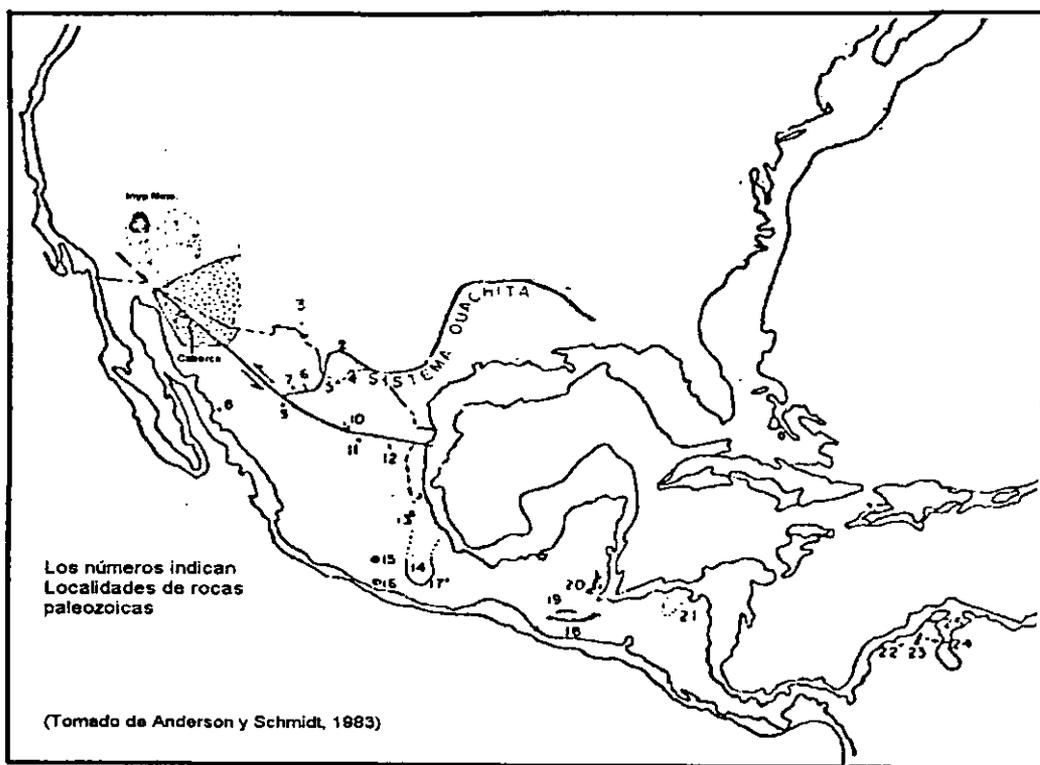


Fig. 3.15 Ubicación de la Megashear Mojave-Sonora

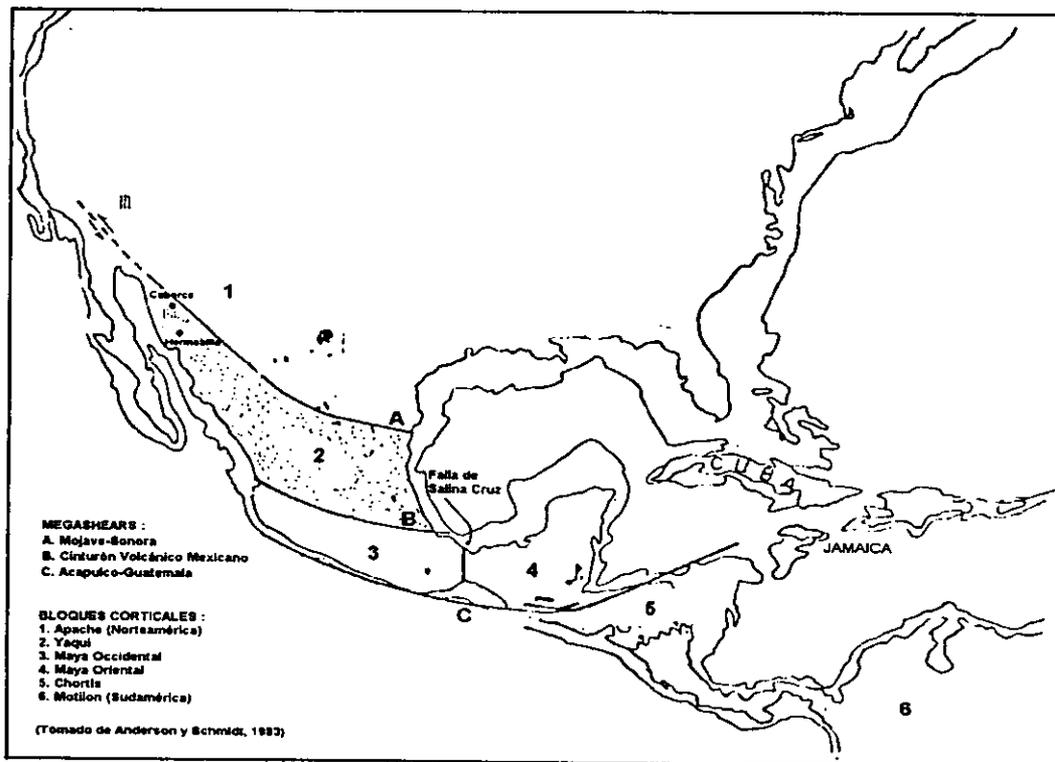


Fig. 3.16 Distribución de Bloques Corticales

3.4.2 Mesozoico

Durante el periodo Triásico-Jurásico, los bloques antes referidos se vieron afectados por procesos orogénicos distensivos, los cuales dieron origen a fosas tectónicas (grabens) delimitadas por zonas elevadas (horsts), las cuales fueron sometidas a un intenso período de erosión que favoreció el depósito de *lechos rojos* continentales.

Durante el Jurásico superior, el patrón sedimentológico del norte del país estuvo gobernado por una serie de elementos paleogeográficos: unos emergidos y otros en lenta pero constante subsidencia.

Los elementos "positivos" están representados por las Penínsulas de Coahuila, Aldama y Tamaulipas, así como las Islas de Jimulco, La Mula y Las Esperanzas; mientras que los elementos en donde se llevaba a cabo la sedimentación, son: la Cuenca de Chihuahua, el Golfo de Sabinas, el Mar Mexicano y el protogolfo de México (figura 3.5).

De estos, la Península de Coahuila representa una extensión hacia el sur del Continente Mesozoico Norteamericano, el cual actuó como un gran antepaís y como la principal fuente de sedimentos desde finales del Jurásico hasta el Cretácico tardío.

A partir del Jurásico superior inició una transgresión marina producida por la apertura del Golfo de México, la cual perduró hasta finales del Cretácico.

Durante el Oxfordiano-Tithoniano, en las zonas marginales de los elementos continentales se llevo a cabo el depósito de facies clásticas, las cuales cambian a facies carbonatadas de aguas someras, depositadas en una extensa plataforma abierta.

En el Neocomiano-Aptiano, los mares mesozoicos continuaron transgrediendo a las porciones terrestres emergidas, desarrollándose una serie de ambientes sedimentarios marinos, estrechamente relacionados con el comportamiento subsidente del fondo marino, así como a su batimetría.

En las regiones estables se conformaron extensas plataformas someras, delimitadas por taludes que permitieron el desarrollo de arrecifes, los cuales representan la zona de transición entre los sedimentos lagunares de la plataforma y aquellos característicos de ambientes de mar abierto (calizas pelágicas).

En el período Albiano-Cenomaniano el noreste de México fué cubierto totalmente por la transgresión mesozoica; este evento geológico quedó manifestado por el desarrollo y extensión de una gran cantidad de rocas carbonatadas que afloran en la región.

La Península de Coahuila fué cubierta por mares poco profundos, pero continuo constituyéndose como un cuerpo estable, que actuó como un contrafuerte estructural ante los esfuerzos a que fue sujeta más tarde.

Durante el Turoniano-Maestrichtiano, el patrón sedimentológico de la región cambió de forma radical, probablemente como una respuesta a las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide; la cual, durante su desarrollo provocó que toda la secuencia sedimentaria mesozoica fuera intensamente plegada, formando una serie de anticlinales y sinclinales asociados con un estilo de deformación de "plegamiento por propagación de falla".

La orientación regional de estos pliegues en dirección NW-SE sugiere que los esfuerzos principales provinieron desde el SW.

La magnitud de las estructuras y el acortamiento de la columna sedimentaria guardan una estrecha relación con los elementos paleogeográficos configurados desde el Jurásico y con el ambiente de depósito de cada facies.

3.4.2.1 "Provincias Petrotectónicas"

Con base a todo lo anterior, dentro del área de estudio se establecieron dos tipos de "provincias petrotectónicas", termino informal utilizado por el autor para definir a un grupo de unidades litoestratigráficas con características similares de deformación, las cuales permiten diferenciarlas entre sí:

- La primer provincia incluye al Conjunto Estructural Mayrán localizado en la Sierra de La Peña, y comprende a las rocas depositadas en la Plataforma de Coahuila, las cuales se caracterizan por presentar pliegues estrechos y elongados, generalmente asimétricos y en ocasiones recumbentes hacia el NE.

Se considera que su comportamiento geométrico está en gran parte supeditado al estilo de deformación de tipo "decollement" que presentan las rocas de la Formación Treviño, cuyo "despegue" se dio al nivel de los yesos de la Formación Acatita.

- La segunda provincia incluye a la Sierra de Parras, que corresponde con la margen meridional de la Isla de Coahuila, e incluida dentro del dominio estructural del Mar Mexicano.

Se considera que el estilo de deformación de su carpeta sedimentaria proviene de un "plegamiento por propagación de falla" propuesto por Suppe (1990), de tal forma que la geometría de los pliegues en los sectores occidental y meridional de la Sierra de Parras (donde el acortamiento de los estratos es mayor), se caracterizan por ser marcadamente recumbentes con sus planos axiales vergentes hacia el N-NE, en donde algunas de las estructuras llegan a estar abanicadas, en tanto que en el resto de la sierra los pliegues son regularmente asimétricos.

Dentro de las características que presenta este dominio estructural está la presencia de un sistema de fallas de desplazamiento lateral, dentro de cuyos efectos más relevantes están: la yuxtaposición de las rocas del dominio del Mar Mexicano con las facies de la Plataforma de Coahuila y la disectación de los pliegues localizados en la porción central de la Sierra de Parras en un sentido N-NE; esto último juega un papel vital para la presencia de agua subterránea en la población de Parras de la Fuente, Coah.

3.4.3 Cenozoico

Dickinson (1979) considera que hace aproximadamente 80 M.a el ángulo de subsidencia de la Placa Farallón disminuyó en su intensidad bajo la Placa Norteamericana; en ese momento la placa continental cambió su orientación de desplazamiento de NW a oeste franco.

El efecto de este proceso tectónico quedó reflejado mediante un frente de deformación, emersión continental y magmatismo que migró en tiempo (desde el Cretácico superior hasta el Paleoceno) y en espacio (de W-NW a E-SE).

Se estima que el período de subducción culminó hace aproximadamente 30 M.a. y con ello la fase compresiva resultante (Coney, et al., 1977 y Atwater, T., 1970), por lo que al "consumirse" la placa oceánica (Placa Farallón) y suscitarse la interacción de la dorsal del Pacífico contra la trinchera continental, la dirección del sistema de esfuerzos cambió radicalmente, generándose una fase distensiva caracterizada por un intenso fallamiento de tipo normal.

Este esquema de deformación configuró una topografía de tipo *Basin and Range*, consistente en valles y sierras, orientadas en una dirección (NW-SE) que resulta sensiblemente paralela a los patrones estructurales laramídicos; además, este evento estuvo acompañado por un vulcanismo generalizado de composición intermedia a ácida.

La fase tectónica tardía en el norte de México se distingue por la presencia de un sistema de grandes fallas transcurrentes orientadas casi N-S.

El origen de estas fallas regionales de desplazamiento lateral parece coincidir con el momento en que la *dorsal del Pacífico oriental* alcanzó a la margen occidental de la zona de subducción de Norteamérica (Atwater, T., 1970), lo cual ocurrió durante el Oligoceno inferior.

Los cuerpos intrusivos emplazados "*in situ*" o en los alrededores de la traza de falla coinciden con una etapa de regresión magmática hacia el occidente, ocurrida hace 32 a 25 M.a.

3.5 Modelo Mecánico de Deformación Tectónica

Existen diferentes modelos para explicar el origen de la deformación de la Sierra Madre Oriental, sin embargo, a juicio del autor el modelo que mejor explica dicho proceso corresponde a un mecanismo dinámico de *cuña crítica* (Davis, et al., 1983 y Dahlem, et al, 1984), el cual está basado en tres observaciones fundamentales:

1. La presencia o ausencia de capas de evaporitas , que funcionen como niveles de despegue.
2. Los valores bajos de *acortamiento* donde las rocas evaporíticas están presentes, y altos donde están ausentes.
3. La distancia entre el frente de la montaña y lo que se considera como *zona interna de la cuenca*.

Dicho mecanismo propone que la contracción de capas rocosas tiende a producir una *cuña* que crece por si misma, despegando desde la base de las capas.

Este fenómeno se ha reproducido con experimentos en cajas de arena, donde los estratos de arena son empujados desde un extremo; debido a la influencia de la gravedad, la acumulación de material propicia que se forme una geometría de *cuña crítica* y se desarrolle un balance entre la compresión necesaria para producir la deformación interna del material de la *cuña* y la fuerza necesaria para causar el deslizamiento a lo largo de un plano de despegue ubicado en su base.

La intensidad (apertura) del ángulo de la *cuña crítica* depende de la resistencia del material que conforma la zona de despegue basal, de tal manera que un material resistente a la deformación (por ejemplo: calizas o areniscas) tenderá a concentrar el *acortamiento* sobre un área pequeña, permitiendo el desarrollo de una *cuña* de ángulo mayor, en cambio, un material dúctil y menos resistente (por ejemplo: evaporitas) tiende a distribuir el *acortamiento* sobre un área más extensa, mediante un despegue basal suave y un ángulo menor de la *cuña*.

Lo anterior explicaría la posición de las "salientes estructurales" en la región de Monterrey, como consecuencia de la distribución de evaporitas, y por ende, del contexto paleogeográfico y su influencia en la deformación laramídica. (figura 3.17).

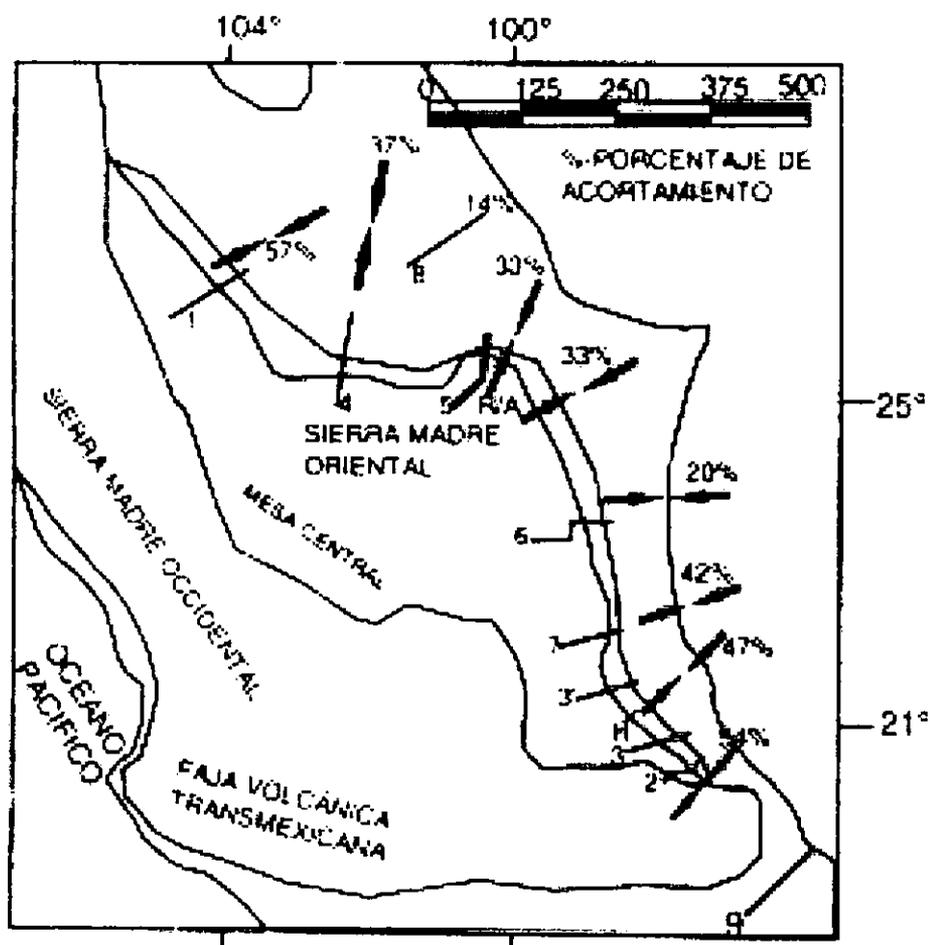


Fig. 3.17 Acortamiento Tectónico de la Sierra Madre Oriental

De acuerdo con la figura anterior, el *acortamiento* (37%) reportado para la región de Parras no es muy diferente a los valores obtenidos por el autor, ya que en la porciones occidental y oriental de la Sierra de Parras se midieron *acortamientos* de 45% (secciones 2-2' y 3-3', plano 3.3) y 25% (secciones 4-4' y 5-5', plano 3.4), respectivamente; lo cual representa un valor regional promedio de 35%.

Por otra parte, la distancia comprendida entre la zona donde se produce el empuje (parte posterior) y la zona distal del empuje (parte anterior) puede variar de acuerdo al material que se desliza; además, la parte posterior del empuje tiende a ser una línea recta (Davis, D.M. and Engelder, T., 1985), tal y como aparece ilustrado en la figura 3.18:

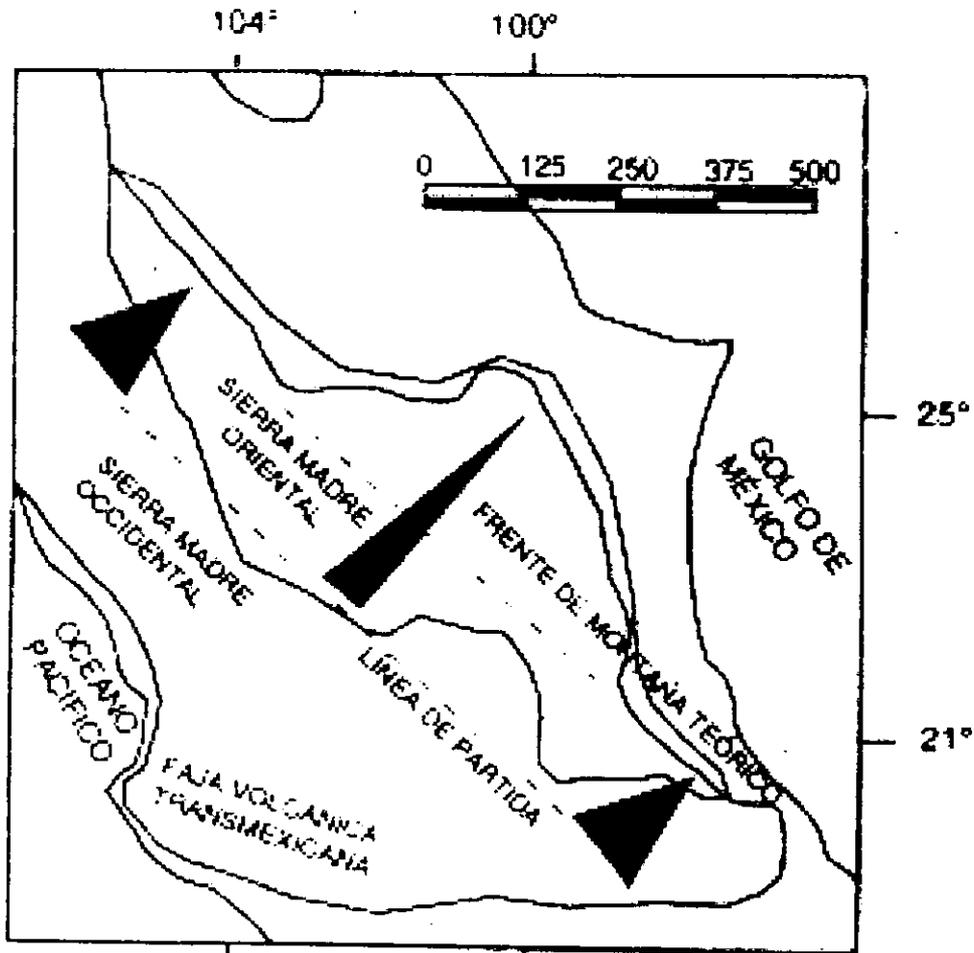


Fig. 3.18 Orientación del Acortamiento Tectónico

Además, la teoría del *modelo de cuña crítica* expone que en un cinturón de pliegues y cabalgaduras, donde la resistencia de un despegue basal varía lateralmente a lo largo de su rumbo, el ángulo de la cuña puede tener también variaciones, tal y como se puede apreciar en las secciones geológico-estructurales 2-2', 3-3', 4-4' y 5-5' (planos 3.3 y 3.4).

4.- GEOLOGIA DE SEMIDETALLE

Con el propósito de conocer las características litológicas y el comportamiento hidrogeológico de las rocas que afloran en la zona meridional del poblado de Parras, se realizó un levantamiento geológico-estructural a semidetalle de tales rocas.

Dicho levantamiento se realizó a lo largo de 3 líneas de sección (plano 4.1) con un total de 25 puntos de verificación, donde se midieron 618 datos estructurales de fracturas y fallas, distribuidos de la manera siguiente:

Línea de sección	Fracturas	Fallas	Total
I-I'	113	28	141
II-II'	207	65	272
III-III'	174	31	205
TOTAL	494	124	618

Tabla 4.1 Datos Estructurales de las Líneas de Sección

Además, se visitaron las galerías filtrantes ("Tajos") de Olvera, Zapata, Guadalupe, San Rafael (Tanque No.4 SIMAS), Las Pilas, Baños del Centenario, Baños de Villareal, Lobaton (Estanque La Luz) y Perote; lográndose determinar un patrón estructural de fracturas por donde circula el agua subterránea.

De las localidades antes mencionadas, el Tajo Zapata representa el mejor ejemplo donde se pudo apreciar la captación del agua subterránea a través de un sistema de fracturamiento, orientado en dirección NE 10°-18° SW.

Al igual que en la geología regional, previamente a los trabajos de campo se realizó una etapa de fotointerpretación de la zona meridional de Parras, para lo cual se utilizaron fotos aéreas escala 1:20,000 y se interpretaron el espaciograma de la Hoja Torreón (G13-9) y una pequeña parte de la Hoja Monterrey (G14-7), ambos a escala 1: 250,000.

4.1 Estratigrafía

Las rocas que conforman el área estudiada a semidetalle corresponden a las formaciones Tamaulipas Superior, Cuesta del Cura, Indidura y Parras, las cuales se encuentran cubiertas discordantemente por terrazas continentales, depósitos de talud y materiales aluviales.

Estas unidades litoestratigráficas han sido descritas ya con todo detalle en el capítulo anterior, razón por la cual, en este apartado sólo se indicarán los aspectos más sobresalientes de las rocas que afloran en la zona meridional de Parras, tales como su distribución, litología, espesor y relaciones estratigráficas:

Formacion Tamaulipas Superior (Albiano-Cenomaniano)

Distribución

Las rocas de esta formación conforman el núcleo de los Anticlinales La Prieta y Cerro Prieto, así como la porción suroriental del Anticlinal Las Pelonas.

Litología y Espesor

Los intervalos observados en las secciones II-II' y III-III' (plano 4.1) permitieron establecer que la unidad está constituida por una secuencia bastante homogénea de calizas color gris (tanto en muestra fresca como intemperizada), de textura mudstone a wackestone y estructura compacta.

La estratificación hacia su parte basal varía de media a gruesa (30 a 80 cm de espesor), mientras que hacia los niveles superiores predominan los estratos delgados (menos de 30 cm de espesor).

En diversos intervalos de la secuencia contiene lentes y bandas de pedernal, así mismo, frecuentemente en muestra de mano se observan microfósiles pelágicos (calciesférulas) y vetillas de calcita.

Por otra parte, en los niveles inferiores de la formación se presentan con regularidad estilolitas paralelas a la estratificación y ocasionalmente estructuras de disolución.

La recristalización y el fracturamiento se manifiestan con mayor intensidad en las inmediaciones de la zona de influencia del "sistema de fallas de desplazamiento lateral", las cuales disectan las estructuras plegadas, de tal forma que la amplitud del corredor de la falla corresponde con las zonas de mayor afectación.

La presencia de pequeñas pozas de agua, de hasta 2.50 m de profundidad, es otra característica que tiende a manifestarse de manera frecuente a lo largo de los corredores de la falla, especialmente en la parte axial y el flanco frontal del Anticlinal Cerro Prieto.

En las secciones geológico-estructurales se consideró que espesor de estas rocas y las de la Formación Cuesta del Cura, de forma conjunta varían de 420 a 460 m.

Relaciones Estratigráficas

Durante los recorridos de campo se observó que la Formación Tamaulipas Superior sobreyace concordantemente a la Formación La Peña; el contacto entre ambas está definido por un cambio nítido y abrupto en la sedimentación, ya que se pasa de una secuencia pelítico-carbonatada (unidad subyacente) a una secuencia carbonatada (unidad sobreyacente).

Su contacto superior con la Formación Cuesta del Cura es concordante y transicional, de tal manera que en ocasiones resulta muy difícil definirlo.

Formacion Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano)

Distribución

Debido a que durante la etapa de fotointerpretación no se apreció ningún contraste entre las formaciones Cuesta del Cura y Tamaulipas Superior (además, la primera de éstas presenta un espesor reducido), se considero apropiado cartografiar ambas unidades como una sola.

Sus mejores afloramientos se encuentran hacia los flancos de los Anticlinales La Prieta y Cerro Prieto, así como en el núcleo del Anticlinal Las Pelonas.

Litología y Espesor

Esta formación esta constituida por una secuencia de calizas color gris oscuro a gris claro, de textura wackestone a mudstone y de estratificación delgada (5 a 20 cm de espesor).

Las rocas presentan estratificación tipo boudinage, con lentes y bandas de pedernal paralelas a la estratificación, así como microfósiles planctónicos (calciesférulas) y vetillas o fracturas rellenas de calcita; en ocasiones existen intercalaciones de capas de lutitas de 5 a 15 cm de espesor.

Otras características propias de esta formación son: su estructura laminar con intemperismo lajoso y su tendencia a formar pliegues tipo chevron.

El espesor calculado en las secciones II-II' y III-III' (plano 4.1) para las Formaciones Cuesta del Cura y Tamaulipas Superior de manera conjunta fué de 420 a 460 m.

Relaciones Estratigráficas

Sobreyace a la Formación Tamaulipas Superior mediante un contacto transicional y concordante; a su vez subyace a la Formación Indidura a través de un contacto concordante y abrupto.

Formación Indidura (Cenomaniano-Santoniano)

Distribución

Esta unidad aflora hacia los flancos de los Anticlinales Cerro Prieto y La Prieta, así mismo, parcialmente conforma la parte axial del Anticlinal Las Pelonas.

Litología y Espesor

Esta formación se encuentra constituida por una secuencia de calizas areno-arcillosas de textura wackestone y color gris oscuro a negro, el cual varía a tonalidades pardo-amarillentas o rosáceas por intemperismo; estas rocas gradúan paulatinamente a lutitas calcáreas, manifestándose a manera de intercalaciones.

Su estratificación varía de media (30 a 60 cm de espesor) a delgada (5 a 20 cm de espesor); es bastante común observar que el intemperismo altere y selle los planos de estratificación, dando a los afloramientos un aspecto laminar, lajoso y masivo.

Otras características de esta unidad son: la presencia de vetillas y fracturas selladas por calcita, así como la presencia de óxidos diseminados; en ocasiones, sobre la superficie de la capa se observan impresiones y moldes del bivalvo *inoceramus*.

Estas rocas presentan pliegues de segundo orden, así como un sistema de fracturas paralelo a la zona de influencia del "sistema de fallas de desplazamiento lateral", justo sobre el corredor de estas discontinuidades.

El espesor máximo de esta formación en la sección I-I' es igual a 180 m, mientras que en las secciones II-II' y III-III' su potencia varía de 120 a 140 m (plano 4.1).

Relaciones Estratigráficas

Su contacto inferior con la Formación Cuesta del Cura es concordante y brusco, estando determinado por el incremento de sedimentos pelíticos y la ausencia de pedernal.

El cambio de color al intemperismo y la disminución del espesor de los estratos, son características que también definen el límite entre dichas unidades.

Respecto a su contacto superior con la Formación Parras, éste ocurre de manera transicional y concordante.

Formación Parras (Santoniano-Campaniano)

Distribución

Esta unidad constituye el núcleo del Sinclinal Taraises en su extremo oriental, así como la parte central del Sinclinal Tomatera; además, conforma los lomeríos localizados en la vertiente septentrional de la Sierra de Parras.

Litología y Espesor

La formación está constituida por una secuencia muy homogénea de lutitas calcáreas fisiles, con algunas intercalaciones de calizas arcillosas.

Estas rocas son de color negro a gris oscuro y se encuentran dispuestas en estratos delgados (5 a 20 cm de espesor) a medios (30 a 50 cm de espesor); por efecto del intemperismo ofrecen un aspecto masivo, debido a que la esquistocidad destruye los planos de estratificación.

Por otra parte, en los intervalos donde la roca presenta un mayor contenido de carbonato de calcio, el intemperismo imprime un aspecto nodular al afloramiento.

El fracturamiento tiende a ser más frecuente en la parte axial de las estructuras, así como en el flanco frontal de los anticlinales; es bastante frecuente observar que esta característica se ve acentuada en las inmediaciones de la zona de influencia de los dos "sistemas de falla de desplazamiento lateral": SFP (Sistema de Fallas Parras) y SFDLF (Sistema de Fallas De La Fuente).

Dado que el espesor de esta unidad fué considerado de manera conjunta con el de la Formación Indidura (ambos fueron cartografiados como **Ks**), éste presenta variaciones en las diferentes secciones estructurales, debido al plegamiento local de estas rocas y porque la cima de la unidad no esta expuesta; sin embargo, se consideró que la potencia de esta secuencia arcillo-calcárea varía de 400 a 800 m.

Relaciones Estratigráficas

Su contacto inferior con la Formación Indidura ocurre de manera concordante y transicional, motivo por el cual es difícil precisar con exactitud la zona de contacto entre ambas unidades.

A esta formación le sobreyacen los depósitos continentales del reciente, a través de una discordancia angular.

Depósitos Continentales Recientes

Esta unidad litoestratigráfica se encuentra constituida por 3 "miembros" principales:

- **Qal.** Depósitos Aluviales y Residuales.- Se localizan en el cauce de los arroyos y en zonas topográficamente bajas: valles y planicies.
- **Qt.** Depósitos de Talud.- Acumulados en la base de zonas topográficamente elevadas: en los flancos de las sierras o lomerios.
- **Qtc.** Terrazas Continentales.- Constituidas por sedimentos clásticos de varios tamaños.

Distribución

Estos tres miembros afloran en toda el área de estudio, principalmente en los cauces de arroyos, en la zona de los valles y en los flancos de las sierras.

Litología y Espesor

Qal. Los depósitos aluviales están constituidos por arenas, gravas y arcillas; la fracción gruesa corresponde a fragmentos redondeados y subredondeados de todos tamaños; en el lecho de los arroyos hay cantos rodados de varios centímetros de diámetro.

Qt. Los depósitos de talud están compuestos por gravas, bloques y material arenarcilloso, con una estructura masiva y con un grado incipiente de compactación; ocasionalmente se encuentran cementados por caliche.

Qtc. Las terrazas se caracterizan por estar constituidas por material detrítico de todos tamaños, cuyo grado de redondez es muy variable; esporádicamente presentan compactación, estratificación burda y comúnmente muestran una estructura masiva.

El espesor de toda la unidad varía de 30 a 70 m, ocurriendo el máximo espesor hacia el centro de los valles.

4.2 Geología Estructural

4.2.1 Anticlinales

Anticlinal Las Pelonas

Se localiza inmediatamente al sur del poblado de Parras, en la porción septentrional de la Sierra de Parras, donde la traza de su eje presenta una longitud de 12 Km y una orientación en sentido NW 50° SE.

La geometría de este pliegue corresponde con un anticlinal asimétrico, el cual presenta una amplitud de 1.3 Km en su extremo sureste, estrechándose considerablemente hacia su extremo noroeste en donde únicamente tiene 200 m de amplitud; esta característica se atribuye al buzamiento de la estructura hacia el NW (secciones I-I' y II-II' del plano 4.1).

La parte occidental de esta estructura está constituida en su totalidad por rocas de la Formación Parras, en tanto que hacia su extremo oriental las calizas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura conforman el núcleo del anticlinal, mientras que los flancos están conformados por rocas de las Formaciones Indidura y Parras.

Las geoformas configuradas por este plegamiento presentan los mayores desniveles hacia su extremo suroriental en donde alcanza elevaciones de 1,940 msnm; éste comportamiento difiere del que existe hacia su porción oriental, ya que en esa zona el pliegue presenta una topografía invertida (núcleo del anticlinal ubicado en el valle).

En general, las rocas que conforman este pliegue presentan fracturamiento, sin embargo, esta característica es más marcada e intensa en la parte axial y en el flanco frontal.

Por otra parte, el extremo noroeste del anticlinal se encuentra disectado por dos "sistemas de fallas de desplazamiento lateral": el Sistema de Fallas Parras (SFP) y el Sistema de Fallas De La Fuente (SFDFL).

Anticlinal Cerro Prieto

Se localiza inmediatamente al sur del Anticlinal Las Pelonas, donde la traza de su eje tiene una extensión de 11.8 Km, con una orientación de su plano axial en la dirección NW 60° SE.

El pliegue presenta una amplitud uniforme (1.5 a 1.6 Km) a lo largo de su expresión, con un ligero estrechamiento en su parte central (1.2 a 1.3 Km); en las secciones estructurales 2-2' y 3-3' (plano 3.3) presenta una geometría típica de un anticlinal asimétrico, mientras que en la sección estructural 1-1' (plano 4.1) conforma un "pliegue en caja".

La expresión topográfica de este anticlinal presenta marcadas diferencias a lo largo de su extensión, de tal forma que en su extremo occidental el núcleo presenta altitudes de hasta 2,260 msnm, en tanto que hacia el oriente los desniveles de la sierra son de 2,340 msnm y en su tramo central únicamente alcanza una elevación de 1,950 msnm.

Esta característica topográfica de la estructura se considera que es ocasionada por el buzamiento de los extremos oriental y occidental hacia la parte central del pliegue.

Hacia sus extremos, la parte axial del anticlinal se encuentra conformada por rocas de la Formación Cupido, mientras que en su parte central, tanto el núcleo como los flancos están constituidos por rocas la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura.

Tanto el núcleo como el flanco frontal de este pliegue presentan los mayores índices de fracturamiento; se considera que esta característica favorece la propagación de la "falla de cabalgadura" a través del flanco frontal.

La parte central de este pliegue se encuentra disectada por los sistemas de falla SFP y SFDLF, ocasionando la formación de escarpes.

Anticlinal La Casita de la Cuesta

Se localiza en la porción centro-meridional del área de estudio, en donde la traza de su eje se cartografió a lo largo de 8.5 Km, estando orientado con un rumbo general NW 68° SE.

Este pliegue es extremadamente estrecho y se encuentra conformado por rocas de la Formación Parras; forma parte de una serie de pliegues de dimensiones menores ubicadas entre los dos "sistemas de fallas de desplazamiento lateral": SFP y SFDFL.

De acuerdo con las secciones estructurales 4-4' y 5-5' (plano 3.4), la estructura forma un pequeño anticlinorio entre dos pequeños sinclinatorios (Taraises y Gallinas), donde su proyección a profundidad carece de expresión.

Este pliegue presenta un fuerte buzamiento en dirección sureste, a partir de la bifurcación del Anticlinal Taraises (ubicado más hacia el poniente), provocando que la estructura este conformada por rocas de la Formación Parras (**Ks**), a lo largo de toda su porción central y oriental.

Su expresión topográfica corresponde a una serie de cerros con elevaciones que varían de 2,000 a 2,050 msnm.

Anticlinal La Prieta

Se localiza en la porción central del área de estudio, en donde la traza de su eje mide 4.1 Km, estando orientada en dirección NW 68° SE; no se pudo determinar su amplitud debido a que no se encuentra expuesto su flanco meridional.

Su expresión en el terreno corresponde con sierras que alcanzan elevaciones de 2,050 msnm; el núcleo del anticlinal esta conformado por rocas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, en tanto que sus flancos están conformados por rocas de las Formaciones Indidura y Parras (sección 4-4' del plano 3.4)

4.2.2 Sinclinales

Sinclinal Taraises

Se localiza en el extremo occidental y central de la Sierra de Parras, donde la traza de su eje presenta una longitud de 62 Km y una orientación en sentido NW 68° SE.

El pliegue es extremadamente estrecho, ya que presenta una amplitud de 500 a 700 m; su geometría corresponde a un sinclinal asimétrico.

Este pliegue tiene un comportamiento normal, ya que su núcleo conforma los sitios de menor elevación y en los flancos se desarrollan los mayores desniveles; este sinclinal se encuentra conformado por rocas de la Formación Parras.

Sinclinal Tomatera

Se localiza inmediatamente al sur del poblado de Parras de la Fuente, en el extremo septentrional de la Sierra de Parras, donde la traza de su eje presenta una longitud de 12.4 Km y una orientación NW 55° SE.

Presenta una amplitud aproximada de 1.2 Km, tomando como referencia las rocas de la Formación Indidura; su geometría corresponde con un pliegue asimétrico.

La estructura se desarrolla en rocas del Cretácico Superior, las cuales llegan a conformar pliegues de segundo orden.

La parte central de este sinclinal se encuentra afectada por los sistemas de falla SFP y SFDLF, los cuales originan el desarrollo de áreas intensamente fracturadas, brechadas y recristalizadas a lo largo de su zona de influencia.

Sinclinal Gallinas

Este pliegue tiene una expresión bien definida hacia sus extremos NW y SE, en tanto que hacia su porción central se vuelve un poco difuso por la presencia de varios pliegues de segundo orden, localizados entre los sistemas de falla SFP y SFDLF.

La traza de su eje fué cartografiada a lo largo de 10.5 Km, en donde muestra una orientación general en dirección NW 68° SE.

Su expresión topográfica corresponde con una estructura normal, en donde la parte axial presenta las menores elevaciones en comparación con las que se desarrollan hacia los flancos del pliegue; este sinclinal se encuentra conformado por rocas de la Formación Parras.

Al igual que el Sinclinal Tomatera, su eje está disectado por los sistemas de falla SFP y SFDLF, cuyo patrón estructural ocurre en una dirección preferencial N-NE.

4.2.3 Fallas

Sistema de Fallas Parras (SFP)

Este sistema se localiza en el lado poniente de la superficie estudiada a semidetalle, y al igual que el Sistema de Fallas De La Fuente (SFDLF), se considera que su origen esta asociado con una falla regional de desplazamiento lateral (Falla Caballo, descrita en el capítulo anterior) que proviene desde la Sierra del Número, localizada en los límites del Estado de Coahuila con los Estados de Zacatecas y Durango (figura 3.4).

La longitud estimada de este sistema de fallas es de aproximadamente 9.8 Km, con un patrón estructural orientado en dirección NE 14°-18° SW, dirigido hacia la población de Parras de la Fuente, Coah; este sistema corta transversalmente a casi todos los pliegues del área de estudio.

En el Anticlinal Cerro Prieto, la zona de influencia de este sistema tiene un espesor de 3 a 4.5 m en la parte axial, mientras que en el flanco frontal varia de 1.5 a 2 m.

Los "indicadores cinemáticos" que evidencian el sentido del movimiento llegan a ser difusos en algunas localidades, sin embargo, en donde están bien conservados se apreciaron estrias asociadas a un movimiento de tipo dextral.

Por otra parte, en la zona de falla es común observar tramos en donde las fallas tienden a formar un "patrón anastomosado", así mismo, las rocas muestran una intensa recristalización, un fracturamiento denso y un brechamiento constante que evidencian el estilo de deformación de la zona.

Las principales familias de fracturas forman un ángulo de 7° a 12° con respecto a la dirección de la componente principal (figuras 4.1 y 4.2), de tal forma que este conjunto de fracturas presenta un arreglo escalonado de tipo sintético.

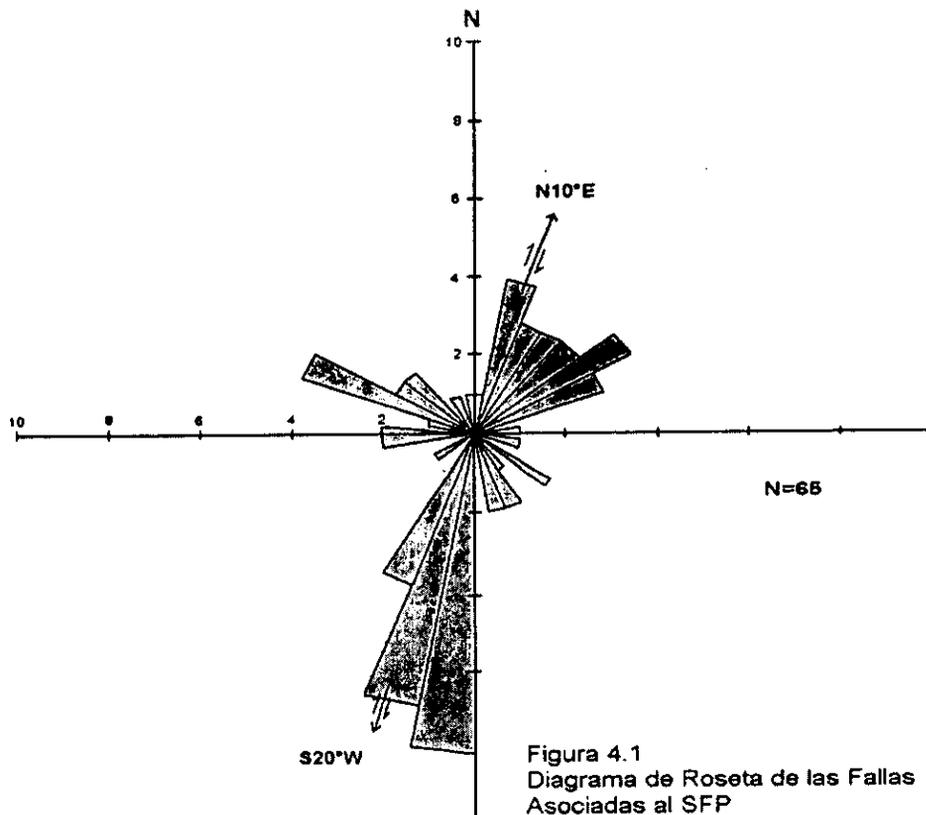
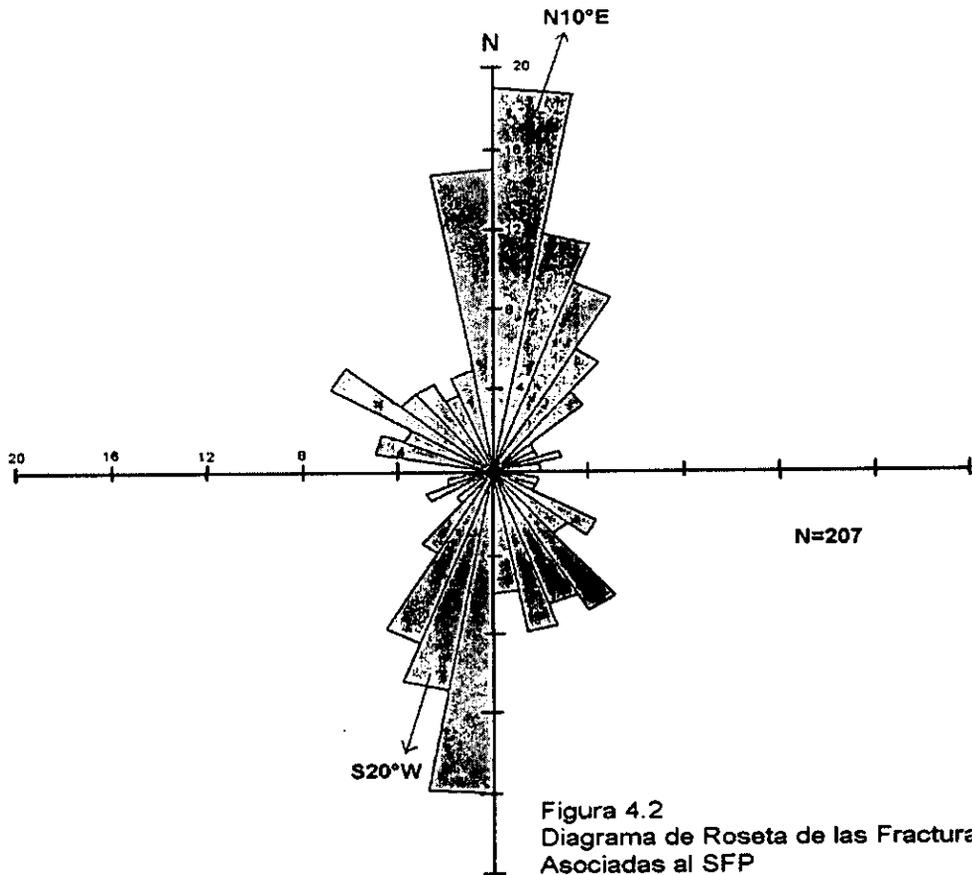


Figura 4.1
Diagrama de Roseta de las Fallas
Asociadas al SFP

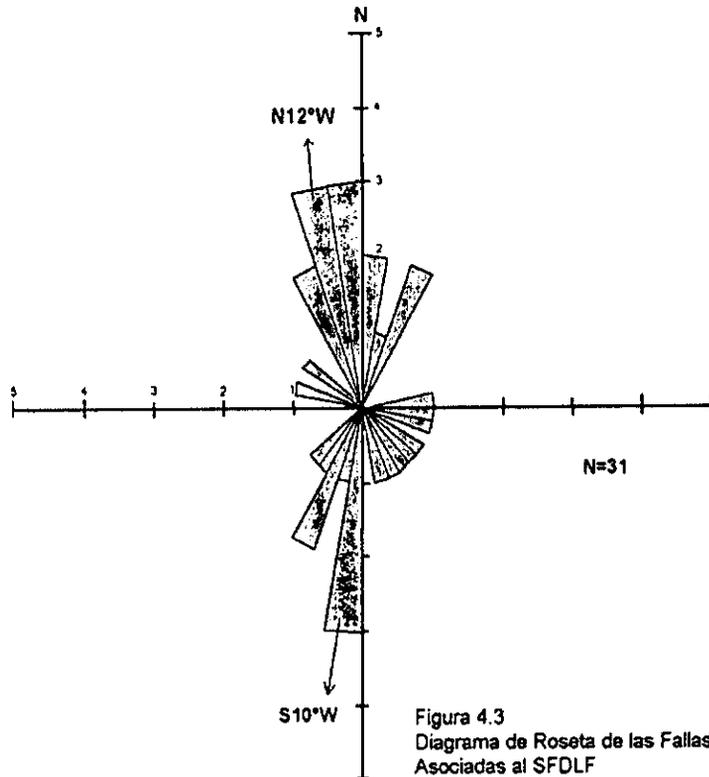


Por otra parte, se considera que el seccionamiento ocasionado por este sistema de fallas en los anticlinales Cerro Prieto, Las Pelonas y La Prieta, influye de forma importante en el esquema de funcionamiento hidrogeológico de la región, el cual se describirá de forma más detallada en el capítulo siguiente.

Sistema de Fallas De la Fuente (SFDLF)

Este sistema se localiza en el lado oriente de la superficie estudiada a semidetalle; representa un "sistema de falla de desplazamiento lateral", cuya traza tiene una longitud estimada de 12 Km y un patrón estructural orientado en dirección NE 10° SW, N-S y NW 12° SE (figura 4.3).

Al igual que el sistema de fallas SFP, este sistema disecta transversalmente a casi todos los plegamientos del área de estudio.

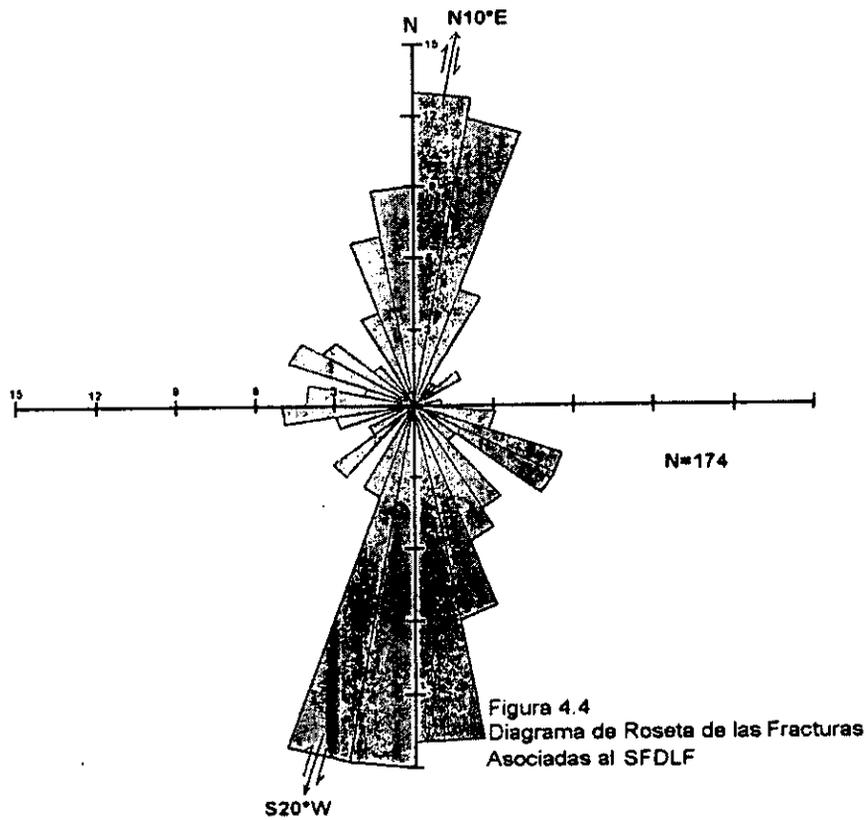


En el núcleo del Anticlinal Cerro Prieto, la zona de influencia de este sistema llega a tener un espesor de hasta 8.5 m; además, se manifiestan componentes antitéticas y sintéticas asociadas con fracturas rellenas de calcita de 20 a 60 cm de espesor.

Al igual que en el Sistema de Fallas Parras (SFP), los indicadores cinemáticos que establecen el sentido del movimiento llegan a ser difusos en algunas localidades; sin embargo, en donde se encuentran bien conservados se apreciaron estrias asociadas a un movimiento de tipo dextral.

Por otra parte, en la zona de falla es común observar tramos en donde las fallas tienden a formar un "patrón anastomosado", así mismo, las rocas muestran una intensa recristalización, un fracturamiento denso y un brechamiento constante que evidencian el estilo de deformación de la zona.

Las principales tendencias del patrón estructural guardan un notorio paralelismo con la dirección de la componente principal (figura 4.4).



Como se mencionó en párrafos anteriores, se considera que el seccionamiento de los Anticlinales Cerro Prieto, Las Pelonas y La Prieta, influye de manera importante en el modelo de funcionamiento de la región, ya que el agua sigue una trayectoria paralela a los ejes de estos plegamientos, misma que es interceptada y desviada en dirección de los sistemas de fallas: SFP y SFDLF.

Otro factor que apoya lo anterior es el caudal que se obtiene del pozo SIMAS No.1, el cual fué perforado en un área cercana a la zona de influencia del sistema SFDLF.

4.3 Análisis Estructural

Durante la realización del levantamiento geológico-estructural se efectuaron mediciones de los planos de fallas y fracturas que afectan a las rocas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, así como a las formaciones Parras e Indidura (Ks).

A continuación se describen las principales tendencias de cada línea de sección:

Sección I-I'

En esta línea se midieron 141 datos de fracturas y fallas de carácter local, a partir de los cuales se detectaron dos patrones estructurales principales: uno orientado en dirección NE 22° SW, y otro alineado en sentido NW 14° SE; ambos presentan cierto paralelismo con el Sistema de Fallas Parras (SFP), que constituye una zona de "máxima concentración", con una orientación preferencial en dirección NE 14° SW.

Además, el análisis muestra una tercera tendencia, conformada por un conjunto de fracturas antitéticas con respecto al movimiento dextral del SFP (figura 4.5).

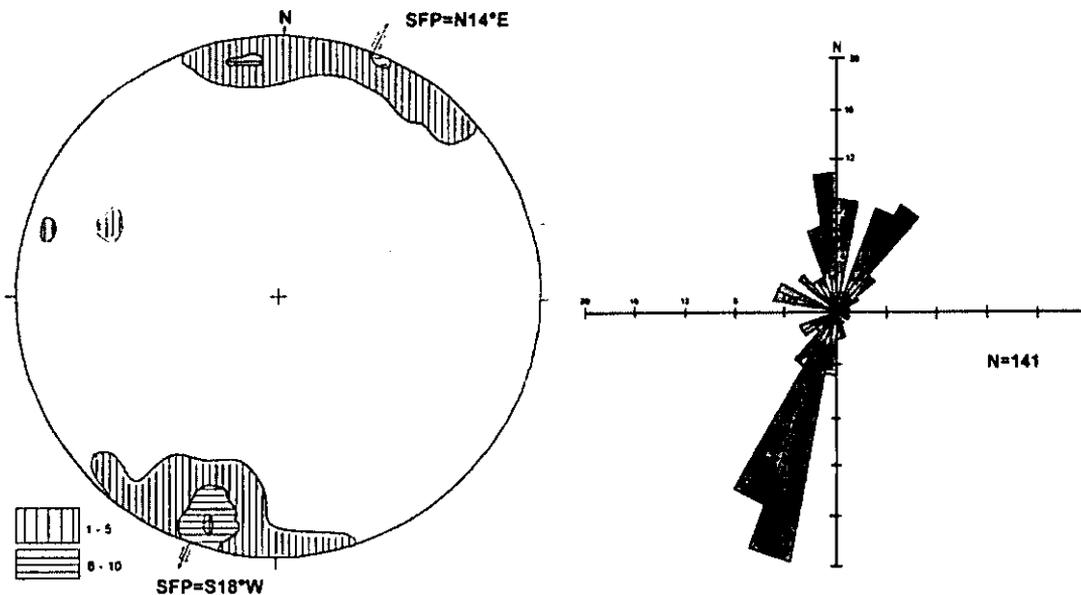


Figura 4.5 Análisis Estructural de la Sección I-I'

Sección II-II'

En esta línea de sección, que coincide con la zona de manifestación del SFP, se midieron un total de 272 datos estructurales: 207 de fracturas y 65 de fallas, cuyas principales tendencias de fracturamiento se encuentran orientadas en dirección NE 06°-07° SW; este conjunto de estructuras tienen un comportamiento sintético con respecto al movimiento dextral del sistema SFP (figura 4.6 y 4.7).

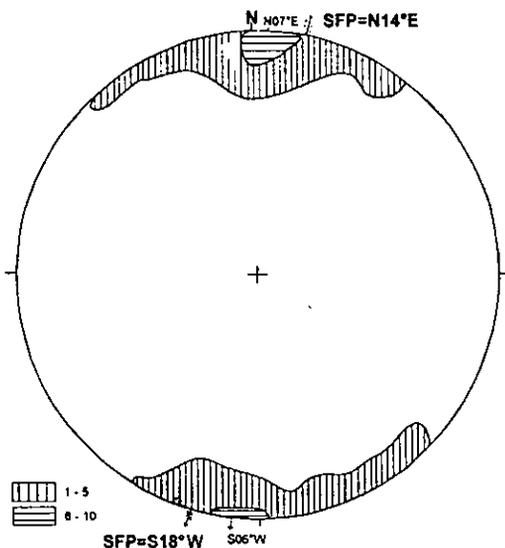


Figura 4.6 Análisis Estructural de la Sección II-II' (Fracturas)

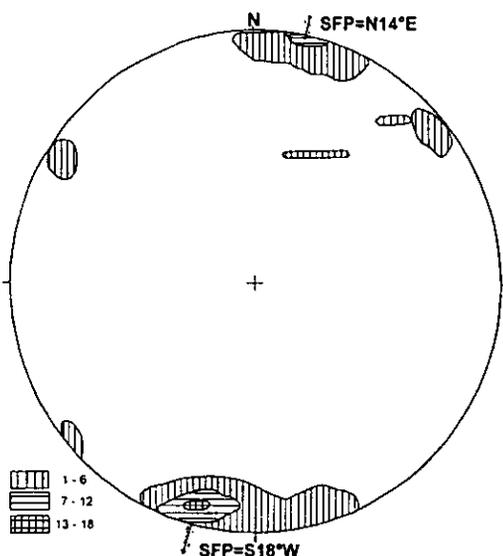


Figura 4.7 Análisis Estructural de la Sección II-II' (Fallas)

Sección III-III'

En esta sección se midieron 205 datos estructurales: 174 de fracturas y 31 de fallas; donde las máximas concentraciones se encuentran orientadas en dirección NE 05°-10° SW, coincidiendo con la orientación del sistema de fallas SFDLF (figura 4.8).

Este conjunto de estructuras tiene un comportamiento sintético con la tendencia NE 20° SW del sistema SFDLF y un comportamiento antitético con respecto al patrón NW 15° SE del mismo sistema (figura 4.9).

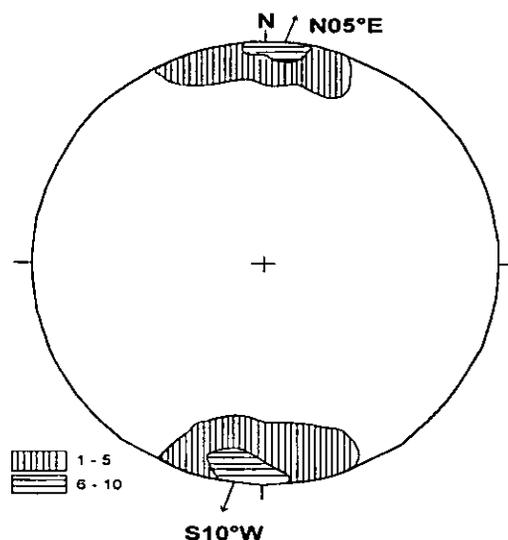


Figura 4.8 Análisis Estructural de la Sección III-III' (Fracturas)

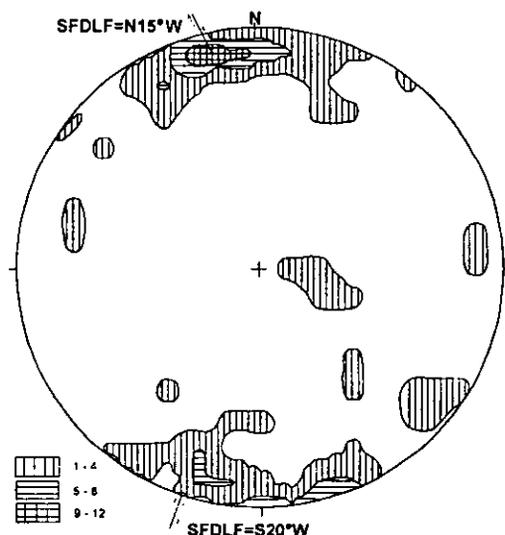


Figura 4.9 Relación Estructural de la Sección III-III' (Fallas)

De acuerdo con los 618 datos estructurales medidos (sobre los planos de fallas y fracturas) en las zonas de influencia de los sistemas SFP y SFDLF, y conociendo que la deformación ocurre por cizalla simple, entonces, el arreglo escalonado que adquieren las estructuras en dirección NE 05°-12° SW, se asocia a un conjunto de estructuras sintéticas y antitéticas con respecto al fallamiento principal (figura 4.10).

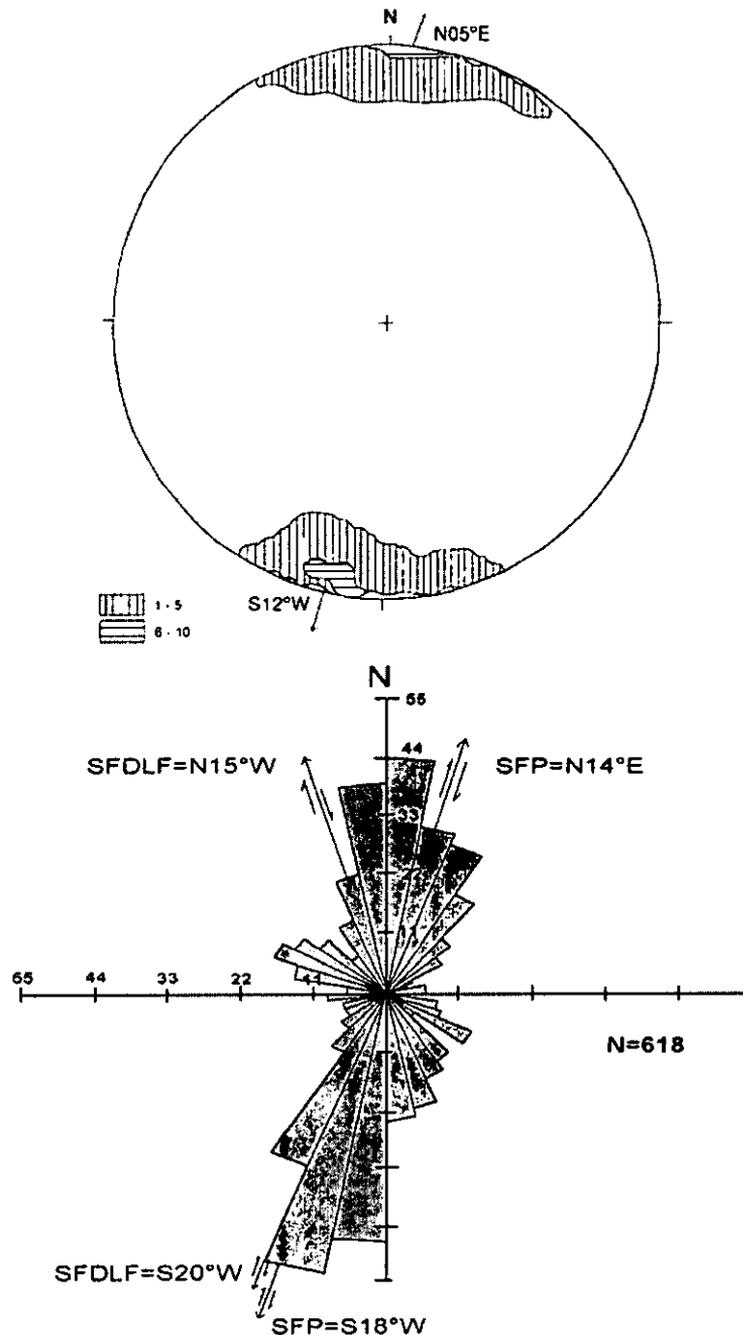


Figura 4.10 Integración de Resultados en un Diagrama de Roseta

5.- HIDROGEOLOGIA

5.1 Unidades Hidrogeológicas (UH)

El análisis hidrogeológico de las rocas presentes en la Sierra de Parras, permitió diferenciarlas y clasificarlas de acuerdo a su capacidad de admitir, almacenar y transmitir el agua subterránea, de tal manera que las unidades litológicas de la región se agruparon en nueve Unidades Hidrogeológicas (UH), las cuales se presentan en planta en el plano 5.1.

Así mismo, la integración de estas UH se realizó en función de las siguientes características geológicas: litología, diferencias texturales (debidas a cambios de facies), posición estratigráfica, intensidad de fracturamiento (y fallamiento), desarrollo del estructuras cársticas (para el caso de las calizas) y límites en el subsuelo provocados por fenómenos tectónicos.

En las líneas de sección 1-1', 2-2', 3-3', 4-4' y 5-5' se presenta su interpretación a nivel regional (planos 5.2 a 5.4), mientras que en las líneas I-I', II-II' y III-III' se muestran las unidades a semidetalle (plano 5.5).

Unidad I (Acuífero Granular: Qal)

Está constituida por los depósitos de gravas y arenas localizados en las partes bajas del área de estudio, los cuales son producto de la erosión e intemperismo de las rocas Mesozoicas que conforman las partes altas de la Sierra de Parras.

Los espesores de esta unidad varían desde unos cuantos metros (en las márgenes de las sierras), hasta 70 m en el centro de los valles.

Hidrogeológicamente funciona como un acuífero libre, el cual se encuentra en explotación mediante norias y pozos; durante los últimos años, algunas de estas obras han sufrido una disminución en su productividad, hasta ser prácticamente nula en las temporadas de sequía.

Unidad II (Acuíferos de Baja Potencialidad)

Se encuentra constituida por materiales de permeabilidad baja a media, tales como: los depósitos conglomeráticos, areniscas, calizas lagunares y tobas ácidas de las formaciones Ahuichila (Ta) y Mayrán (Qta), así como los depósitos de terrazas continentales de la unidad Qtc.

En superficie funcionan como áreas de recarga restringida, mientras que en el subsuelo conforman acuíferos de baja potencialidad.

Unidad III (Confinante Superior: Ks)

Está conformada por rocas de las formaciones Indidura y Parras (Ks), las cuales tienen un predominio de material arcillo-arenoso y arcillo-calcáreo, localizadas tanto en superficie como en el subsuelo.

En general, su textura fina ocasiona que el agua superficial escurra sobre estas rocas, mientras que en el subsuelo funciona como barrera ante el paso del agua; sin embargo, este comportamiento hidrogeológico cambia cuando las rocas se encuentran afectadas por fracturamiento intenso, razón por la cual se les dividió en subunidad IIIa y IIIb:

- **Subunidad IIIa.** Cuando los materiales presentan un fracturamiento incipiente o cuando las fracturas se encuentran cerradas, éstos impiden el paso del agua a través de ellos; este comportamiento tiene un mayor porcentaje de ocurrencia, con respecto del otro.
- **Subunidad IIIb.** Cuando los materiales están afectados por un fracturamiento intenso y las fracturas son abiertas, esto provoca que las rocas funcionen como un acuífero de potencialidad variable.

Este último comportamiento ocurre en áreas muy específicas dentro de la zona ubicada al sur de la localidad de Parras, en donde las rocas están afectados por los sistemas de fallamiento Parras (SFP) y De La Fuente (SFDLF).

Con excepción de esta zona, la unidad funciona en el subsuelo como una barrera, constituyendo el confinante superior del "Acuífero en calizas del Cretácico".

Además, los procesos tectónicos han provocado que esta unidad este en contacto lateral con rocas de mayor permeabilidad, comportándose ahí como una barrera al flujo horizontal, aislando las zonas más permeables.

Unidad IV (Acuífero en Calizas del Cretácico: Kts/Kcc y Ktrñ)

Está constituida por calizas de la unidad Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, así como de la Formación Treviño, las cuales se agruparon en una sola unidad por considerarse que tienen un comportamiento hidrogeológico similar; esta unidad funciona en superficie como zona de recarga.

Su permeabilidad es de dos tipos: primaria por su textura, y secundaria por su fracturamiento y desarrollo de carsticidad, razón por la cual, conforma acuíferos de potencialidad moderada a alta; por ejemplo, el pozo SIMAS No.1 fué perforado en rocas pertenecientes a la unidad Kcc.

Unidad V (Rocas de Muy Baja Permeabilidad: Klp)

Está constituida por lutitas calcáreas de la Formación La Peña (Klp), la cual en algunas porciones zonas del área estudiada presenta espesores irregulares.

En general, se considera que esta una unidad posee una permeabilidad muy baja, actuando como una barrera que separa a las unidades IV y VI, las cuales tienen un comportamiento hidrogeológico muy similar.

Unidad VI (Acuífero en Calizas del Cretácico: Kcu/Kti)

Está constituida por las calizas de las Formaciones Cupido y Tamaulipas Inferior, las cuales constituyen un acuífero muy importante en la zona.

La Formación Cupido presenta una potencialidad mayor, debido a que ésta tiene una permeabilidad primaria considerable (facies arrecifales), así como una buena permeabilidad secundaria, producida por el fracturamiento y la disolución.

Las calizas de la Formación Tamaulipas Inferior presenta una permeabilidad menor, debido a que ésta se da principalmente por el fracturamiento.

La heterogeneidad y la anisotropía de este tipo de rocas, aunada a factores geológico-estructurales, provocan que esta unidad tenga una potencialidad hidrogeológica variable, lo cual se comprueba por los caudales tan diversos que se reportan en el campo de pozos Carneros II, localizado al S-SW de Saltillo, Coah.

Vale la pena mencionar que en la zona de Monterrey (Cañón de la Huasteca), se han perforado algunos pozos en esta misma unidad con resultados negativos, lo cual se debe en gran parte a la geometría (posición estructural) que tienen las calizas con relación a las rocas del Cretácico Superior (**Ks**), ya que como se comentó previamente, si están en contacto lateral provocan una discontinuidad hidrogeológica.

Unidad VII (Acuitardo: Ktr-Jlc-Jlg)

Está constituida por rocas de permeabilidad muy variable, tales como areniscas, calcarenitas, calizas limo-arenosas, calizas arcillosas, margas, lutitas calcáreas y lutitas de las Formaciones Taraises (**Ktr**), La Casita (**Jlc**) y La Gloria (**Jlg**).

Hidrogeológicamente funcionan como el confinante inferior de la unidad VI, aunque en algunas zonas localizadas fuera del área de estudio, se ha reportado que las areniscas de la Formación La Casita (**Jlc**) conforman acuíferos de potencialidad variable.

Como por ejemplo: los pozos perforados en el Cañón de La Cásita, localizado al SW de Saltillo, Coah.

Unidad VIII (Acuífero en Calizas del Jurásico: Jz)

Esta formada exclusivamente por las calizas jurásicas de la Formación Zuloaga, las cuales constituyen acuíferos de potencialidad moderada a alta.

Aunque esta unidad representa un sistema acuífero importante, esto depende en gran parte de la extensión que presenten sus afloramientos en superficie, ya que esa es la única forma que tiene la unidad para recargarse, debido a que sus límites superior e inferior están constituidos por unidades poco permeables.

Como se puede ver en el plano y las secciones hidrogeológicas, sus afloramientos dentro del área de estudio se concretan a los extremos occidental y oriental.

En los pozos Difunta I y Tanque de Emergencias II, localizados al S-SW de Saltillo, Coah., el caudal obtenido en esta unidad es del orden de los 75 lps.

Unidad IX (Acuífugo: Tr-J)

En esta unidad se incluyen las rocas que conforman el basamento de la región, las cuales están representadas por lechos rojos correspondientes al período Triásico-Jurásico; funcionan como un límite impermeable de la unidad VIII.

5.2 Sistemas Hidrogeológicos (SH)

En la Sierra de Parras, las calizas cretácicas y jurásicas (UH: IV, VI y VIII) conforman "Sistemas Hidrogeológicos" (**SH**), cuya continuidad hidráulica está delimitada por sus relaciones estratigráficas con otras unidades impermeables (UH: III, V, VII y IX) intercaladas en la columna estratigráfica regional, así como por la geometría de sus estructuras.

Así, un **SH** puede estar definido por uno o más pliegues paralelos, quedando limitado estructuralmente al coincidir las porciones altas de las sierras (parteaguas) con la cresta de los anticlinales; a partir de estas áreas se definen las zonas de recarga de los acuíferos calcáreos (ver secciones hidrogeológicas).

Hacia las porciones donde se ubica un sinclinal, las calizas se encuentran cubiertas por Unidades Hidrogeológicas (UH) más jóvenes; normalmente, estas zonas constituyen la parte central del **SH**, siempre y cuando exista continuidad estructural entre las zonas de recarga y el sinclinal.

Otro límite a la continuidad transversal de un **SH** puede generarse por la presencia de fallas (normales, inversas o de desplazamiento lateral) que pongan en contacto unidades de carácter hidrogeológico diferente (ver sección 3-3' del plano 5.3).

Los acuíferos cársticos del área de estudio presentan un sinnúmero de aspectos que controlan la continuidad de las zonas hidrogeológicamente productivas, tales como: la continuidad estructural, la intensidad del fracturamiento, las áreas con mayor desarrollo de estructuras cársticas y los cambios de litofacies.

De acuerdo a todo lo anterior y con el propósito de comprender mejor el modelo de funcionamiento hidrogeológico regional, a continuación se mencionan los **SH** identificados en el área de estudio (ver plano 5.1).

Sistema Santa Barbara

Este Sistema se localiza en el extremo NW de la Sierra de Parras, encontrándose delimitado de la manera siguiente:

- Al norte: en su extremo occidental por una falla inversa, y su extremo oriental por el Anticlinal Molano.
- Al sur: por el Anticlinal Taraises y su bifurcación septentrional: el Anticlinal Cerro Prieto.
- Al poniente: por el valle que forma la traza de la Falla Caballo.
- Al oriente: por el sistema de fallas La Presa, localizado al sur de las localidades de La Presa y El Huariche, donde también cambia el buzamiento de la estructura.

Este **SH** tiene una orientación preferencial NW 60° SE y una longitud de 75 km, extendiéndose hacia el sureste, un poco más allá del área de estudio; su amplitud es mayor en sus extremos noroccidental y suroriental, en tanto que hacia la zona de Parras presenta un ligero estrechamiento.

Como se comentó en el apartado 3.2.2, una característica particular del Anticlinal Cerro Prieto se debe a que es doblemente buzante hacia el centro de la estructura, razón por la cual, sus extremos buzán hacia la zona de Parras (Figuras 5.1 y 5.2).

En este **SH** se incluyen los tres acuíferos más importantes de la región, estando distribuidos como a continuación que menciona: al poniente esta conformado por las calizas del Jurásico (UH: VIII), mientras que hacia la zona de Parras lo conforman las calizas del Cretácico (UH: IV y VI).

Las zonas de recarga de este **SH** se localizan a lo largo de gran parte de su exposición, de tal manera que hacia su extremo poniente la recarga se realiza principalmente tanto en las calizas Jurásicas como en las Cretácicas.

Hacia su porción central (cerca de Parras) la recarga se realiza sólo en calizas del Cretácico, debido a que las calizas del Jurásico se encuentran cubiertas; su exposición se prolonga hasta el extremo oriental del sistema, donde sólo aflora este tipo de rocas.

Su explotación se está realizando a través de algunos pozos perforados en su zona de influencia (por ejemplo: el pozo SIMAS No.1), así como por la captación que se hace en los "tajos" localizados en la zona meridional del poblado de Parras.

Sistema Taraises

Se ubica al sur del Sistema Santa Barbara, encontrándose delimitado de la manera siguiente:

- Al norte: por el Anticlinal Taraises y su bifurcación meridional: el Anticlinal La Casita de la Cuesta.
- Al sur: por el Anticlinal La Prieta.
- Al poniente: por el valle que forma la traza de la Falla Caballo.
- Al oriente: su límite lo forma la propia estructura, cuando ésta cambia su buzamiento hacia el oriente.

Este **SH** se encuentra orientado en dirección NW70°SE, con una extensión menor al Sistema Santa Barbara, ya que su expresión en superficie sólo se pudo cartografiar a lo largo de 50 km, aunque se estima que debe continuar unos 20 km más hacia el oriente.

Como se comentó en el apartado 3.2.2, una característica particular del Anticlinal La Prieta se debe a su carácter doblemente buzante hacia el centro de la estructura, razón por la cual, sus extremos buzaban hacia la zona de Parras (Figuras 5.1 y 5.2).

Otra particularidad de este sistema es que hacia su parte central (entre los Sistemas Santa Barbara y Taraises) se forma un pequeño subsistema, el cual se integra al Sistema Taraises en su parte más oriental.

Lo anterior se fundamenta en la expresión que presentan las rocas que constituyen los límites norte y sur, las cuales en su parte más oriental buzcan hacia el NW.

En este **SH** se incluyen las Unidades Hidrogeológicas I, IV, VI y VIII, cuya exposición en superficie es menor que en el Sistema Santa Barbara, incluso en la parte central de este mismo sistema se encuentran rocas poco permeables, pertenecientes a la UH III; debido a lo anterior, se considera que el área de recarga de este sistema es menor al del Sistema Santa Barbara.

Sistema La Prieta

Se ubica al sur del Sistema Taraises, encontrándose delimitado de la manera siguiente:

- Al norte: por el Anticlinal La Prieta, y una falla inversa ubicada en el extremo poniente de este sistema.
- Al sur: su límite es muy irregular, a tal grado que sólo se pudo establecer en sus extremos poniente (Anticlinal El Puerco) y oriente (Anticlinal El Marrano).
- Al poniente: por el valle que forma la traza de la Falla Caballo.
- Al oriente: su límite lo forma la propia estructura, cuando ésta cambia su buzamiento hacia el oriente.

La orientación de este Sistema es NW68°SE, y al igual que los dos **SH** anteriores, presenta un carácter doblemente buzante hacia el centro de la estructura.

En este **SH** se incluyen las Unidades Hidrogeológicas I, IV, VI y VIII, cuya exposición en superficie no es muy extensa, debido fundamentalmente a que el sistema es un poco estrecho; de acuerdo a lo anterior, se considera que el área de recarga al sistema no es muy extensa.

Sistema El Puerco

Se localiza en el extremo suroccidental de la Sierra de Parras; su extensión es de sólo 15 km, encontrándose orientado en una dirección NW85°SE, y delimitado de la manera siguiente:

- Al norte: por el Anticlinal El Puerco.
- Al sur: por el Anticlinal Juan Pérez.
- Al poniente: por el valle que forma la traza de la Falla Caballo.
- Al oriente: limita con el valle de Menchaca.

En este **SH** se incluyen los tres acuíferos más importantes de la región: las calizas de las Unidades Hidrogeológicas IV, VI y VIII, así como a los materiales aluviales de la UH I; el área de afloramiento de todas estas rocas es muy reducida.

Sistema Juan Pérez

Se localiza en el extremo más suroccidental de la Sierra de Parras, encontrándose orientado en una dirección NW85°SE, y delimitado de la manera siguiente:

- Al norte: por el Anticlinal Juan Pérez.
- Al sur: por el Anticlinal El Capadero.
- Al poniente: limita con el valle de Menchaca.
- Al oriente: limita con el valle de Menchaca.

Sin embargo, para fines prácticos, dentro de este sistema se incluyó al Sinclinal El Capadero, debido a que su extensión en superficie es de tan solo 10.5 km de longitud; aún en conjunto, este **SH** tiene poca importancia debido a su expresión tan reducida.

En éste sistema se incluye a las calizas de las Unidades Hidrogeológicas IV y VI.

5.3 Bloque Hidrogeológico de Parras

A pesar de que el flujo subterráneo se mueve a través de los materiales que ofrecen una misma respuesta al paso del agua, este movimiento está controlado por los siguientes factores:

- **Litología y facies sedimentarias**

Debido a que las rocas de la región fueron originadas en diferentes ambientes de depósito, éstas presentan variaciones en su textura, permeabilidad y porosidad, así como en el contenido de carbonato de calcio y su grado de pureza; factores que intervienen en el comportamiento hidrogeológico de cada unidad.

- **Control estructural**

Como ya se comentó con anterioridad, los efectos compresivos de la Orogenia Laramide sobre la columna sedimentaria mesozoica originaron una serie de pliegues anticlinales y sinclinales, así como algunas fallas inversas; estas estructuras geológicas influyen en el comportamiento hidrogeológico regional, estableciendo controles estructurales al movimiento del agua subterránea.

En la Sierra de Parras, el agua subterránea circula principalmente a través de las rocas acuíferas calcáreas (Unidades Hidrogeológicas IV, VI y VIII), las cuales presentan un estilo de deformación cuyos ejes estructurales se encuentran orientados en dirección NW 70° SE, lo cual provoca que el agua circule en esta misma dirección.

Aunado a este control estructural, existen procesos de buzamiento en el eje de las estructuras, lo cual origina un gradiente hidráulico y una consiguiente dirección de flujo, dirigida hacia donde buza el eje de los sinclinales; por ejemplo, los extremos del Sinclinal La Prieta buzan hacia su parte media, de tal manera que el flujo subterráneo converge hacia la parte central de la Sierra de Parras.

- **Densidad de fracturamiento**

El flujo subterráneo transita a lo largo del núcleo de los sinclinales, pero cuando encuentra a su paso un sistema de fracturas abiertas, entonces el agua cambia su dirección de flujo en el sentido en que encuentra orientado dicho sistema de fracturamiento; por ejemplo, los sistemas de fallas SFP y SFDFL derivan el agua subterránea hacia la localidad de Parras de la Fuente, Coah.

- **Fallas de desplazamiento lateral**

Este tipo de estructuras provoca la yuxtaposición de rocas de diferente comportamiento hidrogeológico, haciendo posible el contacto lateral de rocas de permeabilidad alta con otras de mucho menor permeabilidad, provocando que se pierda la continuidad hidráulica lateral; por ejemplo, la Falla Caballo contrapone rocas de facies muy diferentes.

- **Posición topográfica**

La posición topográfica de una UH está relacionada con el tipo de pliegue (anticlinal o sinclinal) que conforman y su litología, así como los procesos erosivos que han actuado sobre ella.

En condiciones normales, el núcleo de los anticlinales corresponde con zonas topográficamente altas y el de los sinclinales, con zonas bajas; sin embargo, cuando la erosión y el intemperismo actúan sobre las rocas que conforman a estos pliegues, puede generarse una topografía invertida, donde los anticlinales se alojan en áreas bajas, y viceversa.

Por ejemplo, existen grandes desniveles en los flancos y en el núcleo de algunos sinclinales constituidos por rocas competentes, tales como las calizas de las Formaciones Cupido, Tamaulipas Inferior y Tamaulipas Superior; obviamente, la ocurrencia de este proceso está controlada en gran parte por la resistencia de las unidades a los procesos erosivos.

En resumen, el agua meteórica se infiltra a través de las rocas permeables localizadas en las zonas topográficamente más elevadas, y se mueve en dirección paralela al eje de los sinclinales; cuando existe un fracturamiento denso y abierto que afecte a dichos pliegues, entonces el flujo subterráneo encuentra condiciones favorables para cambiar su trayectoria en el sentido que se encuentran orientadas las fracturas.

Lo anterior queda ilustrado a través de las Figuras 5.1 y 5.2, donde se puede observar como la continuidad hidráulica lateral de una UH se ve alterada, debido a la presencia de fallas verticales (normales o inversas) u horizontales.

Finalmente, de acuerdo con la estratigrafía, geología estructural e hidrogeología de la región, la Sierra de Parras puede ser considerada como un bloque hidrogeológico con funcionamiento y evolución propios, el cual se encuentra dividido en dos zonas principales:

- **Zona Occidental**

Esta, se localiza en la porción occidental de la sierra de parras, justo entre las localidades de Santa Barbara y Parras; al poniente se encuentra delimitada por la Falla Caballo, mientras que al oriente está limitada por los sistemas de fallas SFP y SFDLF. En esta zona las estructuras buzcan hacia el oriente.

- **Zona Oriental**

Esta, se localiza en la porción oriental de la sierra de parras, justo entre las localidades de Parras y San José Patagalana; al poniente se encuentra delimitada por los sistemas de fallas SFP y SFDLF, mientras que al oriente está limitada por el sistema de fallas La Presa, de desplazamiento sinistral. En este bloque las estructuras buzcan hacia el poniente.

Como se puede observar, en ambas zonas las estructuras buzcan hacia la parte central de la sierra, donde se localizan los sistemas de fallas SFP y SFDLF, los cuales a su vez, al estar orientados hacia la localidad de Parras provocan que el agua subterránea cambie su trayectoria de flujo y confluya hacia dicho poblado, manifestándose a manera de manantiales (Figuras 5.1 y 5.2).

Desde hace mucho tiempo, estos manantiales han sido aprovechados por los habitantes de la localidad de Parras, a manera de galerías filtrantes; obras que localmente reciben el nombre de "tajos".

A continuación se destacan los "tajos" visitados (de oriente a poniente) durante los trabajos de campo, así como sus caudales aforados:

Nombre del Tajo:	Caudal (lps)
Olvera	11
Zapata (Estanque Zapata)	275
Guadalupe	10
"La Zorra" (Calle Vicente Guerrero)	38
San Rafael (Tanque No.4, de SIMAS),	30
Las Pilas	5
Baños del Centenario	86
Baños de Villareal	50
Lobatón (Estanque La Luz)	75
Perote (I y II)	10
TOTAL	590

Tabla 5.1 Galerías Filtrantes ("Tajos") Visitados en Campo

Ante la presencia de importantes volúmenes de agua, no es casual el hecho de que a la localidad de Parras de la Fuente se le denomine como "El oasis de Coahuila", donde prácticamente toda la población cuenta con cultivos de nogal.

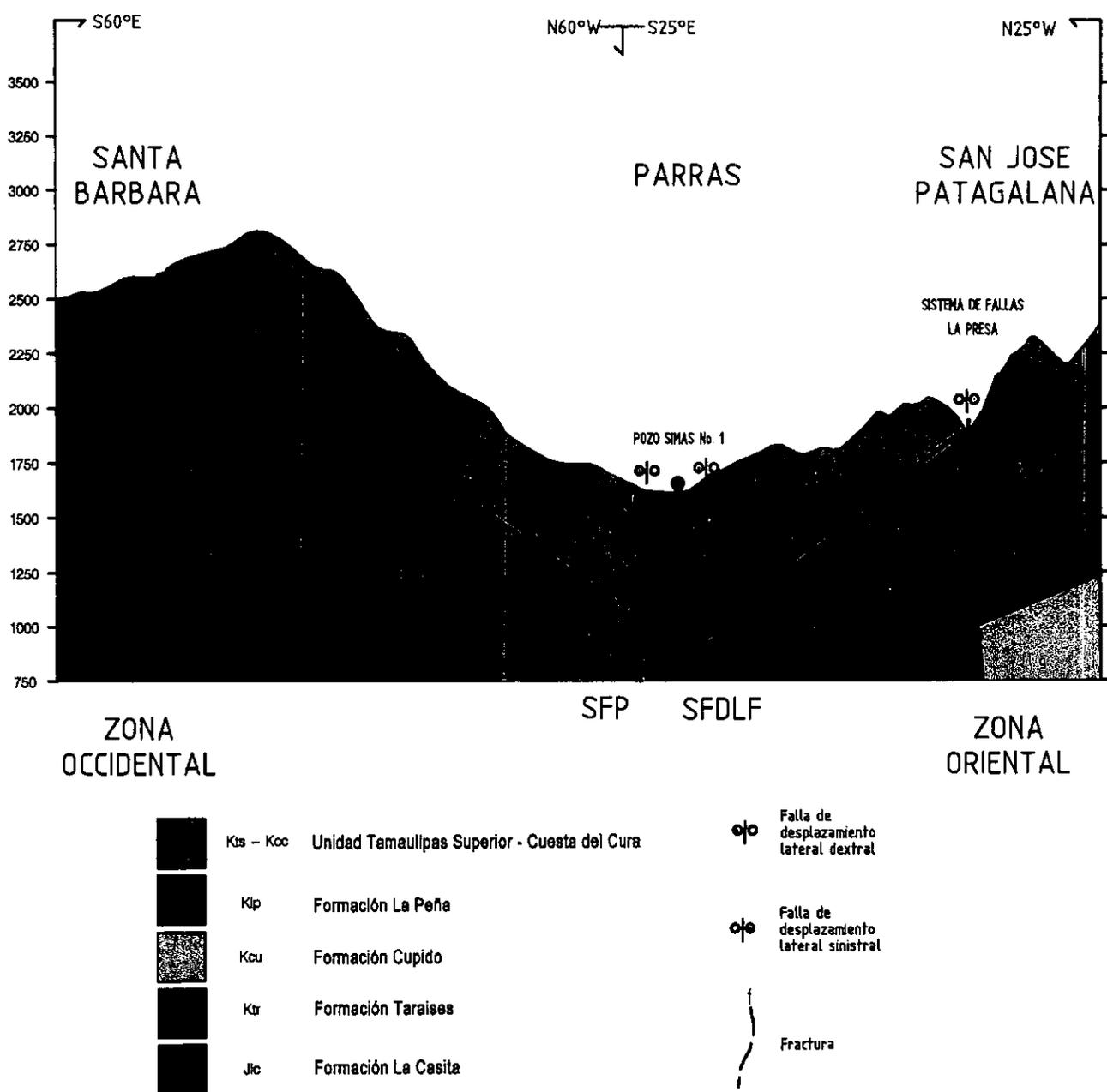
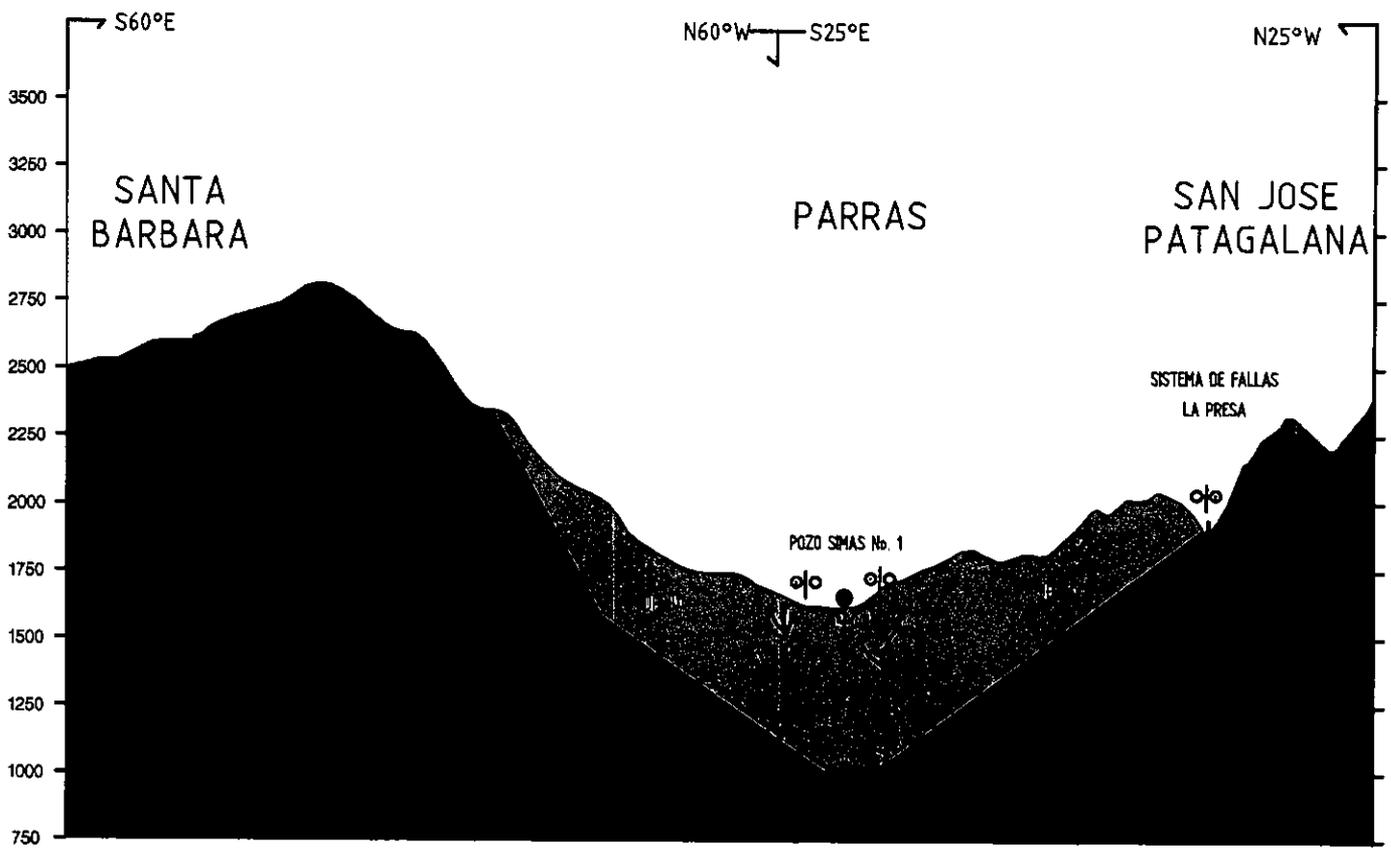


Figura 5.1 Sección Geológica Esquemática Regional



ZONA OCCIDENTAL

SFP

SFDLF

ZONA ORIENTAL

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">  UH IV Acuífero en calizas del Cretácico Superior. (Kt-Kcc y Ktrf)  UH V Materiales de muy baja permeabilidad. (Klp)  UH VI Acuífero en calizas del Cretácico Inferior. (Kcu y Kti)  UH VII Acuífero en rocas del Cretácico y Jurásico. (Ktr y Jlc) | <ul style="list-style-type: none">  Falla de desplazamiento lateral dextral  Falla de desplazamiento lateral sinistral  Fractura  Dirección preferencial del flujo subterráneo |
|--|--|

FIGURA 5.2 Sección Hidrogeológica Esquemática Regional

5.4 Modelo Conceptual de Funcionamiento Hidrogeológico Regional

De acuerdo con lo hasta ahora expuesto en el presente capítulo, las rocas que afloran en la Sierra de Parras se agruparon dentro de 9 Unidades Hidrogeológicas (UH), de las cuales, tres de ellas constituyen los principales acuíferos del área (UH: IV, VI y VIII).

Estas UH se encuentran afectadas por un estilo de deformación de tipo compresivo, el cual conformó una serie de pliegues anticlinales y sinclinales; generalmente, entre las crestas de dos anticlinales se desarrolla un Sistema hidrogeológico (SH), delimitado por los flancos de dichas estructuras.

Los anticlinales conformados por rocas calizas actúan como zonas de recarga, donde el agua infiltrada fluye hacia los flancos de la estructura, convergiendo hacia el núcleo de los sinclinales, donde se encuentran desarrollados los diferentes SH.

La dirección de flujo del agua infiltrada en las rocas permeables es paralela a los ejes de las estructuras; en cambio, el agua precipitada en las rocas de permeabilidad baja tiende a escurrir hacia los valles intermontanos, en donde continua fluyendo a través de los materiales aluviales, teniendo como destino final el Valle de Parras.

Debido al carácter doblemente buzante de algunos sinclinales, el agua de las unidades acuíferas (UH: IV, VI y VIII) se mueve de tal manera que el flujo subterráneo converge hacia la parte central de la Sierra de Parras.

En la zona meridional del poblado de Parras, la presencia de los sistemas de fallas SFP y SFDLF, cuya orientación es casi perpendicular a las estructuras, hace que el agua encuentre una salida hacia el Valle de Parras, recargando al acuífero granular (UH I) desarrollado en los materiales aluviales.

Es importante mencionar que no en todos los casos las fracturas o fallas funcionan como conductos al paso del agua, ya que esto dependerá de las características que presente dicho fracturamiento, tales como: intensidad, apertura, intercomunicación, tipo de relleno, etc.

La presencia de los sistemas de fallas SFP y SFDLF provocan que las rocas menos permeables permitan el paso del agua, tal y como ocurre con las lutitas de las formaciones Parras e Indidura (UH III); esto, gracias a que dichos sistemas de fallas se encuentran asociados con un fracturamiento secundario intenso, el cual en muchos de los casos se encuentra abierto.

Sólo bajo estas condiciones especiales, el agua puede circular a través de estas rocas de permeabilidad baja, permitiendo la comunicación hidráulica entre los sistemas acuíferos adyacentes; esto hace posible que agua del Sistema Taraises pase hacia el Sistema Santa Barbara, y de ahí descargue hacia la localidad de Parras a manera de manantiales (explotados a manera de "tajos").

De esta manera, el acuífero granular ubicado en el Valle de Parras es recargado por las salidas horizontales de los "tajos" y por la escasa infiltración del agua de lluvia.

En la figura 5.3 se ilustra el funcionamiento de los dos sistemas de falla y el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico de la Sierra de Parras:

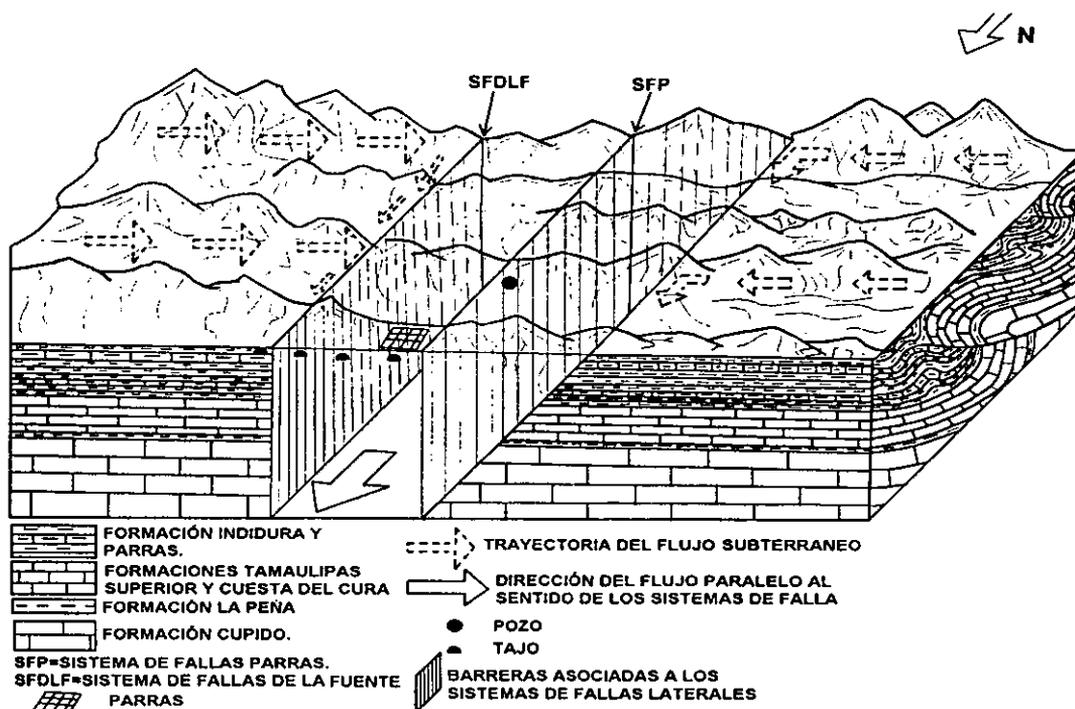


Figura 5.3 Modelo Conceptual de Funcionamiento Hidrogeológico

Se considera que los acuíferos en calizas (UH: IV, VI y VIII) ubicados en la Sierra de Parras recargan el acuífero granular (UH I) ubicado en el valle, con lo cual un incremento en la extracción de agua en las calizas se reflejará con una disminución de la recarga de la sierra hacia el valle.

Todo lo anterior permite concluir que los acuíferos desarrollados en la Sierra de Parras son de carácter local, en donde las zonas de recarga están próximas a las zonas de descarga.

5.5 Análisis de la Precipitación en la Zona de Parras.

Con el propósito de contar con más elementos de análisis sobre las causas que han originado la disminución de los caudales en la zona de Parras, se recopiló y graficó la información generada en la estación climatológica de Parras, referente a la precipitación.

Los datos consultados abarcan un periodo comprendido desde 1961 hasta 1999, los cuales aparecen relacionados en la tabla 5.1, en tanto que su representación gráfica se muestra en las Figuras 5.4 y 5.5.

La Figura 5.4 muestra que la precipitación total entre 1961 y 1990 se mantuvo sobre la media anual (362.1 mm al año), con algunos periodos por debajo de la misma.

A partir de 1991 la precipitación ha disminuido de manera considerable por debajo de la media, excepto en 1997 cuando su valor llegó casi a los 450 mm/año; este ligero incremento fue causado por el paso del Huracán Paulina.

Después de ese año, la precipitación nuevamente ha disminuido hasta ser del orden de los 150 mm/año (Figura 5.5).

Para complementar lo mostrado en las dos figuras anteriores, se elaboraron gráficas de "Índice de humedad" (Figuras 5.6 y 5.7), en las cuales, para cada año se efectúa el cociente entre la precipitación total anual (numerador) y la precipitación media anual de la estación (denominador).

En un **año típico** llueve un volumen similar a la media, entonces, su índice tiene un valor igual o muy próximo a "1"; en un **año seco** su índice presenta valores menores de "1" y en un **año húmedo** valores superiores a "1".

Entre más lluvioso sea el año, más grande será el "Índice de humedad", de tal forma que un año en el que llueva el doble de la media tendrá un valor de "2", y un año en el que llueva el 50% de la media, tendrá un valor de "0.5".

De esta manera se pudo concluir que en la última década llovió hasta un 60% menos de la media anual; como es lógico pensar, esta disminución en la precipitación tiene una influencia total en la cantidad de agua que se recarga a los acuíferos, manifestandose mediante una disminución en los caudales de los "tajos".

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1961	18.7	6.4	2.4	9.8	8.1	92.9	85.1	19.6	21.0	7.0	0.4	2.0	273.4
1962	0.5	4.6	0.0	4.6	2.4	15.6	71.2	21.9	88.8	26.4	0.7	28.5	265.2
1963	1.6	1.0	---	10.7	56.1	88.4	57.7	27.7	81.7	1.6	10.9	30.9	368.3
1964	1.9	9.7	3.2	1.0	45.5	23.1	11.6	44.5	88.5	2.5	54.2	9.0	294.7
1965	17.3	17.8	---	1.5	13.0	47.3	39.0	100.6	58.2	0.1	17.6	78.0	390.4
1966	37.3	7.6	0.0	7.8	77.5	45.1	21.6	110.3	52.9	4.7	0.0	23.9	388.7
1967	16.9	3.6	58.2	1.3	1.5	17.0	97.1	253.6	76.6	37.7	0.0	23.2	586.7
1968	16.2	27.8	55.5	7.3	10.7	41.3	82.3	167.0	145.1	3.4	9.5	34.5	600.6
1969	1.6	5.8	0.0	0.0	6.2	32.7	48.7	12.3	20.2	28.7	24.0	10.6	190.8
1970	43.2	27.5	1.3	0.0	32.8	52.1	32.7	25.2	86.2	3.1	0.0	---	304.1
1971	11.5	0.0	0.3	0.0	48.7	110.2	62.6	120.0	94.6	106.7	0.0	5.1	559.7
1972	5.6	2.7	1.9	5.1	45.9	83.1	33.0	84.3	60.7	5.0	31.0	2.0	360.3
1973	14.7	25.7	2.6	5.6	23.3	52.5	35.0	191.0	152.7	47.2	0.0	4.3	554.6
1974	8.7	0.0	11.0	1.6	8.0	3.1	46.1	69.9	48.2	8.3	0.7	30.4	236.0
1975	2.5	4.5	0.0	0.0	7.8	7.6	94.8	90.7	0.9	26.3	0.0	29.7	264.8
1976	0.1	0.0	0.0	23.1	24.3	18.4	266.6	23.4	104.2	32.9	125.4	29.6	648.0
1977	23.4	---	0.0	23.8	43.6	25.8	34.0	35.9	72.7	28.7	0.2	0.3	288.4
1978	8.8	4.9	11.0	1.2	62.9	68.7	102.8	119.7	178.5	22.4	1.4	6.9	589.2
1979	7.2	8.8	4.0	8.8	17.4	65.4	17.4	62.7	6.2	0.0	12.9	42.4	253.2
1980	8.5	25.9	---	16.6	1.0	0.8	18.6	46.6	52.9	68.9	26.9	1.9	268.6
1981	75.2	2.3	8.4	60.4	67.3	61.8	37.9	5.1	35.6	106.3	0.0	7.9	468.2
1982	0.7	1.8	0.0	26.1	19.4	26.3	60.1	28.1	28.1	2.0	85.7	20.6	298.9
1983	21.8	8.6	2.2	0.0	86.4	23.1	25.9	84.4	51.3	1.9	0.2	0.2	306.0
1984	81.2	3.8	0.0	0.0	55.6	33.5	58.1	42.9	21.6	9.5	7.2	29.7	343.1
1985	42.8	0.6	0.0	52.0	44.3	80.9	65.9	11.0	18.5	53.7	16.2	4.5	390.4
1986	7.7	8.6	0.0	14.5	30.7	158.9	109.9	32.4	97.2	0.0	0.0	0.0	459.9
1987	---	79.3	---	28.7	37.6	15.3	90.5	145.5	117.2	1.0	5.5	10.0	530.6
1988	---	---	4.0	29.0	18.0	29.1	128.1	75.9	106.8	---	---	8.0	398.9
1989	---	3.0	---	3.0	45.0	36.0	22.0	73.5	37.0	13.7	64.5	30.5	328.2
1990	11.5	4.5	2.5	0.0	47.9	47.0	152.0	108.0	137.0	69.0	0.0	0.0	579.4
1991	---	16.0	0.0	0.0	---	14.0	127.4	67.0	83.5	9.6	---	40.7	358.2
1992	24.3	13.9	14.5	19.3	48.2	10.3	43.0	30.4	22.0	8.4	16.1	26.5	276.9
1993	3.5	0.0	---	---	10.0	77.8	68.9	77.1	55.4	3.9	16.3	---	312.9
1994	20.5	0.0	14.7	---	25.2	34.3	43.3	62.7	19.2	14.0	---	35.0	268.9
1995	0.5	4.0	0.0	0.0	12.7	28.5	---	46.0	9.7	11.0	1.5	5.0	118.9
1996	5.8	1.0	---	---	29.7	39.0	68.2	54.0	11.5	42.0	13.3	---	264.5
1997	15.3	12.0	48.1	32.5	19.5	78.0	69.3	15.0	125.5	14.0	9.1	9.0	447.3
1998	0.0	0.0	0.0	1.0	1.5	14.5	36.2	51.0	30.1	8.5	5.5	0.0	148.3
1999	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	69.0	31.5	25.0	5.0	0.0	0.0	4.0	137.0
Prom.	14.3	8.8	6.4	10.2	29.1	45.3	64.0	68.2	64.2	21.3	14.3	16.0	362.1

Tabla 5.2 Datos de Precipitación (Estación Climatológica de Parras)

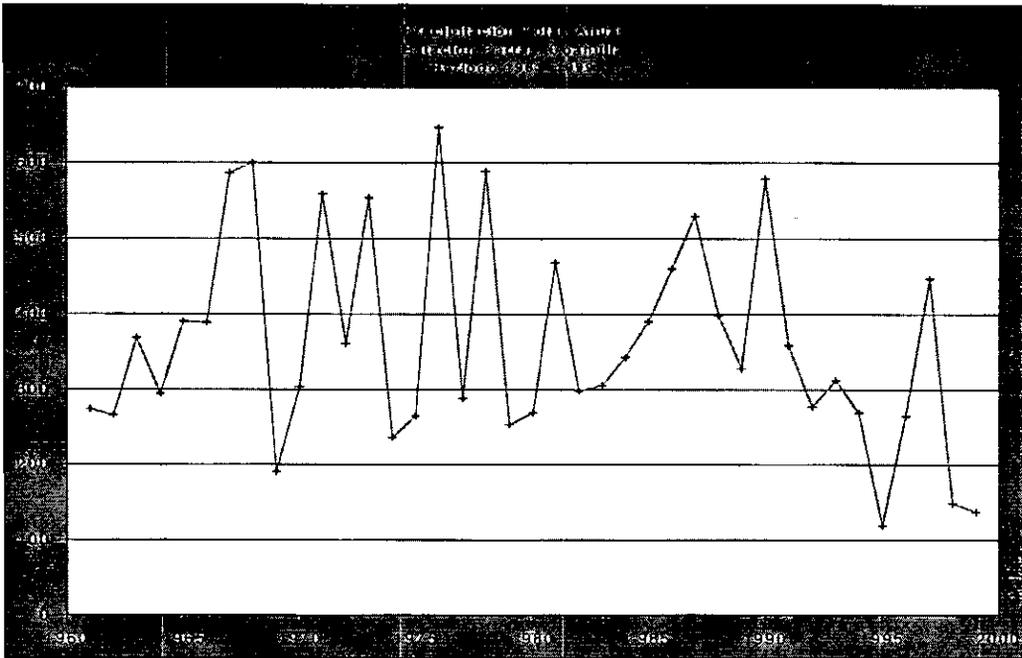


Figura 5.4 Precipitación Total Anual, Para el Período 1961-1999

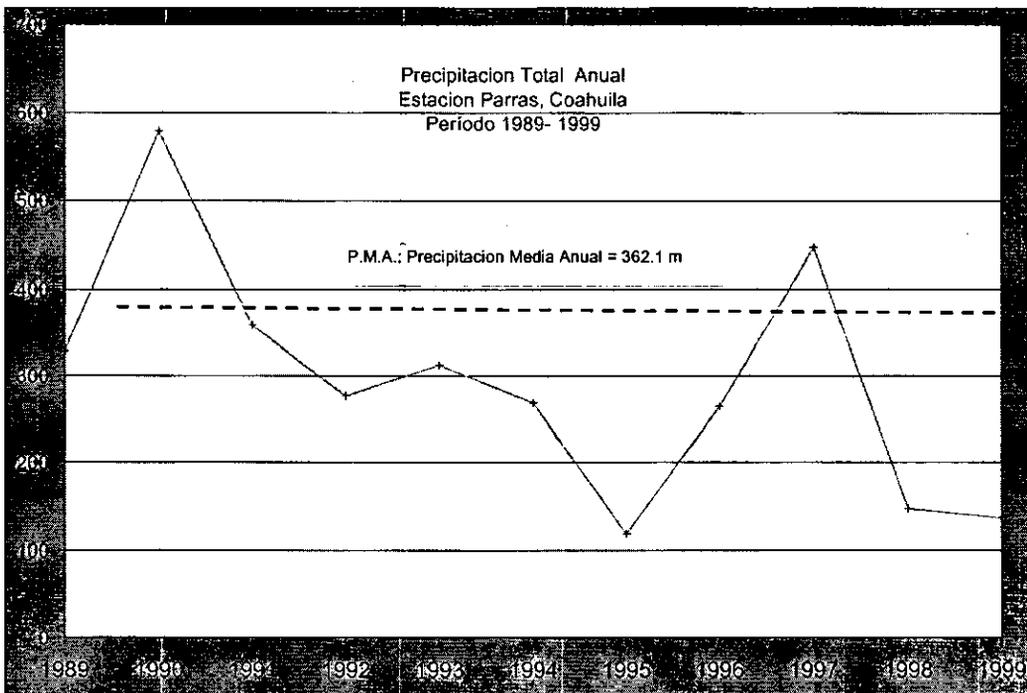


Figura 5.5 Precipitación Total Anual, Para el Período 1989-1999

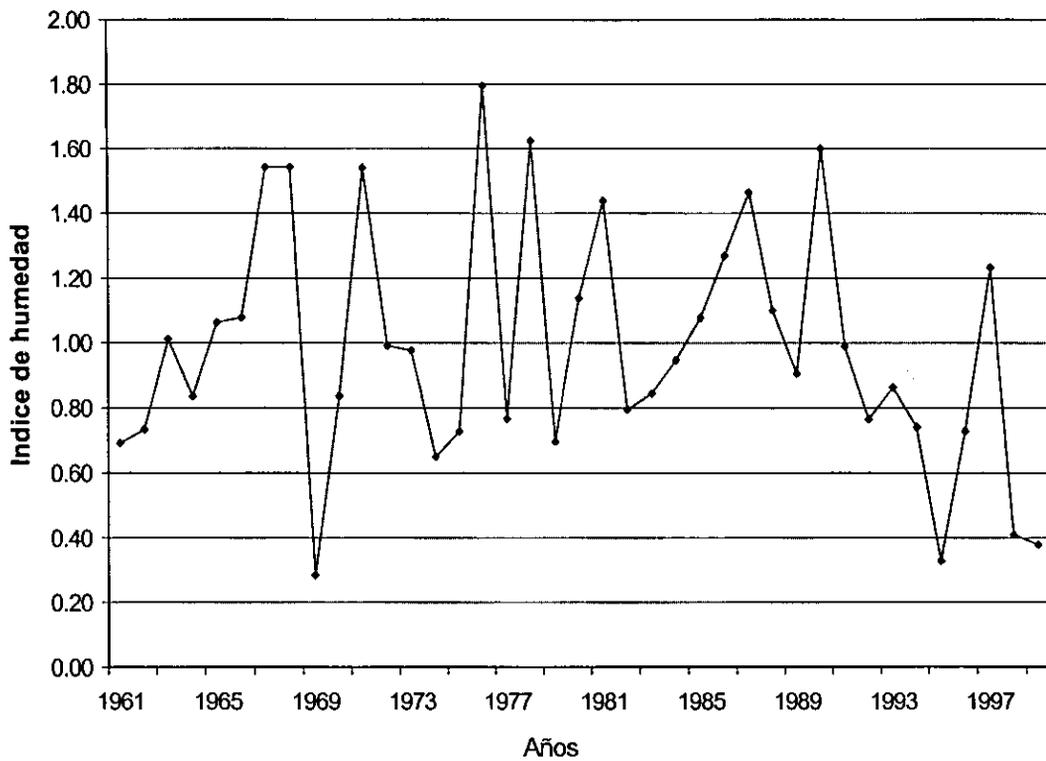


Figura 5.6 Índice de Humedad, Para el Período 1961-1999

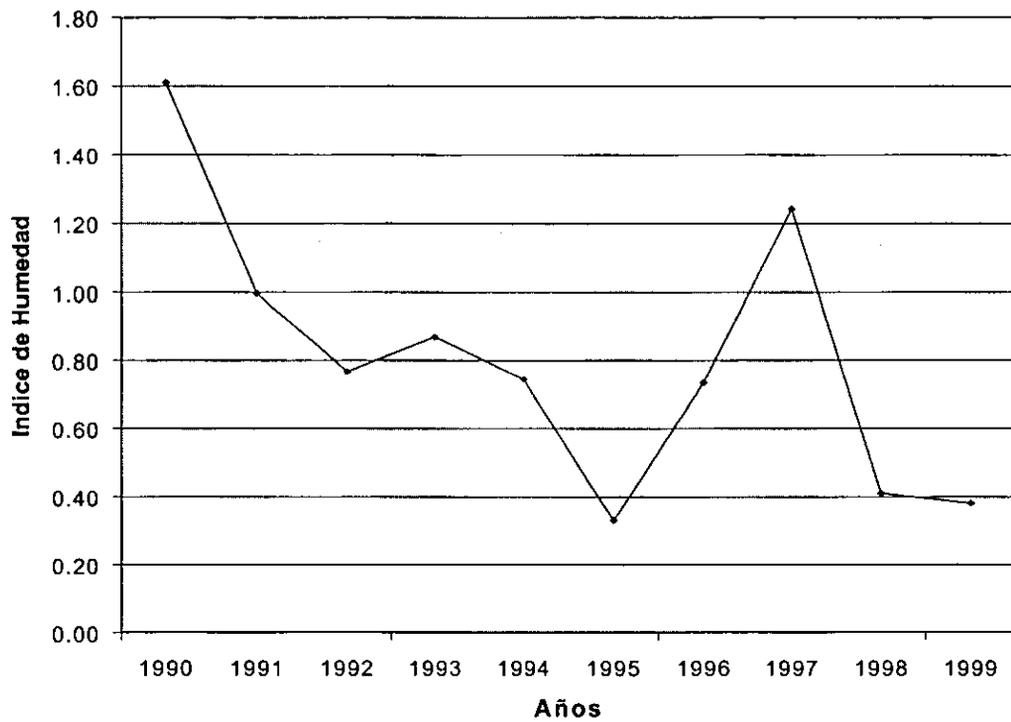


Figura 5.7 Índice de Humedad, Para el Período 1989-1999

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. La Sierra de Parras se encuentra comprendida dentro de la provincia fisiográfica denominada "Sector Transversal" de la Sierra Madre Oriental, la cual presenta una orientación NW 70° SE.
2. La geomorfología de la región es un reflejo directo de los procesos tectónicos (endógenos) y erosivos (exógenos), los cuales modelan el paisaje e imprimen un carácter morfológico distintivo; en la zona de Parras se identifican dos unidades geomorfológicas principales: las sierras y los valles.
3. Las rocas que conforman la columna estratigráfica del área de estudio pertenecen al paleoelemento geográfico denominado *Mar Mexicano*, cuyo rango de edad varía del Jurásico superior al Cretácico superior.
4. Se cartografió un total de 13 unidades litoestratigráficas, las cuales se encuentran distribuidas (desde la más antigua hasta la más joven) de la manera siguiente:
 - Sistema Jurásico: formaciones Zuloaga, La Gloria y La Casita.
 - Sistema Cretácico: formaciones Taraises, Tamaulipas Inferior, Cupido, La Peña, Treviño, Tamaulipas Superior, Cuesta del Cura, Indidura y Parras.
 - Cenozoico (Oligoceno-Mioceno): formación Ahuichila.
 - Cuaternario: terrazas continentales, depósitos de talud y aluvión.
5. De acuerdo con la geología histórica del área, la paleogeografía del Jurásico superior (Oxfordiano) estaba dominada por los siguientes paleoelementos: la Cuenca de Chihuahua, la Península de Coahuila (posteriormente, Isla de Coahuila), el Golfo de Sabinas y la Península de Tamaulipas.

6. Al iniciar el Cenozoico, la Orogenia Laramide provocó que la carpeta sedimentaria mesozoica sufriera una deformación intensa debida a esfuerzos compresivos (provenientes desde el SW y orientados hacia el NE), los cuales actuaron casi perpendicularmente a la Isla de Coahuila, quien se comportó como un contrafuerte estructural ante los esfuerzos a que fué sujeta.
7. Como resultado de este evento orogénico se configuró una serie de pliegues (anticlinales y sinclinales), cuyos planos axiales se encuentran orientados en una dirección preferencial NW 68° SE; de acuerdo con su ángulo de buzamiento, los pliegues varían de verticales a recumbentes, con una vergencia hacia el N-NE.
8. Se considera que el estilo de deformación de la carpeta sedimentaria es el de "plegamiento por propagación de falla", propuesto por Suppe (1990).
9. El acortamiento de la columna sedimentaria es más intenso en el extremo occidental de la Sierra de Parras, que en el resto del área.
10. En la Sierra de la Peña, un conjunto de pliegues estrechos y alargados conforman al "Conjunto Estructural Mayrán"; el comportamiento geométrico de este elemento estructural está subordinado a un estilo de deformación de tipo "*decollement*", generalmente evidente en rocas de la Formación Treviño, y cuyo punto de despegue ocurrió a nivel de los yesos de la Formación Acatita.
11. De acuerdo con Eguluz de Antuñano, S. (1984), en la parte norte de nuestro país existen 3 sistemas de fallas transcurrentes: la Falla Caballo, la Falla de Almagre y la Falla de Juárez; los cuales se encuentran orientados en una dirección casi N-S y cuyo origen ocurrió durante el período Oligoceno-Mioceno.
12. En el área de estudio, la presencia de la Falla Caballo provocó la yuxtaposición de las facies de la *Plataforma de Coahuila* (que afloran en la Sierra de La Peña) a las facies de la *Cuenca del Mar Mexicano* (que afloran en la Sierra de Parras).

13. Se realizó un levantamiento geológico-estructural de semidetalle en la zona meridional del poblado de Parras; para lo cual se visitó un total de 125 puntos de verificación, divididos en tres líneas de sección (I-I', II-II' y III-III') y en donde se midieron 618 datos estructurales.
14. En la parte media de la Sierra de Parras se detectaron 2 sistemas de fallamiento lateral dextral (SFP y SFDLF) orientados en dirección NE 10°-18° SW, N-S y NW 12° SE; estas estructuras juegan un papel fundamental en el funcionamiento hidrogeológico regional, ya que derivan el agua almacenada en los acuíferos localizados inmediatamente al sur de la localidad de Parras.
15. La dirección del flujo subterráneo es paralela a los ejes de las estructuras (orientadas en sentido NW-SE), de tal forma que en el núcleo de los sinclinales se desarrollan los principales acuíferos del área.
16. El análisis hidrogeológico de las rocas presentes en la Sierra de Parras permitió diferenciarlas y clasificarlas de acuerdo a su capacidad de admitir, almacenar y transmitir el agua, de tal forma que las unidades litológicas de la región se agruparon en 9 Unidades Hidrogeológicas (UH), de las cuales, 3 de ellas constituyen los principales acuíferos del área (UH: IV, VI y VIII).
17. Las UH se encuentran conformando Sistemas Hidrogeológicos (SH) de acuerdo a límites estratigráficos y arreglos estructurales, aunque de manera general, un SH queda definido estructuralmente al coincidir las porciones altas de las sierras (parteaguas) con la cresta de los anticlinales; los SH presentes en el área son: Santa Barbara, Taraises, La Prieta, El Puerco y Juan Pérez.
18. El modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico en la zona de Parras, está sustentado en la existencia de dos sistemas de fallas: SFP y SFDLF, los cuales provocan que unidades de permeabilidad baja permitan la comunicación hidráulica entre sistemas acuíferos.
19. El acuífero granular ubicado en el Valle de Parras es recargado por las salidas horizontales de los "tajos" y por la escasa infiltración del agua de lluvia.

20. Los acuíferos desarrollados en la Sierra de Parras son de carácter local.
21. De acuerdo con los datos de la estación climatológica de Parras: la evaporación potencial de la zona es casi seis veces mayor que la precipitación; además, en esta última década la región ha sufrido un largo período de sequía, razón por la cual no ha existido una recarga adecuada hacia los sistemas acuíferos presentes en la Sierra de Parras.
22. El análisis del "Índice de Humedad" en estos diez últimos permite concluir que la precipitación presenta una franca tendencia a disminuir, con la excepción del año de 1997 cuando se tuvieron precipitaciones extraordinarias debidas al huracán Paulina.
23. La disminución en los caudales de los "tajos" es provocada en gran parte por el déficit en la recarga de los sistemas acuíferos locales, y en menor proporción por la implantación de regímenes de bombeo constante en el pozo SIMAS No.1, establecidos por el sistema operador de agua potable.

6.2 Recomendaciones

Realizar actividades complementarias que conduzcan a un mejor conocimiento de los sistemas acuíferos locales, así como la evaluación y optimización de los recursos hídricos subterráneos.

Las actividades propuestas para dicho efecto son las siguientes:

1. Efectuar pruebas de bombeo en las obras ubicadas en la zona de influencia de los sistemas de fallas SFP y SFDF, con el propósito de determinar las características hidrodinámicas del acuífero.
2. Diseñar una "red de pozos piloto" para monitorear los niveles piezométricos de forma periódica y conocer su evolución a través del tiempo, logrando identificar además los gradientes hidráulicos y las principales direcciones de flujo.
3. Nivelar topográficamente los brocales de las obras que se hayan seleccionado para integrar la red de monitoreo piezométrico.
4. Realizar un muestreo hidrogeoquímico en las obras antes mencionadas y en las galerías filtrantes ("tajos") más importantes de la localidad de Parras.
5. En la zona de influencia de los sistemas de falla SFP y SFDF, construir presas y bordos que ayuden a recargar los acuíferos presentes en la sierra; estas obras de ingeniería retienen el agua que escurre superficialmente y favorecen la infiltración a través de las fracturas.
6. Instalar 2 o 3 estaciones hidrométricas en lugares estratégicos para cuantificar los volúmenes de agua precipitados y conocer con mayor precisión la distribución de las isoyetas.

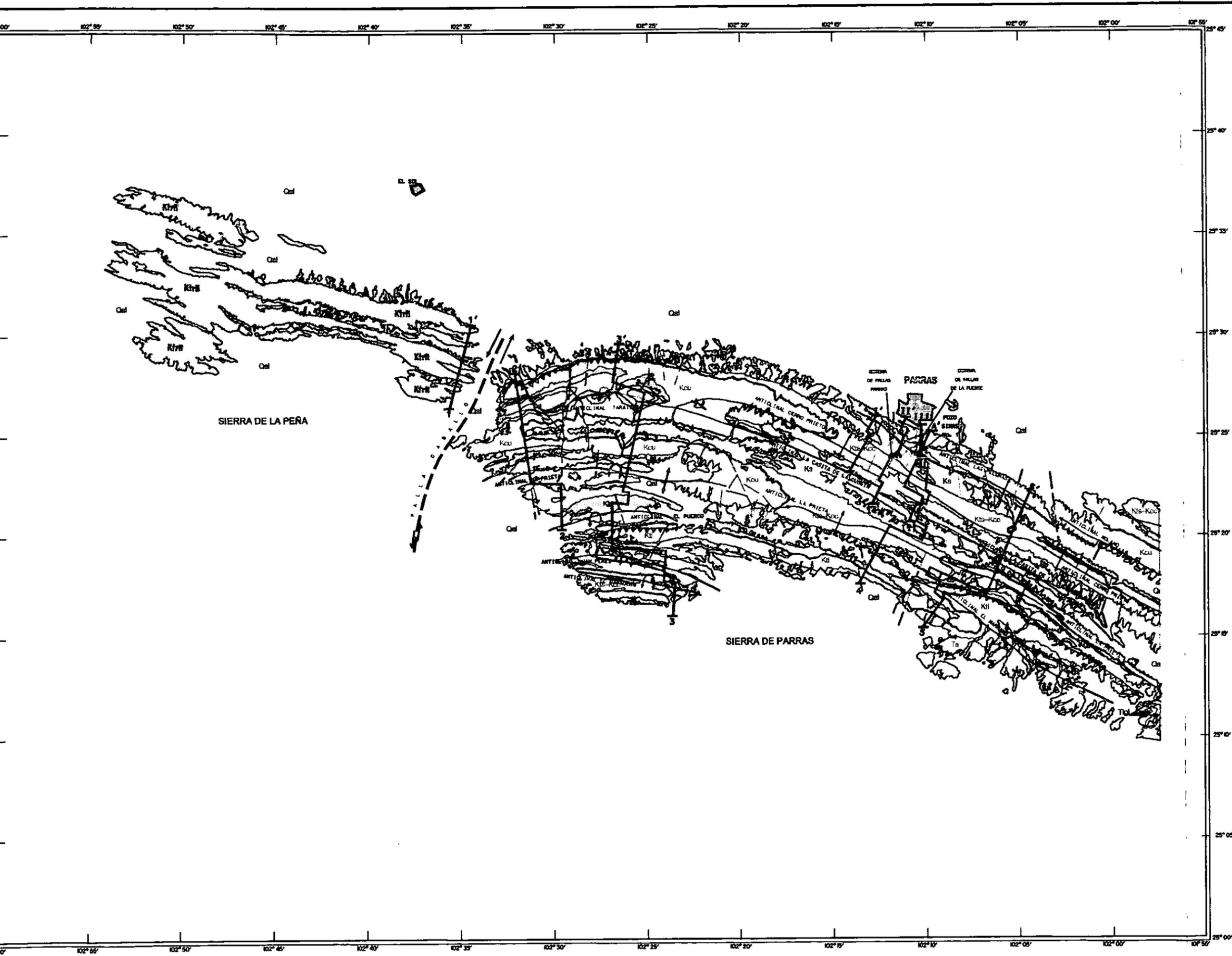
BIBLIOGRAFIA

1. Anderson, H.T. and Schmidt, 1983. The Evolution of Middle America and the Gulf of México-Caribbean sea region during Mesozoic time. Geological Society American Bulletin, vol. 94, p. 941-966.
2. Atwater, Tanya., 1970. Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 81, p. 3513-3536.
3. Böse, Emil, 1906. Excursions dans les environs de Saltillo et Monterrey. 10 eme Congr. Geol. Inter. Livre Guide No. XXIX (Excursion du Nord) 17 pages, 1 carte, 2 figs.
4. Böse, Emil, 1923. Vestiges of an ancient continent in northeast México. Amer. Jour. Sci. 5th. Ser., vol. 6, p. 127-136, 194-214 y 310-337.
5. Böse, Emil, 1923. Algunas faunas cretácicas de zacatecas, Durango y Guerrero. Instituto de Geología, UNAM, México, Bol. 42, p. 219.
6. Bullard, E.C.; Everett, J.E. and Smith, A.G., 1965. The fit of the continents around the Atlantic. Royal Soc. London, Phil. Trans., ser. A., vol. 258, p. 41-51.
7. Burckhardt, C., 1906. La Faune Jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles de Crétacéé Inférieur. Instituto de Geología de la UNAM, México, Bol. 23.
8. Burckhardt, C., 1930. Étude synthétique sur le Mesozoïque Mexicain. Memoires de la Societe Paléontologique Suisse, vol. 49-50, p. 1-280.
9. Coney, P.J. and Reynolds, S.J., 1977. Cordilleran Benioff Zones. Nature vol. 270, p. 403-406.
10. Coney, P.J., 1978. Mesozoic-Cenozoic Cordilleran Plate Tectonics. Geol. Soc. Amer. Bull., Mem. 152, p. 33-50.
11. Charleston, S., 1973. Stratigraphy, tectonics and hidrocarbon potential of the Lower Cretaceous, Coahuila, México. Ph. D. Thesis, University of Michigan, p. 1-268.
12. Dahlem, F.A.; Suppe, J. and Davis, D.M., 1984. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges – Cohesive Coulomb Theory. Journal of Geophysical Research, vol. 89, p. 10, 087-10, 101.
13. Davis, D.M.; Suppe, J. and Dahlem, F.A., 1983. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges. Journal of Geophysical Research, vol. 88, p. 1, 153-1, 172.
14. Davis, D.M. and Engelder, T., 1985. The role of salt in fold-and-thrust belts. Tectonophysics, vol. 119, p. 67-88.
15. De Cserna, Zoltan, 1956. Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey, México. XX Congreso Geológico Internacional, p. 1-87.

16. Denison, R.E.; Burke, W.H. and Hetherington, E.A., 1971. Basement rock framework of parts of Texas, southern New Mexico and northern México. Geologic framework of the Chihuahua tectonic belt midland. West Texas Geol. Society, p. 3-14.
17. Dewey & Bird, 1970. Mountain belts and the new global tectonics. Journal of Geophysical Research, vol. 75 (1), p. 70-83.
18. Dickinson, W.R., 1979. Cenozoic plate tectonics setting of the Cordilleran region in the United States. Pacific Coast Paleogeography Symposium 3. Soc. Econ. Paleont and Miner. , p. 1-13.
19. Eguiluz de Antuñano, Samuel, 1984. Tectónica Cenozoica del Norte de México. Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol. vol. XXXVI, No.1, p. 43-62.
20. Eguiluz de Antuñano, S.; Aranda García, Mario y Randall Marrett, 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental. Bol. Soc. Geól. Mex., vol. LIII (2000), p. 1-26.
21. Flawn, P.T. and Díaz, G.T., 1959. Problems of Paleozoics tectonics in North Central and Northeastern of Mexico. Amer. Assoc. Petroleum Geologist Bull., vol. 93, No.1.
22. García Romero, G., 1973. Modelo sedimentario del Albiano-Cenomaniano en la porción sureste de la Plataforma de Coahuila (Prospecto Parras, Estado de Coahuila). Bol. Asoc. Mex. Geól. Petrol. vol. XXV, No.7-9, p. 311-342.
23. Gonzalez García, Raúl, 1976. Bosquejo Geológico de la Zona Noreste. III Simposium de Geología del Subsuelo. Petróleos Mexicanos - Gerencia de Exploración. Reynosa, Tamps (Mayo de 1976), p. 5-30.
24. GYMSA, 1986. Estudio geológico-petrolero de detalle estructural, Prospecto Huariche, Estados de Coahuila y Zacatecas. Informe NE-M-2116 (Inédito).
25. Humphrey, W.E., 1949. Geology of the Sierra de los Muertos and Paleontology of La Peña formation, México. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 60, p. 89-176.
26. Humphrey, W.E., 1956. Tectonic framework of northeast México. Gulf Coast Assoc. of Geological Societies Transactions., vol. 6, p. 25-35.
27. Imlay, Ralph W., 1936. Geology of the western part of Sierra de Parras, Coahuila, México. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 47, p. 1091-1152, 10 plates, 3 figures.
28. Imlay, Ralph W., 1937. Geology of the middle part of Sierra de Parras, Coahuila, México. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 48, p. 587-630, 14 plates, 4 figures.
29. Imlay, Ralph W., 1938. Ammonites of the Taraises formation of northern México. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 49, p. 539-602, 15 plates, 4 figures.
30. Imlay, Ralph W., 1943. Jurassic formations of the Gulf Region. Amer. Assoc. Petroleum Geologist Bull., vol. 27, p. 1407-1533.

31. Jamison, William R., 1987. Geometric analysis of fold development in overthrust terranes. *Journal of Structural Geology* (printed in Great Br.), vol. 9, No. 2, p. 207-219.
32. Jones, T.S., 1938. Geology of the Sierra de La Peña and paleontology of the Indidura Formation. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 49, p. 69-150.
33. Keller, G.R. and Cebull, S.E., 1973. Tectonics and the Ouachita system in Texas, Oklahoma and Arkansas. *Geological Society of America Bull.*, vol. 84, No.5, p. 1659-1666.
34. Kellum, L.B., 1930. Similarity of surface geology in front range of Sierra Madre Oriental to subsurface in Mexican south fields. *Amer. Assoc. Petroleum Geologist Bull.*, vol. 30.
35. Kellum, L.B.; Imlay, R.W. and Kane, W.G. 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, México. Part I: Relation of structures, stratigraphy and igneous activity to an early continental margin. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 47, p. 969-1008.
36. Kelly, W.A., 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, México. Part II: Geology of the mountains bordering the valleys of Acatita and Las Delicias. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 47, p.1009-1038.
37. King, E.R., 1934. The Permian of Southwestern Coahuila, México. *American Journal of Sciences*. 5th Serie, Vol. 27, p. 28-112.
38. Morán Zenteno, Dante, et al., 1984. *Geología de la República Mexicana INEGI-UNAM Facultad de Ingeniería, México; 2^a. Edición.*
39. Muir, John, 1936. *Geology of Tampico Region. Amer. Assoc. Petroleum Geologist Memoir; Tulsa, Oklahoma, USA.*
40. Raisz, Erwin , 1964. *Landforms of Mexico. Cambridge, Mass., Mapa con texto, escala 1:3 000 000.*
41. Rogers, C.L., et al., 1957. Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del Distrito de Concepción del Oro, Edo. de Zacatecas. Instituto Nal. para la Investigación de Recursos Minerales.
42. Rogers, Cleaves L.; De Cserna, Zoltan; Van Uloten, R.; Tavera-Amezcuca, E. y Ojeda-Rivera, J., 1961. Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, México. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Boletín 56, p. 1-322.
43. Smith, C.I., 1970. Lower Cretaceous Stratigraphy, Northern Coahuila, México. Bureau of Economic Geology, Report of Investigation. No.65, p.1-101.
44. Stephenson, L.W., 1921. Geologic work for the Mexican gulf oil Co. Private report (in Muir, 1936, p. 23 footpage).

45. Suppe, John and Medwedeff, Donald A., 1984. Fault-propagation folding. Geol. Soc. Amer, 1984 Ann. Mtg. Prog. With Abs., vol. 16, p.670.
46. Tardy, Marc, 1972. Sobre la estratigrafía de la Sierra Madre Oriental en el sector de Parras, Coahuila, Distinción de las series Coahuilense y Parrense. Soc. Geol. Mexicana Bol. 33.2 (1972), p. 51-70.
47. Tardy, Marc; Sigal, J. y Glacon, G., 1974. Bosquejo sobre la estratigrafía y la paleogeografía de los flysch cretácicos del Sector Transversal de Parras, Sierra Madre Oriental. Instituto de Geología, UNAM. Serie de Divulgación No. 2.
48. Tardy, Marc, et al., 1976. Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental. La aloctonía del conjunto Cadena Alta - Altiplano Central, entre Torreón, Coah. y San Luis Potosí, S.L.P., México. Revista de Geología de la UNAM, No.1.
49. Wilson, et al., 1984. A field guide to Upper Jurassic and Lower Cretaceous carbonate platform and Basin System, Monterrey-Salttillo Area, Northeast of Mexico. Gulf Coast Section. Soc. Econ. Paleo. and Min. Foundation, Texas, U.S.A.



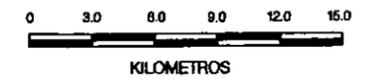
LEYENDA

- Qal Depósitos aluviales; constituidos por materiales limo - arcillosos y arenas.
- Qtc Fm. Mayrán; hacia la base está constituida por conglomerados, mientras que hacia la cima por calizas lagunares, capas de caliche y travertino; en conjunto forman mesetas y terrazas.
- Ta Fm. Ahuichila; secuencia de tobas ácidas, areniscas y conglomerados.
- Tlgl Terciario Igneo Intrusivo: Rocas intrusivas ácidas que afectan a rocas mesozoicas.
- Ks Agrupa a las formaciones Indidura (calcáreo - arcillosa) y Parras (lutitas y lutitas calcáreas).
- Ktrñ Fm. Treviño; calizas de plataforma, de estratificación gruesa a masiva, con abundante contenido de fósiles.
- Kts - Kcc Calizas de las formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura; en el campo no pudieron ser diferenciadas.
- Klp Fm. La Peña; calizas arcillosas y lutitas calcáreas, con intercalaciones de lutitas y limolitas.
- Kcu Fm. Cupido; calizas de estratificación delgada a media, depositadas en un ambiente de borde de plataforma.
- Kti Fm. Tamaulipas Inf.; calizas de estratificación gruesa a media, con presencia de estilolitas y lentes de pedernal.
- Ktr Fm. Taraises; calizas de estratificación delgada, calizas arcillosas y margas.
- Jlr Fm. La Casita; intercalaciones de areniscas, lutitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas.
- Jlg Fm. La Gloria; areniscas con intercalaciones de calizas, calizas arcillosas, dolomías y lutitas.
- Jz Fm. Zuloaga; calizas de estratificación media a gruesa con nódulos de pedernal negro, estilolitas y gasterópodos.

SIMBOLOGIA

- Poblaciones importantes
- Falla inversa
- Fracturas
- Falla de Desplazamiento Lateral
- Pliegue Anticlinal
- Pliegue Anticlinal Recumbente
- Secciones Geológicas Regionales
- Secciones Geológicas de Semidetalle

ESCALA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

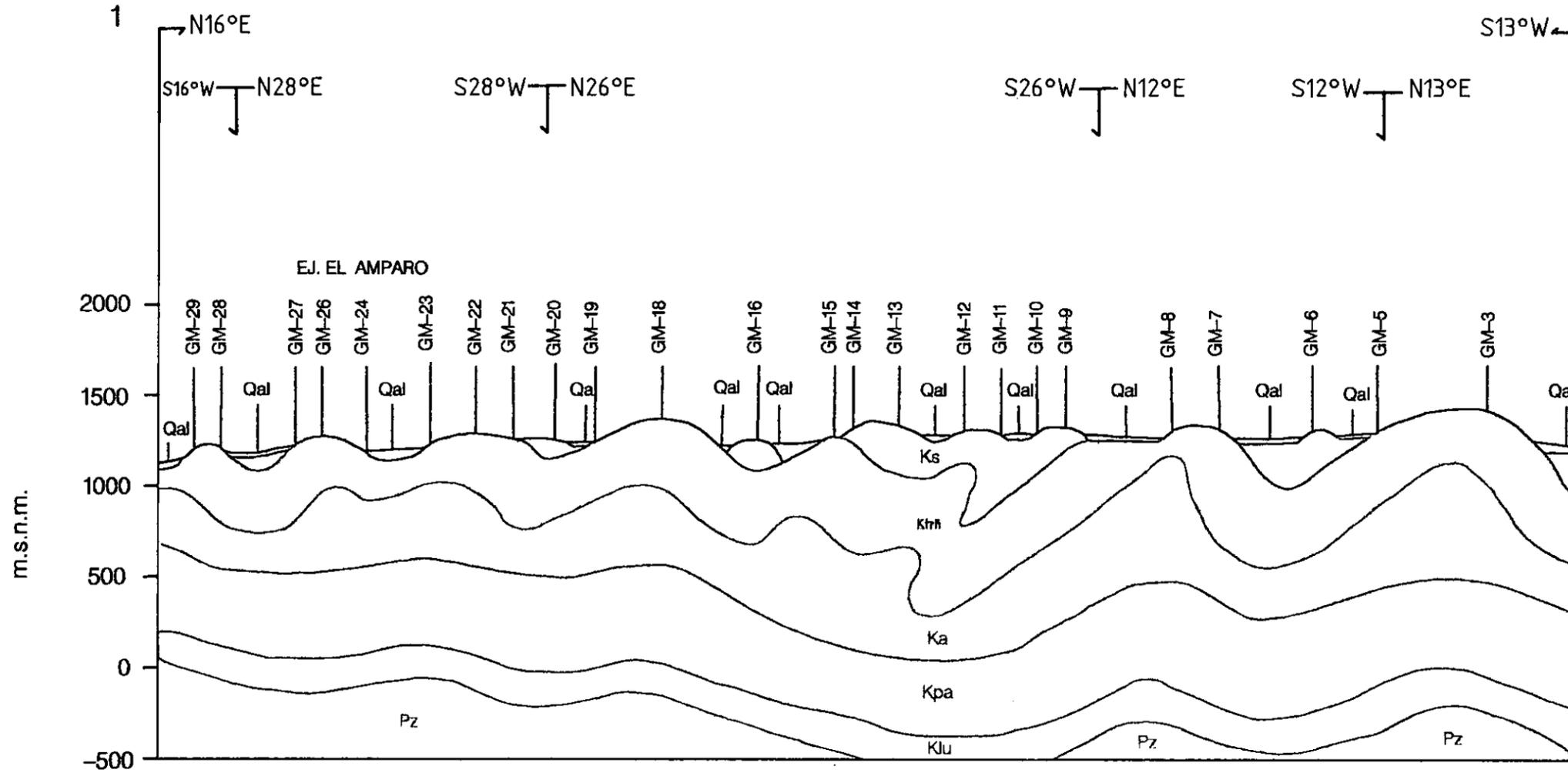
PLANO GEOLOGICO REGIONAL

VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA TESIS PROFESIONAL

AGOSTO 2001

PLANO No. 3.1

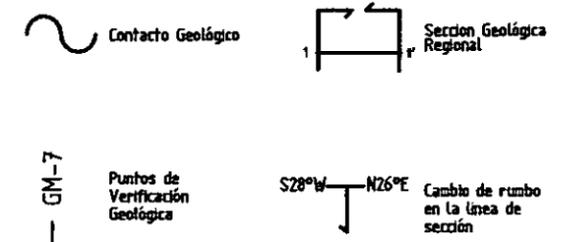
SECCION 1-1'



LEYENDA

-  Qal Depósitos aluviales, constituidos por materiales limo - arcillosos y arenas.
-  Ks Agrupa a las formaciones Indidura (calcáreo - arcillosa) y Parras (lutitas y lutitas calcáreas).
-  Ktrñ Fm. Treviño; calizas de plataforma, de estratificación gruesa a masiva, con abundante contenido de fósiles.
-  Ka Fm. Acatita; intercalación de calizas, dolomías, yesos y anhidritas.
-  Kpa Fm. Paila; constituida por calizas y dolomías.
-  Kcu Fm. Cupido; calizas de estratificación delgada a media, depositado en un ambiente de borde de plataforma.
-  Kti Fm. Tamulipas Inf.; calizas color gris oscuro, de estratificación gruesa a media, con presencia de estiolitos y lentes de pedernal.
-  Klu Fm. Las Uyas; constituida por areniscas: son ortocuarcitas y arcosas.
-  Pz Rocas ígneas y metamórficas que constituyen el basamento de la región.

SIMBOLOGIA



ESCALA HORIZONTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

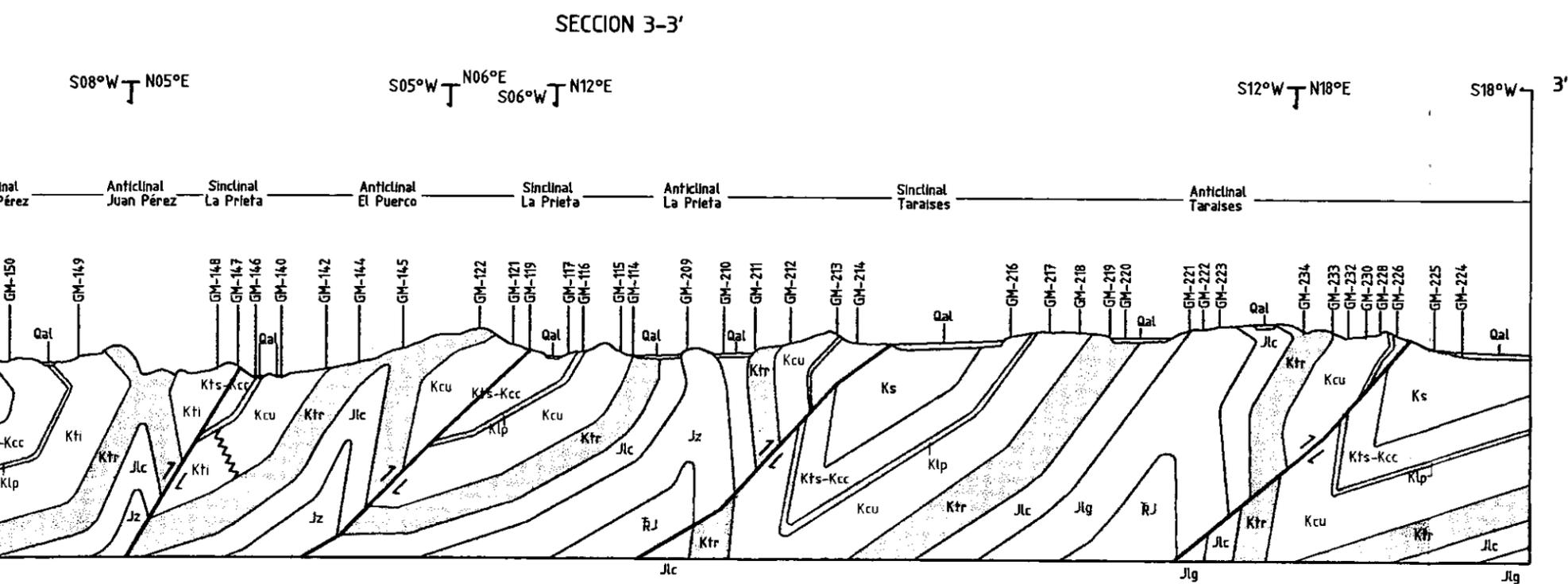
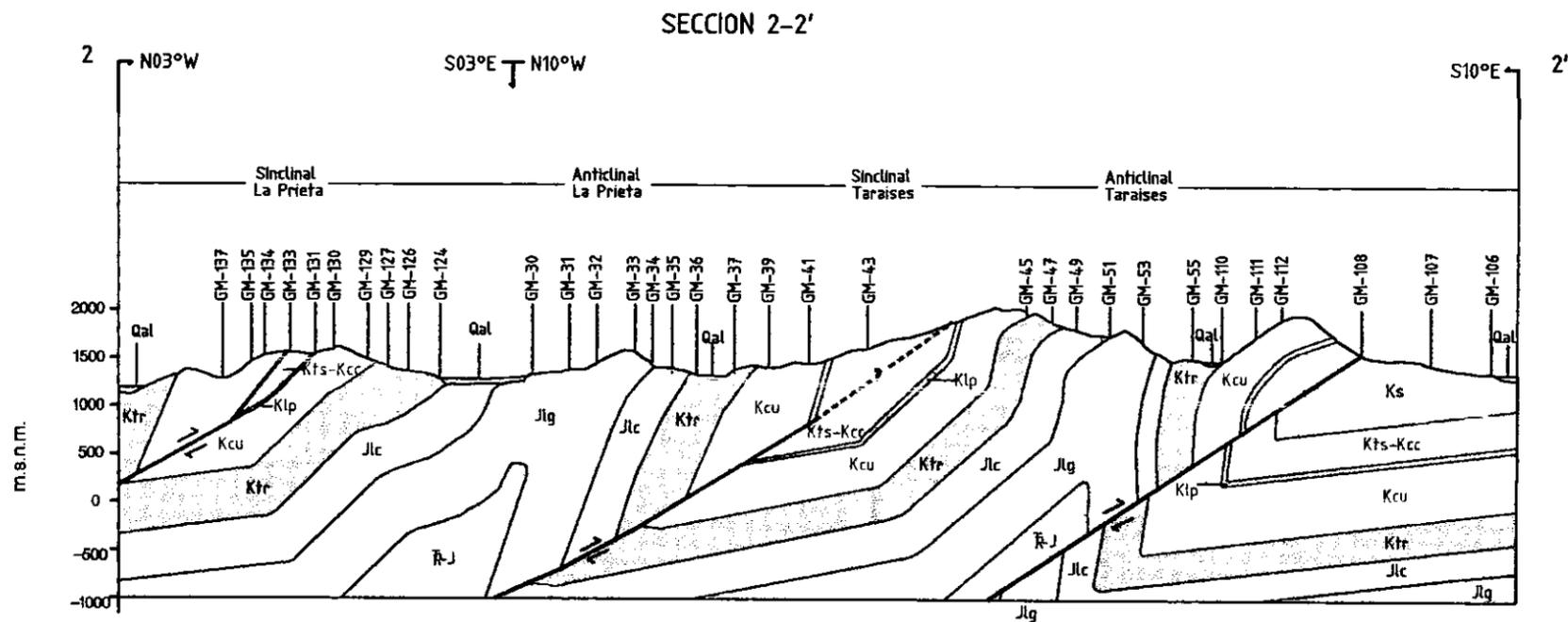
SECCION GEOLOGICA REGIONAL 1 - 1'

VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA

TESIS PROFESIONAL

AGOSTO 2001

PLANO No. 3.2

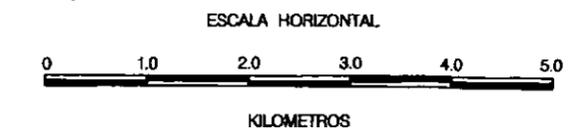


LEYENDA

- Qal Depósitos aluviales, constituidos por materiales limo - arcillosos y arenas.
- Qtr Fm. Mayrán, hacia la base está constituida por conglomerados mientras que hacia la cima por calizas lagunares, capas de caliche y travertino, en conjunto forman mesetas y terrazas.
- Ta Fm. Ahuachila; secuencia de tobas ácidas, areniscas y conglomerados.
- Ks Agrupa a las formaciones Indidura (calcáreo - arcillosa) y Parras (lutitas y lutitas calcáreas).
- Ktr Fm. Treviño; calizas de plataforma, de estratificación gruesa a masiva, con abundante contenido de fósiles. Calizas de las formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura; en el campo no pudieron ser diferenciados.
- Kts - Kcc
- Klp Fm. La Peña; calizas arcillosas y lutitas calcáreas, con intercalaciones de lutitas y limolitas.
- Kcu Fm. Cupido; calizas de estratificación delgada a media, depositadas en un ambiente de borde de plataforma.
- Kh Fm. Tamaulipas Inf.; calizas color gris oscuro, de estratificación gruesa a media, con presencia de estiolitas y lenes de pedernal.
- Ktr Fm. Taraises; calizas de estratificación delgada, calizas arcillosas y margas.
- Jlc Fm. La Casita; intercalaciones de areniscas, lutitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas.
- Jlg Fm. La Gloria; areniscas con intercalaciones de calizas, calizas arcillosas, dolomias y lutitas.
- Jz Fm. Zuloaga; calizas de estratificación media a gruesa con hódulos de pedernal negro, estiolitas y gasterópodos.
- R-J Clásticos con fragmentos volcánicos que presentan un metamorfismo incipiente.

SIMBOLOGIA

- Contacto Geológico
- Falla inversa
- Sección Geológica Regional
- Falla inversa inferida
- Puntos de Verificación Geológica
- Cambio de rumbo en la línea de sección



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE
LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

SECCIONES GEOLOGICAS REGIONALES 2-2' Y 3-3'

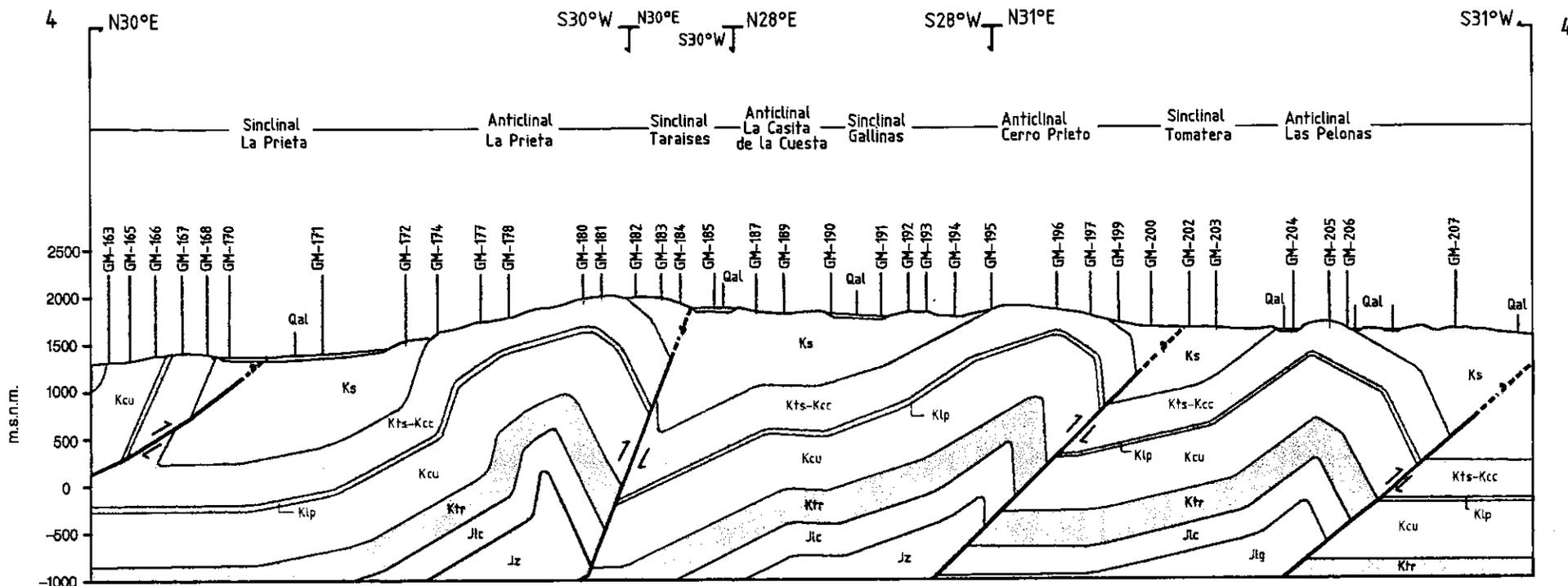
VICENTE ARTURO
CAMARGO VALENCIA

TESIS PROFESIONAL

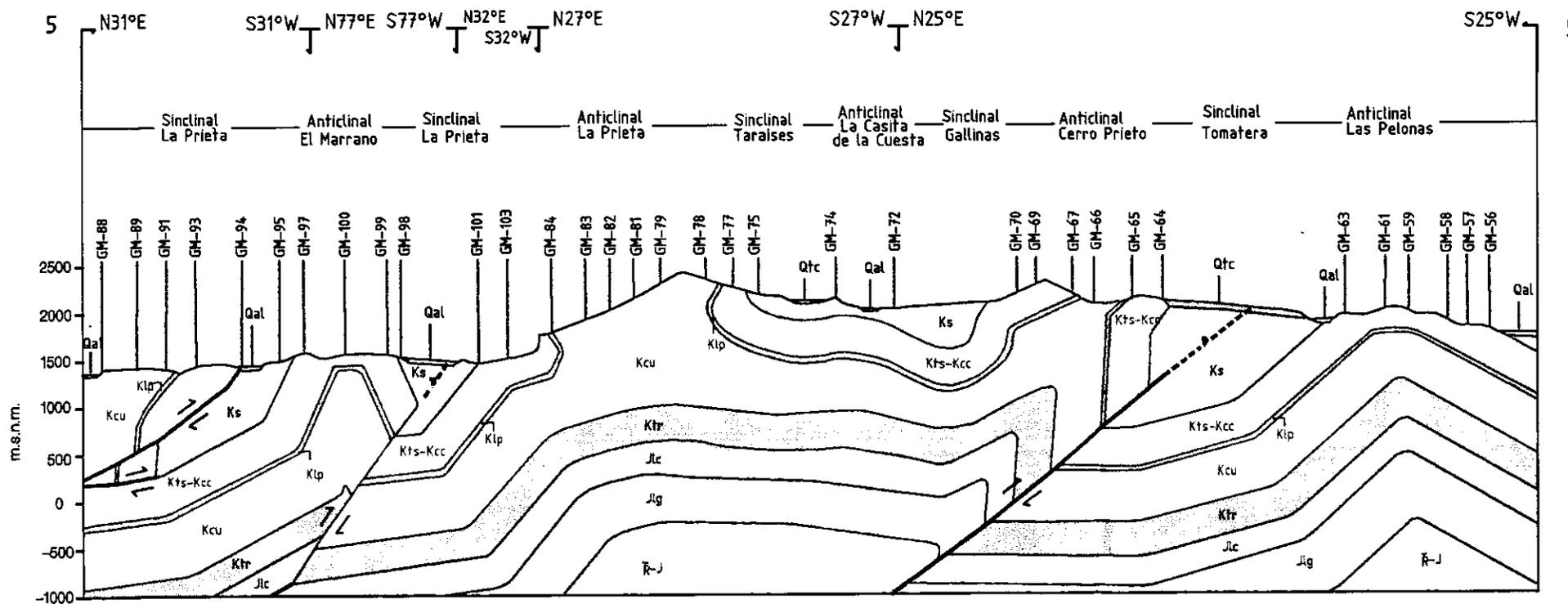
AGOSTO 2001

PLANO No. 3.3

SECCION 4-4'



SECCION 5-5'



NOTA: El Anticlinal La Casita de la Cuesta se encuentra conformado exclusivamente por rocas de la Unidad KS, razón por la cual no aparece representado.

LEYENDA

- Qal. Depósitos aluviales, constituidos por materiales limo - arcillosos y arenas.
- Qto. Fm. Mayrán; hacia la base está constituida por conglomerados mientras que hacia la cima por calizas lagunares, capas de caliche y travertino; en conjunto forman mesetas y terrazas.
- Ksi. Agrupa a las formaciones Indidura (calcáreo - arcillosa) y Parras (lutitas y lutitas calcáreas).
- Ktrh. Fm. Treviño; calizas de plataforma, de estratificación gruesa a masiva, con abundante contenido de fósiles.
- Kts - Kcc. Calizas de las formaciones Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura; en el campo no pudieron ser diferenciados.
- Klp. Fm. La Peña; calizas arcillosas y lutitas calcáreas, con intercalaciones de lutitas y limolitas.
- Kcu. Fm. Cupido; calizas de estratificación delgada a media, depositadas en un ambiente de borde de plataforma.
- Kti. Fm. Tamaulipas Inf.; calizas color gris obscuro, de estratificación gruesa a media, con presencia de estilolitas y lentes de pedernal.
- Ktr. Fm. Taraises; calizas de estratificación delgada, calizas arcillosas y margas.
- Jlc. Fm. La Casita; intercalaciones de areniscas, lutitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas.
- Jlg. Fm. La Gloria; areniscas con intercalaciones de calizas, calizas arcillosas, dolomias y lutitas.
- Jz. Fm. Zuloaga; calizas de estratificación media a gruesa con nódulos de pedernal negro, estilolitas y gasterópodos.
- TR-J. Clásticos con fragmentos volcánicos que presentan un metamorfismo incipiente.

SIMBOLOGIA

- Contacto Geológico
- Falta inversa
- Sección Geológica Regional
- Puntos de Verificación Geológica
- Cambio de rumbo en la línea de sección

ESCALA HORIZONTAL



KILOMETROS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

SECCIONES GEOLOGICAS REGIONALES 4-4' Y 5-5'

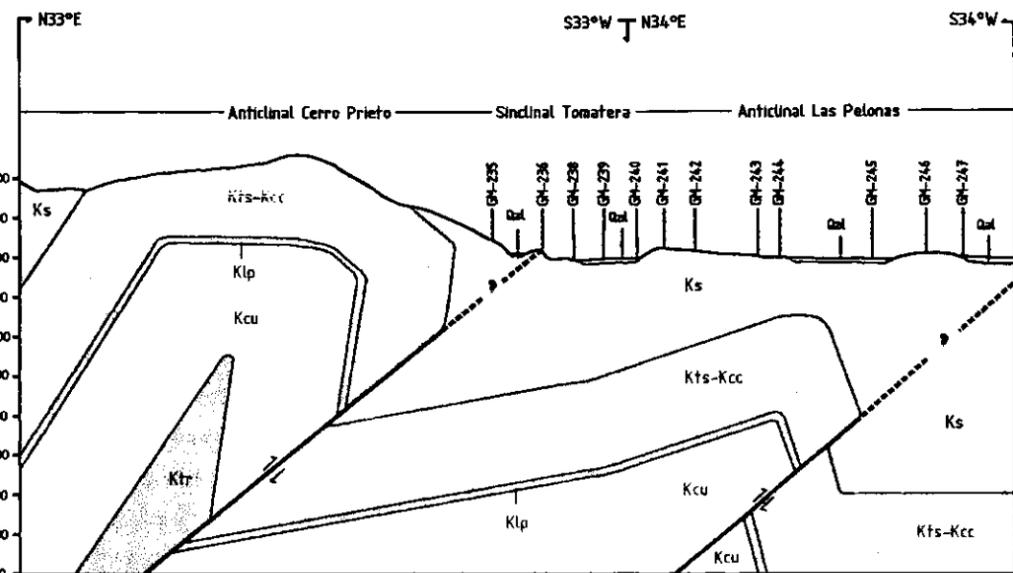
VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA

TESIS PROFESIONAL

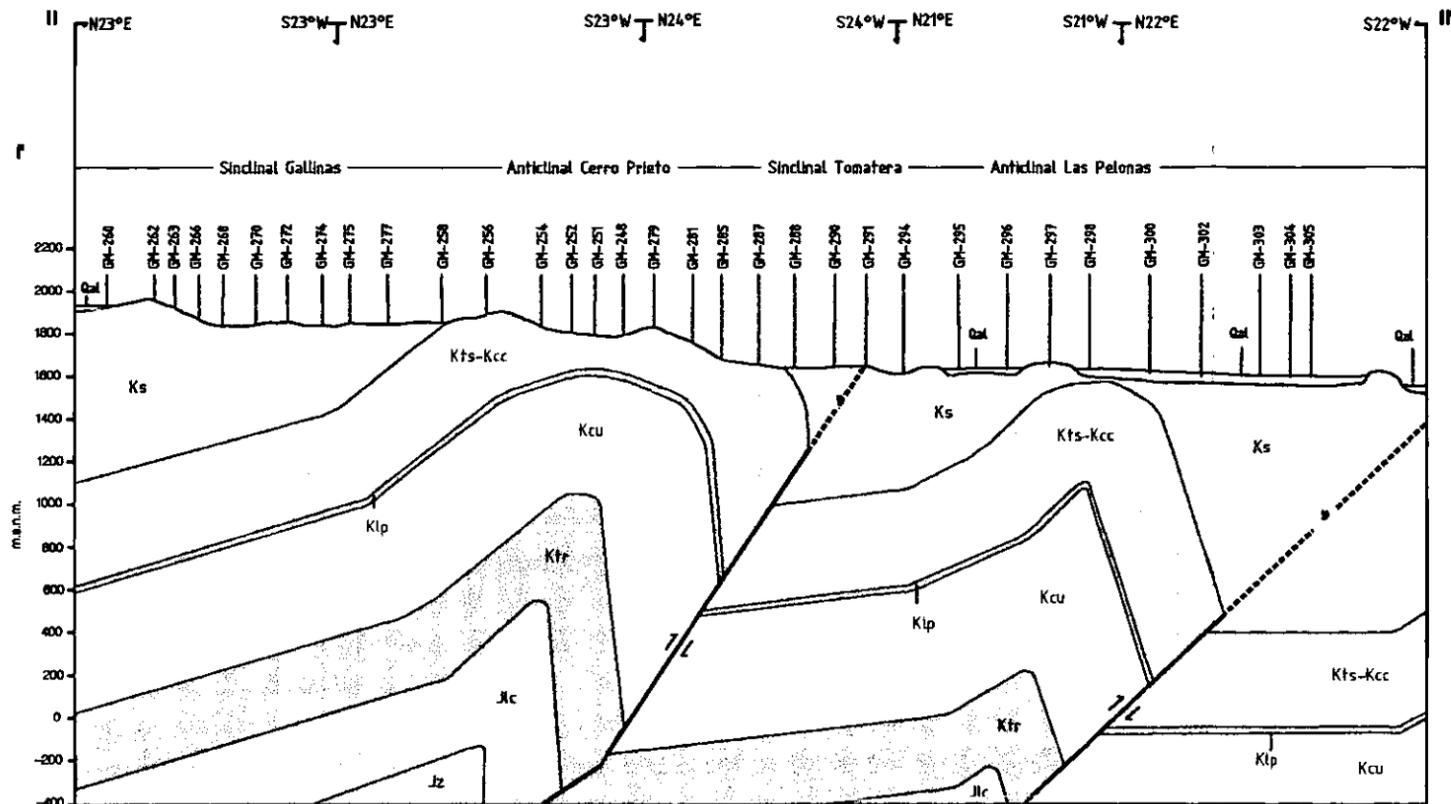
AGOSTO 2001

PLANO No. 3.4

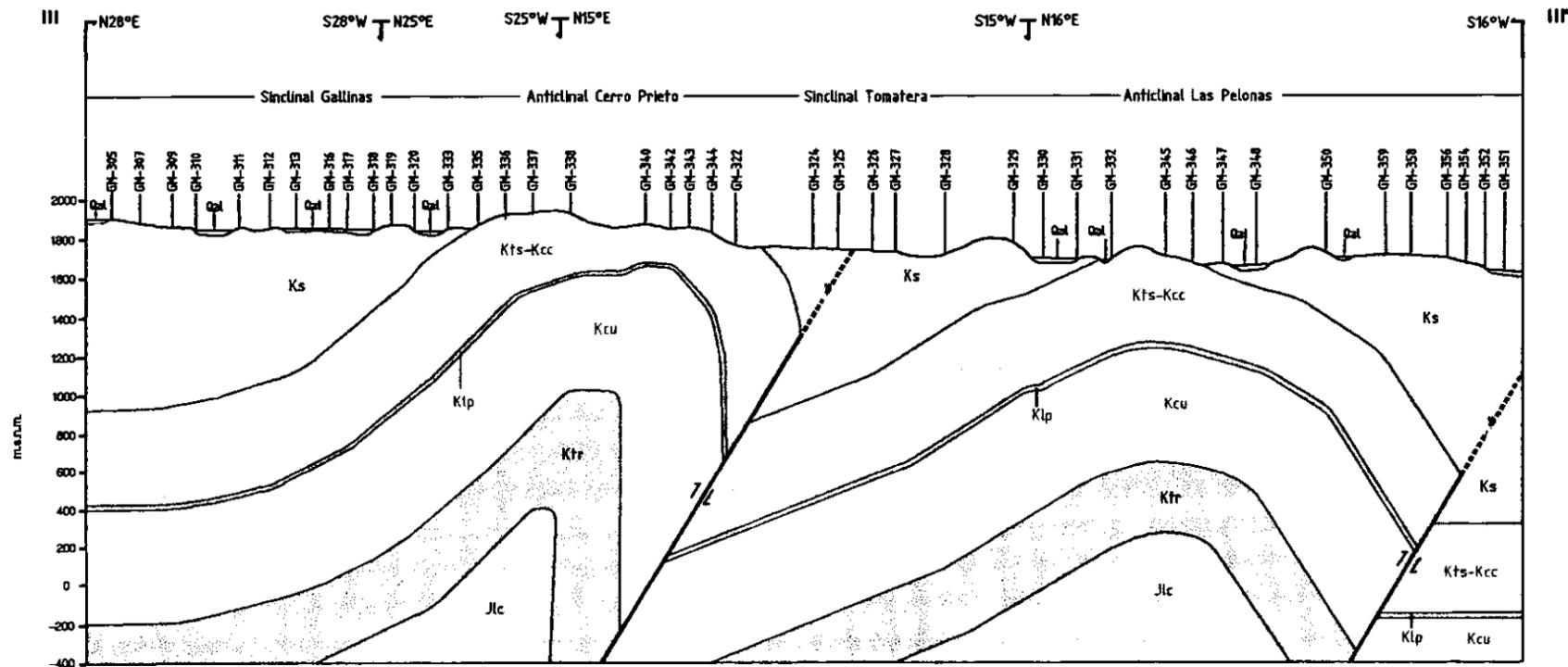
SECCION I-I'



SECCION II-II'



SECCION III-III'



LEYENDA

- Qal Depósitos aluviales, constituidos por materiales limo - arcillosos y arenas.
- Ka Agrupa a las formaciones Indidura (calcárea - arcillosa) y Patras (lutitas y lutitas calcáreas).
- Kfs - Kcc Fm. Treviño, calizas de plataforma, de estratificación gruesa a masiva, con abundante contenido de fósiles.
- Klp Fm. La Peña, calizas arcillosas y lutitas calcáreas, con intercalaciones de lutitas y limolitas.
- Kcu Fm. Cupido, calizas de estratificación delgada a media, depositado en un ambiente de borde de plataforma.
- Kti Fm. Tamalipas Inf., calizas color gris oscuro, de estratificación gruesa a media, con presencia de estiolitos y lentes de pedernal.
- Ktr Fm. Taraises, calizas de estratificación delgada, calizas arcillosas y margas.
- Jlc Fm. La Casita, intercalaciones de areniscas, lutitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas.
- Jlg Fm. La Gloria, areniscas con intercalaciones de calizas, calizas arcillosas, dolomías y lutitas.
- Jz Fm. Zuloaga, calizas de estratificación media a gruesa con nodulos de pedernal negro, estiolitos y gasterópodos.

SIMBOLOGIA

- Contacto Geológico
- Falla inversa
- Sección Geológica de Semidetalle
- Unidad hidrogeológica
- Puntos de Verificación Geológica
- Cambio de rumbo en la línea de sección

ESCALA HORIZONTAL



KILOMETROS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

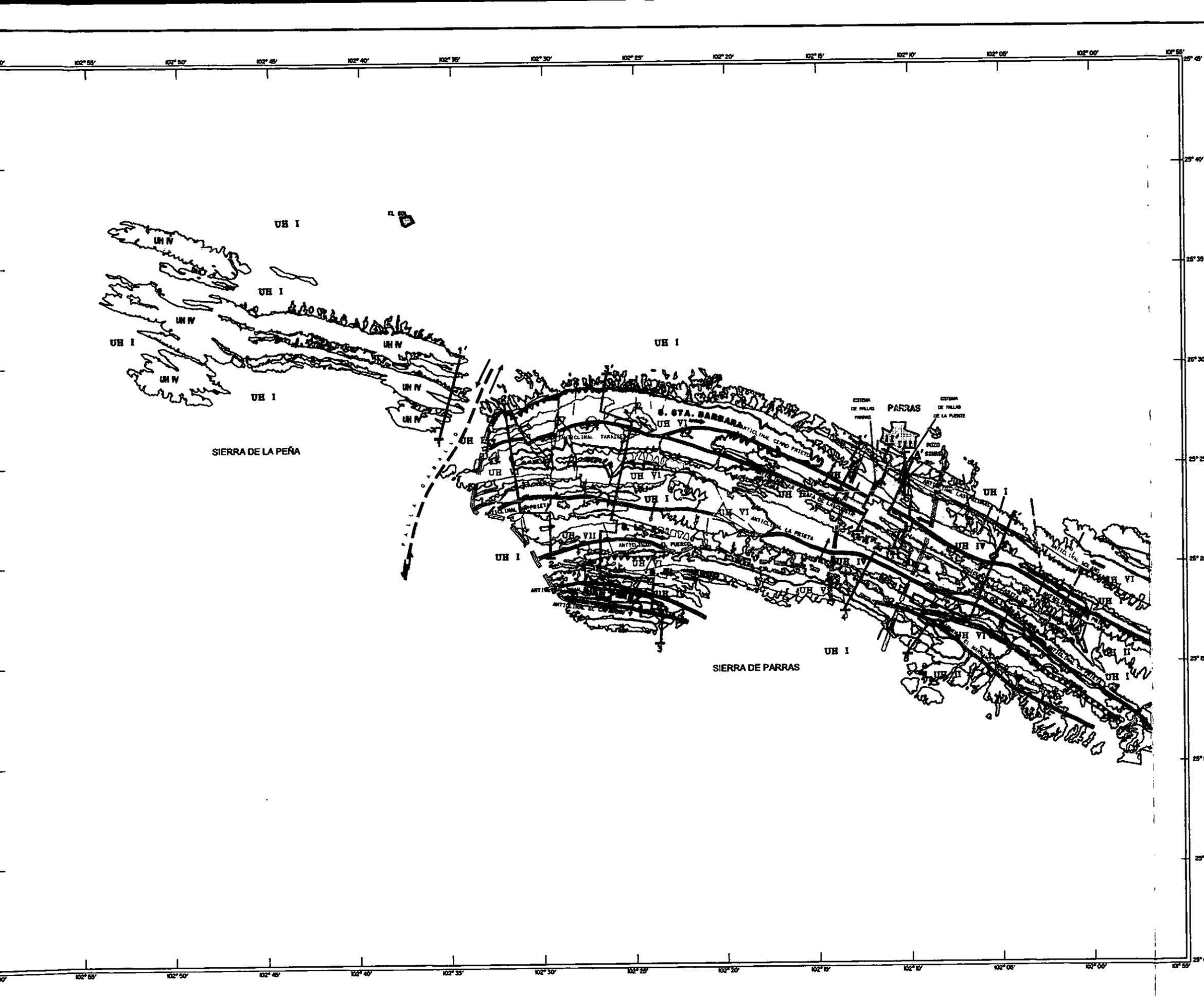
SECCIONES GEOLOGICAS DE SEMIDETALLE I, II-III II-IV II-V

VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA

TESIS PROFESIONAL

AGOSTO 2001

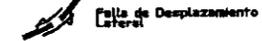
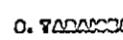
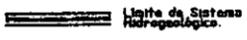
PLANO No. 4.1

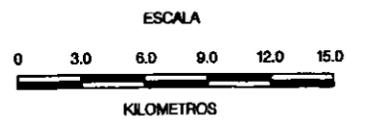


LEYENDA

-  **UH I** Acuíferos de potencialidad alta en materiales granulares (Qa).
-  **UH II** Materiales de permeabilidad baja a media, tales como: conglomerados, areniscas, calizas lagunares y tobas ácidas de las formaciones Ahuchila (Ta) y Mayrán (Qtr); constituyen acuíferos de baja potencialidad.
-  **UH III** Lutitas, lutitas calcáreas, margas y calizas arcillosas de las formaciones Parras e Indidura (Ks); en general su permeabilidad es baja (subunidad III a), pero cuando está afectada por fracturamiento intenso conforma acuíferos de potencialidad variable (subunidad III b).
-  **UH IV** Acuífero del Cretácico Superior (Kts-Kcc y Ktrñ), conformado por calizas fracturadas y/o carstificadas.
-  **UH V** Lutitas calcáreas (Klp), de muy baja permeabilidad; cuando su espesor es muy reducido permite la comunicación hidráulica.
-  **UH VI** Acuífero del Cretácico Inferior (Kcu-Kti), conformado por calizas fracturadas y carstificadas.
-  **UH VII** Acuífero conformado por rocas de permeabilidad muy variable, tales como areniscas, calcarenitas, calizas limo-arenosa, calizas arcillosas, margas, lutitas calcáreas y lutitas de las formaciones Jig, Jlc y Ktr; constituyen el límite inferior de la unidad VI.
-  **UH VIII** Acuífero del Jurásico (Jz), conformado por calizas fracturadas y carstificadas; su extensión es normalmente reducida.

SIMBOLOGIA

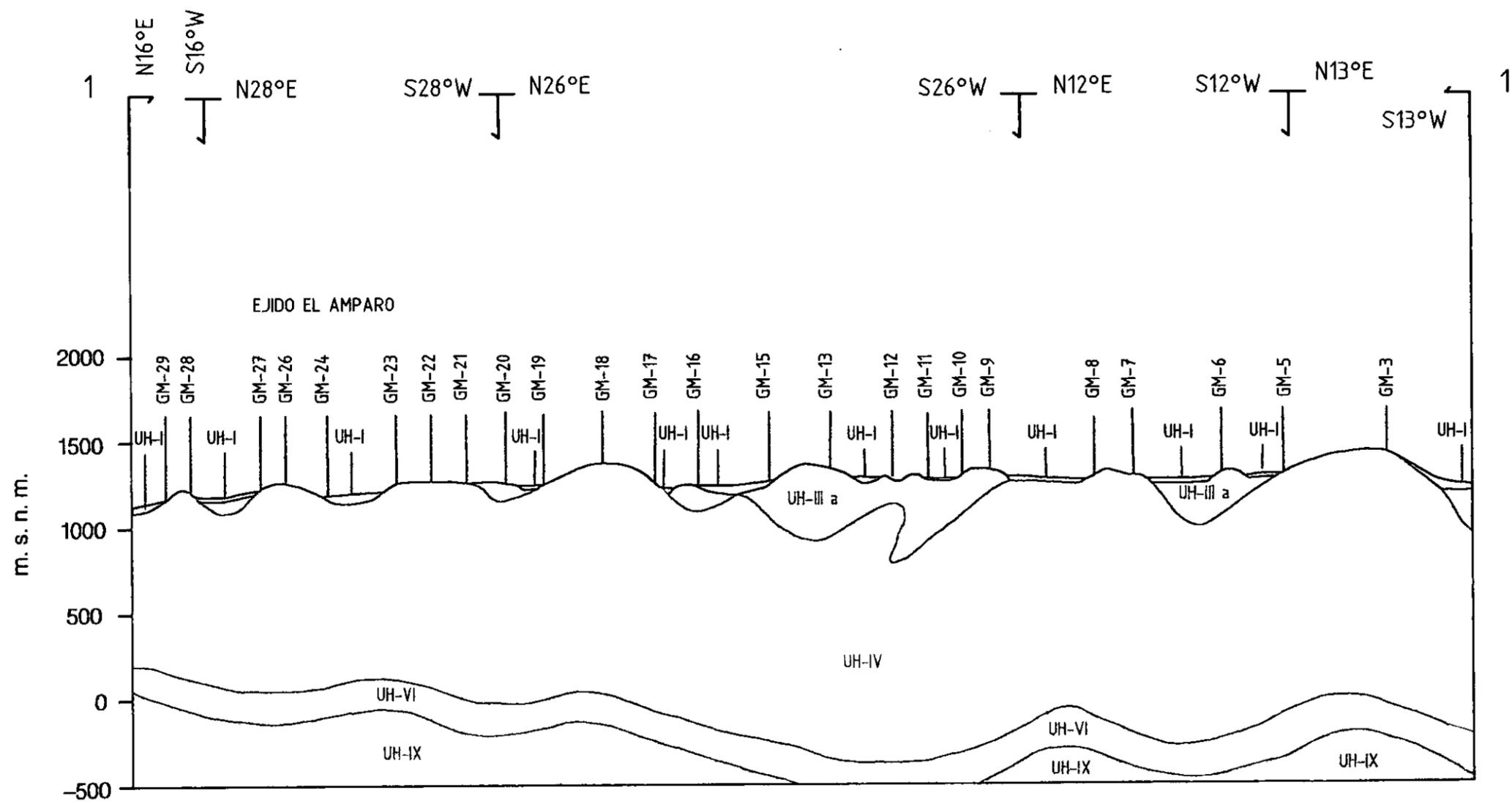
-  Poblaciones importantes
-  Falla Inversa
-  Fracturas
-  Falla de Desplazamiento Lateral
-  Pliegue Anticlinal
-  Pliegue Anticlinal Recumbente
-  Secciones Hidrogeológicas Regulares
-  Secciones Hidrogeológicas de Sábana
-  O. TADAMCO Nombre de los Sistemas Hidrogeológicos.
-  Límite de Sistema Hidrogeológico.
-  Dirección del Flujo Subterráneo
-  UH I Unidad Hidrogeológica



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ESTUDIO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA	
	PLANO HIDROGEOLÓGICO REGIONAL	
	VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA	TESIS PROFESIONAL
	AGOSTO 2001	PLANO No. 5.1

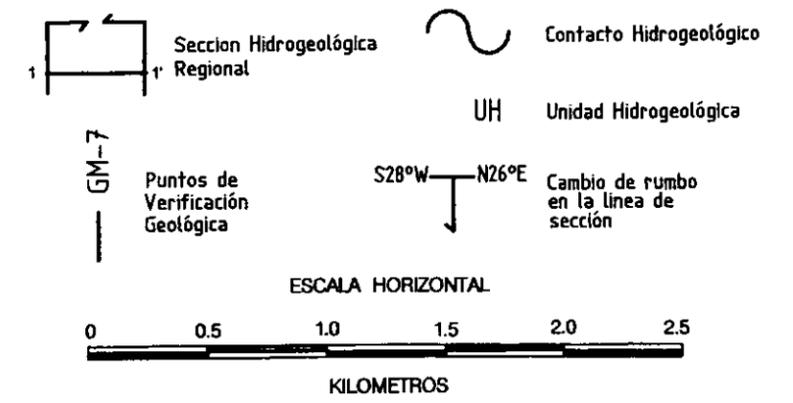
SECCION 1-1'



LEYENDA

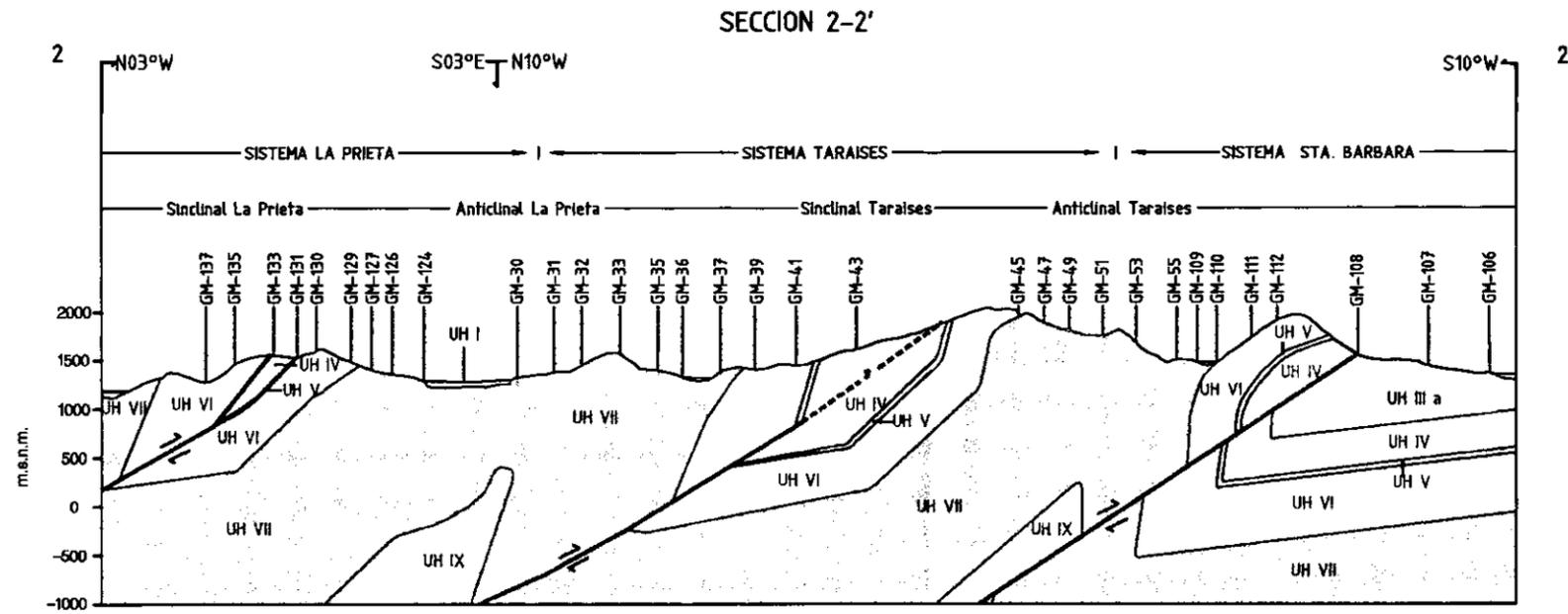
- UH I** Acuíferos de potencialidad alta en materiales granulares (Qal).
- UH II** Materiales de permeabilidad baja a media, tales como: conglomerados, areniscas, calizas lagunares y tobas ácidas de las formaciones Ahujchila (Ta) y Mayrán (Qtc); constituyen acuíferos de baja potencialidad.
- UH III** Lutitas, lutitas calcáreas, margas y calizas arcillosas de las formaciones Parras e Indidura (Ks); en general su permeabilidad es baja (subunidad III a), pero cuando está afectada por fracturamiento intenso conforma acuíferos de potencialidad variable (subunidad III b).
- UH IV** Rocas del Cretácico Superior (Kts-Kcc + Ktrñ) conformado por Calizas fracturadas y/o carstificadas. en la zona poniente se correlacionan con yesos, anhidritas y dolomías de la Fm. Acatita (Kc) y calizas de la Formación Paila (KPa); la primera presenta menor permeabilidad (subunidad IV a), y la segunda una permeabilidad mayor (subunidad IV b).
- UH VI** Rocas del cretácico inferior (Kcu-Kti); en la parte poniente se correlacionan con areniscas de la Fm. las uvas (Ku) que conforman acuícludos (Subunidad VI a)
- UH IX** Acuífugo; no aflora en el área, pero se interpreta que existe a profundidad. Al poniente (Plataforma de Coahuila), está representado por rocas de edad paleozoica; al oriente (Mar Mexicano) por lechos rojos. constituyen el basamento de la zona.

SIMBOLOGIA

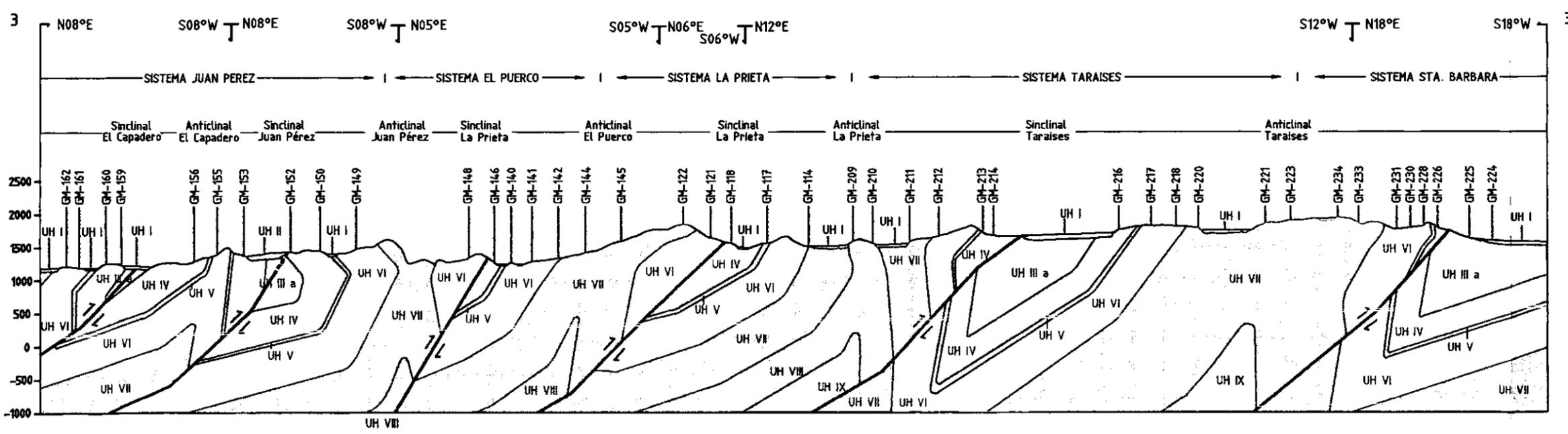


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA	
	SECCION HIDROGEOLOGICA REGIONAL 1 - 1'	
VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA	TESIS PROFESIONAL	



SECCION 3-3'



- #### LEYENDA
- UH I** Acuíferos de potencialidad alta en materiales granulares (Qal).
Materiales de permeabilidad baja a media, tales como: conglomerados, areniscas, calizas lagunares y tobas ácidas de las formaciones Ahuichila (Ta) y Mayrán (Qtc); constituyen acuíferos de baja potencialidad.
 - UH II** Lutitas, lutitas calcáreas, margas y calizas arcillosas de las formaciones Parras e Indidura (Ks); en general su permeabilidad es baja (subunidad III a), pero cuando está afectada por fracturamiento intenso conforma acuíferos de potencialidad variable (subunidad III b).
 - UH III** Acuífero del Cretácico Superior (Kts-Kcc y Ktrh), conformado por calizas fracturadas y/o carstificadas.
 - UH IV** Lutitas calcáreas (Klp), de muy baja permeabilidad; cuando su espesor es muy reducido permite la comunicación hidráulica.
 - UH V** Acuífero del Cretácico Inferior (Kcu-Ktl), conformado por calizas fracturadas y carstificadas.
 - UH VI** Acuífero conformado por rocas de permeabilidad muy variable, tales como areniscas, calcarenitas, calizas limo-arenosa, calizas arcillosas, margas, lutitas calcáreas y lutitas de las formaciones Jtg, Jlc y Ktr; constituyen el límite inferior de la unidad VI.
 - UH VII** Acuífero del Jurásico (Jz), conformado por calizas fracturadas y carstificadas; su extensión es normalmente reducida.
 - UH VIII** Acuífero no aflora en el área, pero se interpreta que existe a profundidad. Al poniente (Plataforma de Coahuila), está representado por rocas de edad paleozoica; al oriente (Mar Mexicano) por lechos rojos; constituyen el basamento de la zona.
 - UH IX**

SIMBOLOGIA

Contacto Hidrogeológico

Secciones Hidrogeológicas Regionales

Puntos de Verificación Geológica

Falla Inversa

UH Unidad Hidrogeológica

Cambio de rumbo en la línea de sección

ESCALA HORIZONTAL

KILOMETROS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE
LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

SECCIONES HIDROGEOLOGICAS REGIONALES 2-2' Y 3-3'

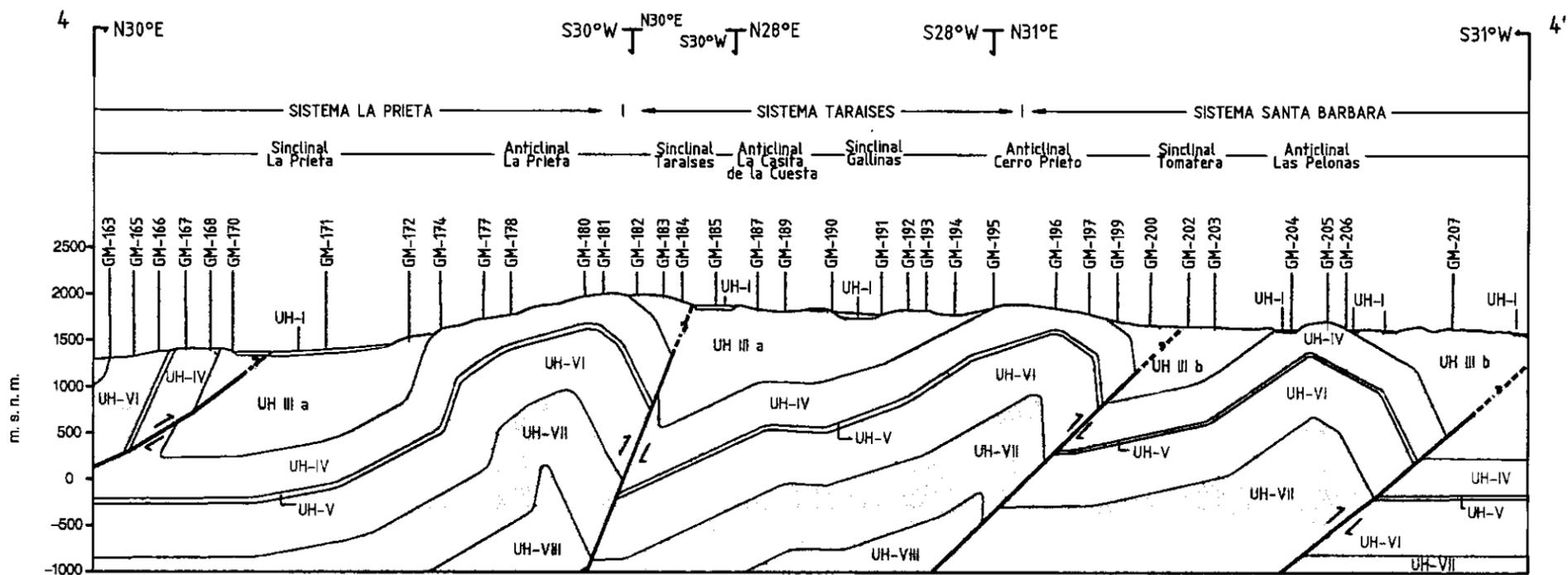
VICENTE ARTURO
CAMARGO VALENCIA

TESIS PROFESIONAL

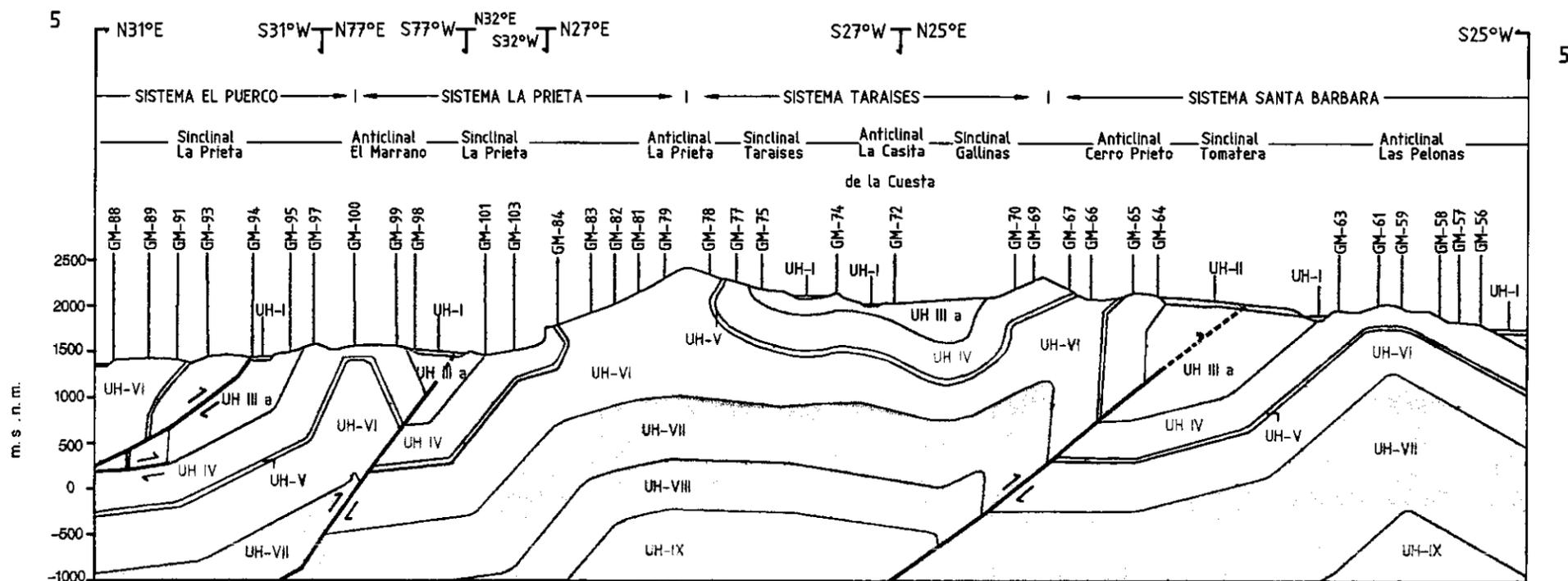
AGOSTO 2001

PLANO No. 5.3

SECCION 4-4'



SECCION 5-5'



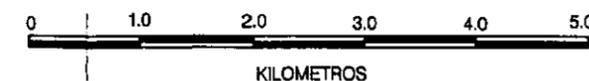
LEYENDA

- UH I Acuíferos de potencialidad alta en materiales granulares (Qal).
Materiales de permeabilidad baja a media, tales como: conglomerados, areniscas, calizas lagunares y tobas ácidas de las formaciones Ahuichila (Ta) y Mayrán (Qtz); constituyen acuíferos de baja potencialidad.
- UH II Lutitas calcáreas, margas y calizas arcillosas de las formaciones Parras e Indidura (Ks); en general su permeabilidad es baja (subunidad III a), pero cuando está afectada por fracturamiento intenso conforma acuíferos de potencialidad variable (subunidad III b).
- UH III Acuífero del Cretácico Superior (Kts-Kcc y Ktrñ), conformado por calizas fracturadas y/o carstificadas.
- UH IV Lutitas calcáreas (Klp), de muy baja permeabilidad; cuando su espesor es muy reducido permite la comunicación hidráulica.
- UH V Acuífero del Cretácico Inferior (Kcu-Kti), conformado por calizas fracturadas y carstificadas.
- UH VI Acuífero conformado por rocas de permeabilidad muy variable, tales como areniscas, calcarenitas, calizas limo-arenosa, calizas arcillosas, margas, lutitas calcáreas y lutitas de las formaciones Jlg, Jlc y Ktr; constituyen el límite inferior de la unidad VI.
- UH VII Acuífero del Jurásico (Jz), conformado por calizas fracturadas y carstificadas; su extensión es normalmente reducida.
- UH VIII Acuífero; no aflora en el área, pero se interpreta que existe a profundidad. Al poniente (Plataforma de Coahuila), está representado por rocas de edad paleozoica; al oriente (Mar Mexicano) por lechos rojos; constituyen el basamento de la zona.
- UH IX

SIMBOLOGIA

- Contacto Hidrogeológico
- Falla Inversa
- Secciones Hidrogeológicas Regionales
- Falla normal
- UH Unidad Hidrogeológica
- Puntos de Verificación Geológica
- Cambio de rumbo en la línea de sección

ESCALA HORIZONTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

SECCIONES HIDROGEOLOGICAS REGIONALES 4-4' Y 5-5'

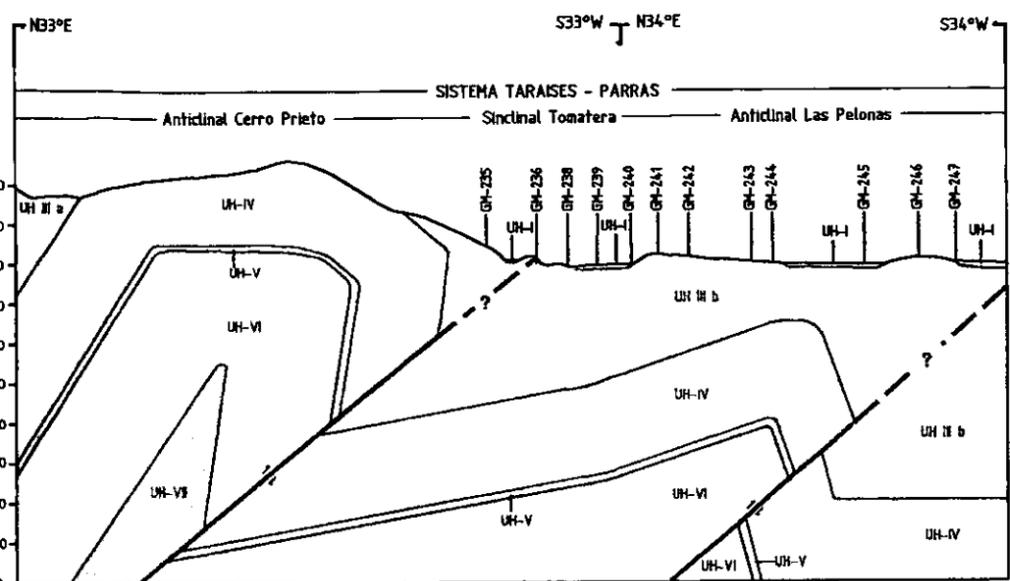
VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA

TESIS PROFESIONAL

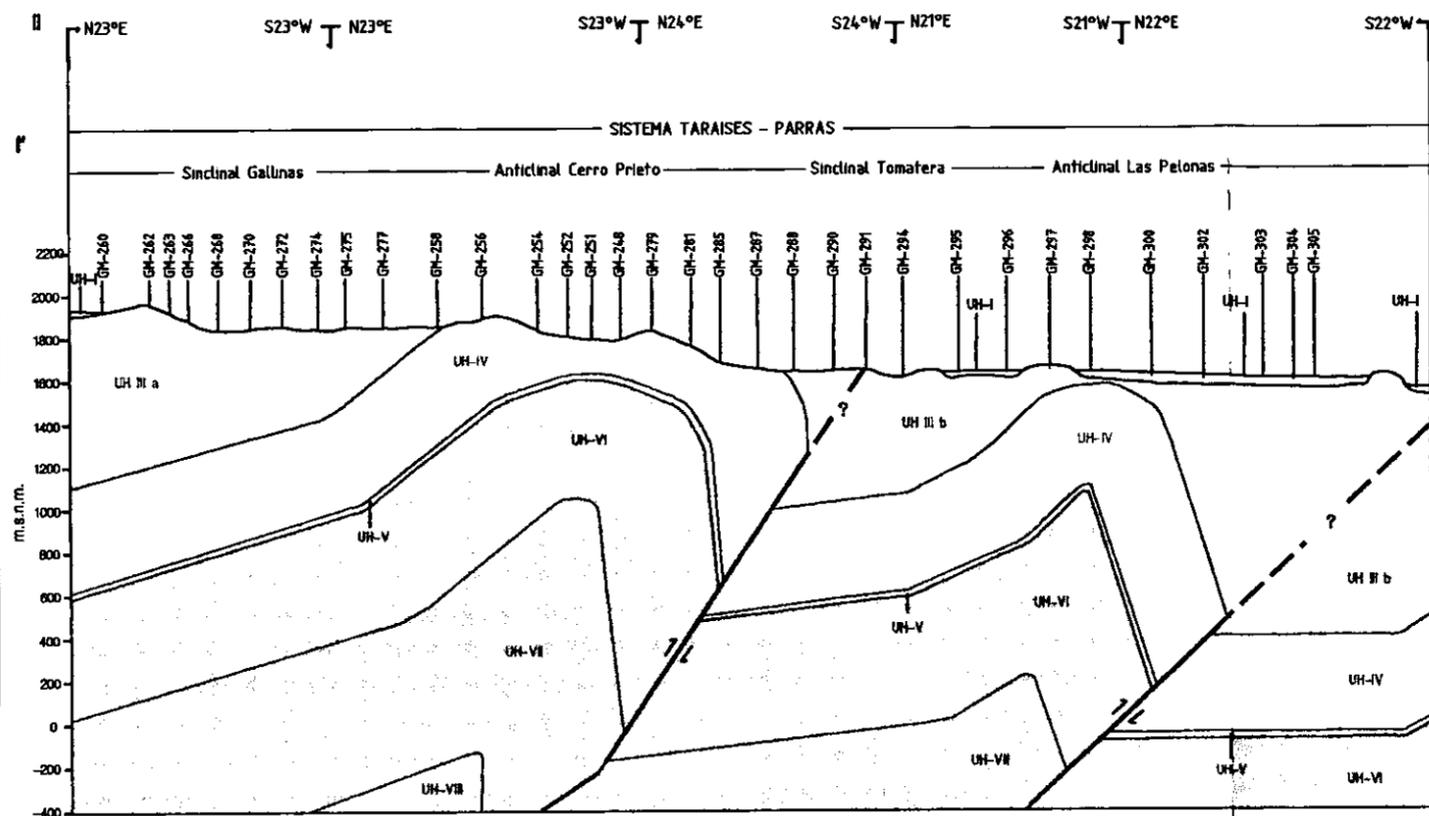
AGOSTO 2001

PLANO No. 5.4

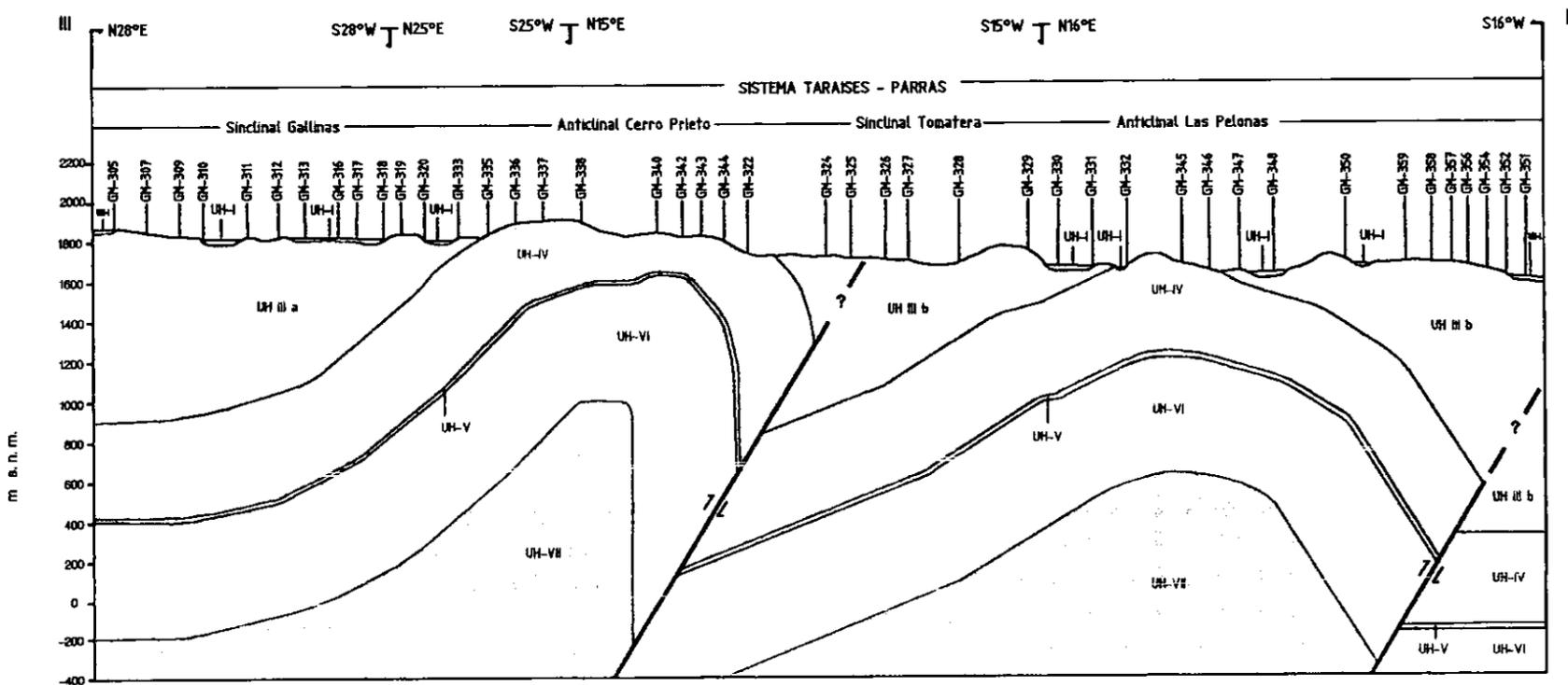
SECCION I-I'



SECCION II-II'



SECCION III-III'



LEYENDA

- UH I Acuíferos de potencialidad alta en materiales granulares Q(á).
- UH II Materiales de permeabilidad media a baja Q(tc) (Ia); constituyen acuíferos de baja potencialidad.
- UH III Calizas arcillosas, lutitas y lutitas calcáreas (Ks), de baja permeabilidad (Subunidad III a); cuando está afectada por fracturamiento intenso conforma acuíferos de potencialidad variada (Subunidad III b).
- UH IV Acuífero del Cretácico Superior (Kfs-Kcc y Ktrh), conformado por calizas fracturadas y/o carstificadas.
- UH V Lutitas calcáreas (Klp), de muy baja permeabilidad; cuando su espesor es muy reducido permite la comunicación hidráulica.
- UH VI Acuífero del Cretácico Inferior (Kcu-Kh), conformado por calizas fracturadas y carstificadas.
- UH VII Arcilúcido, conformado por arcillas calcáreas (Kt) y areniscas (Jlc); constituyen el límite inferior de la unidad VI.
- UH VIII Acuífero del Jurásico (Jz), conformado por calizas fracturadas y carstificadas; su extensión es normalmente reducida.
- UH IX Acuífero; no aflora en el área, pero se interpreta que existe a profundidad. Al poniente (Plataforma de Coahuila), está representado por rocas de edad paleozoica; al oriente (Mar Mexicano) por lechos rojos constituyen el basamento de la zona.

SIMBOLOGIA

- Contacto Hidrogeológico
- Falla inversa
- Secciones Hidrogeológicas de Semidetalle
- UH Unidad hidrogeológica
- Puntos de Verificación Geológica
- Cambio de rumbo en la línea de sección

ESCALA HORIZONTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE PARRAS, ESTADO DE COAHUILA

SECCIONES HIDROGEOLOGICAS DE SEMIDETALLE I-I, II-II, III-III

VICENTE ARTURO CAMARGO VALENCIA

TESIS PROFESIONAL

AGOSTO 2001

PLANO No. 5.5