

217



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DETERMINACION DEL MARCO HIDROGEOLOGICO DE LA ZONA DR. ARROYO - MATEHUALA, ESTADOS DE NUEVO LEON Y SAN LUIS POTOSI. A PARTIR DEL ANALISIS GEOLOGICO - ESTRUCTURAL.

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A N :

Edgar Alejandro Escalante Blas  
Daniel Castillo Castillo



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CONTENIDO

### RESUMEN

1.- INTRODUCCION -----	1
1.1.- Antecedentes -----	1
1.2.- Objetivos -----	2
1.3.- Localización -----	2
1.4.- Vías de Comunicación -----	3
1.5.- Método y Duración del Trabajo -----	3
1.5.1.- Trabajo de Campo -----	4
1.5.2.- Trabajo de Gabinete -----	6
1.6.- Agradecimientos -----	6
2.- FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA -----	8
2.1.- Provincia Fisiográfica -----	8
2.2.- Hidrografía -----	10
2.3.- Geomorfología -----	11
2.3.1.- Montañas de Plataforma suavemente plegadas --	11
2.3.2.- Montañas de Plataforma moderadamente plegadas -	11
2.3.3.- Montañas de Cuenca -----	12
2.3.4.- Planicie Aluvial -----	12
2.4.- Climatología -----	12
2.4.1.- Precipitación Pluvial -----	13
2.4.2.- Temperatura -----	15
2.4.3.- Evaporación Potencial -----	15
2.5.- Vegetación -----	17
3.- ESTRATIGRAFIA -----	20
3.1.- Jurásico Superior -----	20
3.1.1.- Formación Olvido (Jol) -----	20
3.1.2.- Formación La Casita (Jlc) -----	21
3.2.- Cretácico Inferior -----	23
3.2.1.- Formación Taraises (Ktr) -----	23
3.2.2.- Formación Tamaulipas Inferior (Kti) -----	26
3.2.3.- Formación La Peña (Klp) -----	29

3.3.-	Cretácico Medio	-----	31
3.3.1.-	Formación Tamaulipas Superior (Kt)	-----	31
3.3.2.-	Formación Cuesta del Cura (Kcc)	-----	33
3.3.3.-	Formación El Abra (Ka)	-----	36
3.3.3.1.-	Facies Pre-Arrecifal (Ka pre-arrecifal)	-----	37
3.3.3.2.-	Facies Arrecifal (Ka arrecifal)	-----	38
3.3.3.3.-	Facies Post-Arrecifal (Ka post-arrecifal)	-----	40
3.4.-	Cretácico Superior	-----	46
3.4.1.-	Formación Agua Nueva (Kan)	-----	46
3.4.2.-	Formación San Felipe (Ksf)	-----	49
3.4.3.-	Formación Tamasopo (Ktm)	-----	51
3.4.4.-	Formación Cárdenas (Kcd)	-----	56
3.5.-	Terciario	-----	58
3.6.-	Cuaternario	-----	59
4.-	TECTONICA	-----	60
4.1.-	Tectónica Regional	-----	60
4.2.-	Tectónica Local	-----	64
4.2.1.-	Zona de Plataforma	-----	64
4.2.2.-	Zona de Cuenca	-----	65
4.3.-	Descripción de las Estructuras	-----	65
4.3.1.-	Pliegues	-----	65
4.3.2.-	Fallas	-----	69
5.-	GEOLOGIA HISTORICA	-----	70

6.- HIDROGEOLOGIA -----	74
6.1.- Generalidades -----	74
6.2.- Paquete litoestratigráfico Gal-Tcg -----	75
6.3.- Hidrogeología del Paquete Litoestratigráfico Gal-Tcg.	78
6.4.- Paquete Litoestratigráfico de Areniscas, Lutitas, -	81
Calizas, Calizas Arcillosas y Yesos del Cretácico y Jurásico.	
6.5.- Hidrogeología del Paquete Litoestratigráfico de	
Areniscas, Lutitas, Calizas, Calizas Arcillosas y Yesos del	
Cretácico y Jurásico. -----	84
 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	 90
7.1.- Conclusiones -----	90
7.2.- Recomendaciones -----	91
 BIBLIOGRAFIA -----	 93
 APENDICES -----	 99
 APENDICE PETROGRAFICO	
 APENDICE DE PERFORACIONES	
 APENDICE CARTOGRAFICO	

RELACION DE FIGURAS, TABLAS, GRAFICAS, CARTAS, COLUMNAS  
ESTRATIGRAFICAS Y SECCIONES ESTRUCTURALES.

FIGURAS

- CAP 1.- 1.3.1.- Localización del área de estudio.
- CAP 2.- 2.4.1.- Distribución de los climas en el área de -----  
Matehuala, S.L.P. y Dr. Arroyo, N.L.
- 2.4.2.- Región, Cuenca y Subcuenca Hidrológicas del ----  
sur de Nuevo León y noreste de San Luis Potosí.
- 2.4.1.1.- Precipitación media anual Estación Matehuala.
- 2.4.1.2.- Precipitación media mensual Estación Matehua-  
la.
- 2.4.1.3.- Precipitación media anual Estación Dr. Arroyo
- 2.4.1.4.- Precipitación media mensual Estación Dr. --  
Arroyo.
- 2.4.1.5.- Precipitación media anual Estación Mier y ---  
Noriega.
- 2.4.1.6.- Precipitación media mensual Estación Mier y -  
Noriega.
- 2.4.2.1.- Temperatura media mensual Estación Matehuala.
- 2.4.2.2.- Temperatura media mensual Estación Dr. Arroyo
- 2.4.2.3.- Temperatura media mensual Estación Mier y ---  
Noriega.
- 2.4.3.1.- Evaporación potencial media anual Estación --  
Matehuala.
- 2.4.3.2.- Evaporación potencial media mensual Estación-  
Matehuala.
- CAP 3.- 3.3.1.- Reconstrucciones diagramáticas de dos alterna--  
tivas geológicas para el ambiente de depósito -  
de las formaciones del Cretácico Medio en la --  
ja de Oro.
- 3.3.2.- Sección diagramática del conjunto arrecifal del  
Abra en la región de Poza Rica-Tuxpam.

- 3.3.3.- Reconstrucción diagramática del ambiente de depósito y características paleontológicas de las formaciones del Cretácico en la Faja de Oro.
- 3.3.4.- Esquema del desarrollo de un complejo arrecifal
- 3.3.5.- Plano de litofacias de la Formación El Abra.
- CAP. 4.- 4.1.1.- Ubicación de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.
- 4.1.2.- Triásico tardío-Jurásico temprano.
- 4.1.3.- Jurásico tardío-Cretácico temprano.
- 4.1.4.- Cretácico temprano.
- 4.1.5.- Cretácico medio.
- 4.1.6.- Cretácico tardío.
- 4.1.7.- Eoceno tardío.
- 4.1.8.- Mioceno.
- CAP. 5.- 5.1.- Distribución geográfica de la Cuenca Sedimentaria del Terciario inferior en México.
- CAP. 6.- 6.4.1.- Cambio de facies de las formaciones del Cretácico Medio e Inferior en la margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

#### TABLAS

- CAP. 6.- 6.1.1.- Factores Geológicos Regionales.
- 6.1.2.- Paquetes Litoestratigráficos.
- 6.5.1.- Porosidad y permeabilidad primarias de rocas sedimentarias consolidadas y carbonatadas.

### CARTAS

- CAP. 3.- 3.1.- Carta Geológica.
- CAP. 6.- 6.1.- Carta Hidrogeológica.

### COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

- CAP. 3.- 3.2.- Columna Estratigráfica La Tapona
- 3.3.- Columna Estratigráfica Arroyo Las Peñas.

### SECCIONES ESTRUCTURALES

- CAP. 3.- Sección estructural A-A'.
- Sección estructural B-B'.
- Sección estructural C-C'.
- Sección estructural D-D'.
- Sección estructural E-E'.



## RESUMEN

El área de estudio, se localiza en la porción sur del Estado de Nuevo León y la porción noroccidental del Estado de San Luis Potosí, abarcando un área de aproximadamente 1870 km<sup>2</sup>, se sitúa entre los 23° 25' y 23° 45' de latitud norte y los 100° 10' y 100° 40' de longitud oeste.

Se caracteriza por ser una zona semiárida, con un amplio dominio de los climas secos y semisecos, alcanzando una precipitación media anual del orden de los 428.0 mm y una temperatura media anual de 19° C; factores que reducen considerablemente la potencialidad acuífera de la región.

De las observaciones realizadas en los recorridos de campo, se reconoció la presencia de dos ambientes de depósito para esta zona; la zona de cuenca y la zona de plataforma. La primera con rocas que en edad van del Jurásico Superior hasta Cretácico Superior, intervalo representado por la secuencia evaporítico-carbonatada de la Formación Olvido; la secuencia arcillo-calcárea de la Formación La Casita, la secuencia calcárea arcillosa de la Formación Taraises y la secuencia predominantemente calcárea de las Formaciones Tamaulipas Inferior, La Peña, Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura; la secuencia calcáreo-arcillosa de la Formación Agua Nueva y finalmente los sedimentos arcillo-calcáreos de la Formación San Felipe. Para la zona de plataforma, ocurren predominantemente rocas calcáreas que en conjunto van en edad del Cretácico Medio al Cretácico Superior; estando representado dicho período por el conjunto arrecifal y depósitos asociados de la Formación El Abra; por la Formación Tamasopo (Miembro Inferior y Miembro Superior) así como por los sedimentos calcáreo-arenosos-arcillosos de la Formación Cárdenas.

Se reconocieron y cartografiaron las tres facies de la Formación El Abra, identificando que para el Cretácico Medio la zona arrecifal formó una serie de parches arrecifales, alineados en el borde de la plataforma.

Tectónicamente la zona estuvo sujeta a los fenómenos compresivo distensivos de fines del Paleozoico e inicios del Triásico, eventos que originaron y condicionaron la paleogeografía del Mesozoico. Quedando integrada de esta manera tanto la Plataforma Valles-San Luis Potosí como la Cuenca Mesozoica del Centro de México, estando constituida la primera por un basamento de rocas paleozoicas, triásicas plegadas y falladas. Con este marco tanto en el Jurásico como en el Cretácico se desarrolló una sedimentación evaporítica, arcillosa y/o calcárea, con características particulares dependiendo del ambiente de depósito. En el Cretácico Superior, la zona fué afectada por los fenómenos compresivos de la Orogenia Laramide, estableciéndose de este modo, dos zonas con diferente estilo de deformación: la zona de plataforma caracterizada por presentar pliegues suaves y amplios, abiertos en las rocas de la Formación El Abra y la zona de cuenca que se caracteriza por presentar pliegues apretados, la mayoría sensiblemente asimétricos, abiertos en la Formación Agua Nueva.

Hidrogeológicamente se establece la existencia de un acuífero de permeabilidad media a baja en el material de relleno ubicado en la zona de plataforma. Se considera de posibilidades restringidas al material de relleno de la zona de cuenca. La facies más atractiva desde el punto de vista hidrogeológico, lo constituye la facies arrecifal, sin descartar a las otras dos. Se postula además que de existir un flujo regional en la zona de plataforma, éste aparecería a profundidades mayores de 800 metros. Hacia la zona de cuenca, se definen como potenciales acuíferos a las rocas del Cretácico Medio.

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION.

" El agua es la madre del vino,  
nodriza y fuente de la fecundidad,  
adorno y refresco del mundo "

Charles Mackey (1814-1889)

#### 1.1.- ANTECEDENTES

A lo largo de la historia de la humanidad, el agua ha sido considerada como el elemento vital para su desarrollo, y no solo por el hombre, sino para la supervivencia de la vida en el planeta, ya que sin dicho compuesto, cualquier actividad se verá reducida o anulada.

En México, con una explosión demográfica alta, la concentración en las ciudades de un número cada vez mayor de habitantes y con la necesidad de crear áreas favorables a la agricultura y con grandes regiones áridas y semiáridas, se tiene la función de llevar a cabo la investigación, exploración y manejo del líquido vital, atendiendo en forma primordial a las aguas subterráneas.

En un país como el nuestro, se necesita de estudios detallados de exploración y preservación de los recursos hidráulicos subterráneos.

En los territorios de San Luis Potosí y Nuevo León, ubicados aproximadamente en el noreste del país, con una geología y geografía por demás variada, la irregular distribución de los recursos hidráulicos subterráneos origina zonas con relativa abundancia de agua y escases de la misma en ciertas regiones, lo que ocasiona un desarrollo disarmonico y un crecimiento no equitativo.

Motivo por el cual, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Subdirección de Prospección Geohidrológica, convino en que se desarrollara el proyecto "Determinación del Marco Hidrogeológico de la zona Dr. Arroyo-Matehuala, estados de Nuevo León y San Luis Potosí, a partir del análisis Geológico-Estructural", que a la vez sirviera como tema de tesis, en apoyo al programa que la propia Secretaría ha desarrollado a través del Instituto Mexicano de Tecnología

del Agua, organismo descentralizado de la misma dependencia, así como una respuesta al llamado que han hecho las Instituciones de Educación Superior de que las dependencias gubernamentales apoyen la eficiencia terminal de los estudiantes que han completado su ciclo escolar y que están preparados para integrarse a la vida productiva del país, para de esta forma cumplir con el objetivo que la sociedad espera de ellos.

A su vez, uno de los objetivos que tiene encomendados el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua es el de apoyar por medio de una beca-crédito a sus tesisistas, con el propósito de que estos, dediquen tiempo completo a su investigación y ésta, se concluya en un tiempo adecuado a sus objetivos particulares. Por lo cual, nos consideramos beneficiados con este programa pues la citada investigación pudo llegar a buen término.

### 1.2.- OBJETIVOS

El propósito del presente trabajo es el de conocer con mayor definición las unidades litoestratigráficas y su potencialidad hidrogeológica para constituir zonas favorables de recarga y almacenamiento del agua, razón por la cual el Departamento de Exploración Geohidrológica propuso los siguientes objetivos :

- a) Definir las facies litológicas de las rocas cretácicas.
- b) Delimitar a semidetalle las unidades litoestratigráficas de la zona.
- c) Identificar las estructuras geológicas.
- d) Relacionar los resultados de las perforaciones realizadas en el área de estudio con los rasgos geológico-estructurales definidos.
- e) Identificar las unidades y estructuras hidrogeológicas de la zona.
- f) Identificar las zonas o áreas favorables para la perforación de pozos exploratorios.

### 1.3.- LOCALIZACION.

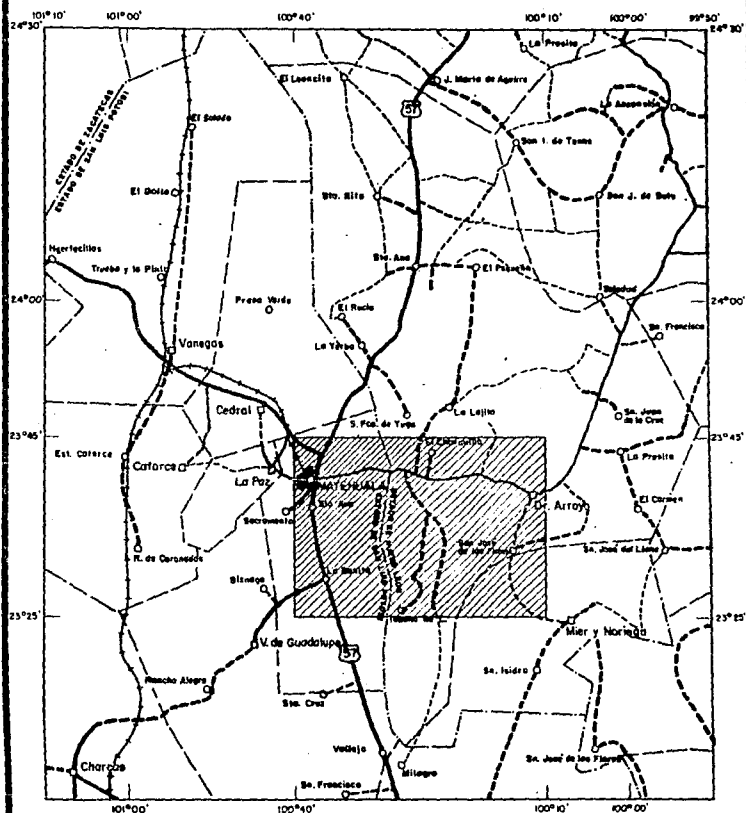
El área de estudio queda comprendida en la porción noreste del Estado de San Luis Potosí y la porción suroeste del Estado de Nuevo León, tomando una forma rectangular que abarca un área de aproximadamente 1870 kilómetros cuadrados.

Geográficamente se encuentra limitada por las coordenadas 100° 10' 00" y 100° 40' 00" de longitud oeste y 23° 25' 00" y 23° 45' 00" de latitud norte.

Cubriendo en forma total la hoja DETENAL Metehuala (F14-A25) y en forma parcial las hojas DETENAL Dr. Arroyo (F14-A26), Sierra El Azul (F14-A35) y Mier y Noriega (F14-A36).

Los municipios que se ubican dentro del área de estudio son dos: Mathualala en el Estado de San Luis Potosí y Dr. Arroyo, en el Estado de Nuevo Leon. Fig. No. 1.3.1.

# PLANO DE LOCALIZACION



## SIMBOLOGIA

CIUDAD IMPORTANTE		ESTATAL DE COOPERACION	
CABECERA MUNICIPAL		REVESTIMIENTO	
POBLACION		PROYECTO	
LIMITE ESTATAL		ZONA DE ESTUDIO	
LIMITE MUNICIPAL			
FERROCARRIL			
FEDERAL LIBRE			
MANO DE OBRA			

Fig. 1.3.1

#### 1.4.- VIAS DE COMUNICACION.

La principal vía de comunicación a la región de estudio es la carretera federal No. 57, México-Piedras Negras que la cruza en dirección Norte-Sur, pasando por la ciudad de Matehuala. En este punto, se entronca la carretera estatal No. 61 Matehuala-Dr. Arroyo-Linares, la cual atravieza la región en dirección oeste-este.

De la población de Dr. Arroyo, Nuevo León, se continúa un ramal de dicha carretera que llega hasta la población de Mier y Noriega, ésta carretera cruza de Norte a Sur la porción oriental de la zona de estudio.

La carretera estatal es la vía de acceso más importante hacia el resto del área, que se encuentra más o menos bien comunicada por caminos engravados que unen las cabeceras municipales con los poblados y ejidos más importantes; existiendo una gran cantidad de brechas las cuales facilitan la comunicación entre las rancherías y los ejidos pequeños.

En cuanto a vías férreas, la región se encuentra comunicada por el ferrocarril México-Laredo, que une a la ciudad de Matehuala, mediante el ramal Vanegas-Matehuala. Tanto la ciudad de Matehuala como la población de Dr. Arroyo, cuentan con aeropistas de pequeña extensión.

Respecto a los servicios de teléfono, telégrafo y correo, tanto Matehuala como Dr. Arroyo cuentan con estos servicios.

#### 1.5.- METODO Y DURACION DEL TRABAJO.

Para el desarrollo del presente trabajo se programaron una serie de actividades que facilitaron el cumplimiento y seguimiento del proyecto. En una primera etapa, se recopiló la mayor cantidad de información posible, siendo ésta de tipo cartográfico, geológico, estratigráfico, geohidrológico, climatológica y tectónica. Recopilada dicha información, se procedió a analizarla marcando criterios de tipo jerárquico de acuerdo al tema que se tratase, para finalmente tener un marco geológico-hidrogeológico-tectónico de referencia, y de esta manera, manejar con claridad el entorno sobre el cual se iba a trabajar.

Con la información que se logró obtener tanto en S.A.R.H., U.N.A.M., I.N.E.G.I., se elaboró una carta geológica preliminar sobre la cual se empezó a trabajar. Esta carta fué verificada en cada uno de los recorridos de campo.

### 1.3.1.- Trabajo de Campo.

El trabajo de campo se llevó a cabo en un total de 40 días distribuidos en tres recorridos de 15 días y 10 días cada uno, realizándose en ellos, la verificación geológica de la carta geológica preliminar; el levantamiento de dos secciones estratigráfico-estructurales. Como no se contó con fotografías aéreas, dichas secciones tuvieron que apoyar el levantamiento geológico mediante el método de brújula-clisímetro y cinta, auxiliándose además con las cartas topográficas escala 1:50 000 de DETENAL para la ubicación de contactos, ejes estructurales, fallas y de los puntos de verificación.

#### Identificación Preliminar de Facies.

Dado que uno de los objetivos del presente trabajo fué la identificación de las facies de las rocas cretácicas, principalmente del Cretácico Medio. Se realizaron una serie de recorridos de pequeña extensión con el propósito de ubicar con mejor exactitud la distribución espacial de las facies arrecifales de la Formación El Abra, y su correspondiente equivalente de cuenca. Para poder lograr esto, se consideraron las características litológicas, paleontológicas y petrográficas de la Formación El Abra obtenidos en la sección estratigráfica Taponá. Ver Figura 3.2. Reconocidas éstas, la identificación de las mismas en los siguientes recorridos fué más fácil de llevar a cabo. Así fué como finalmente se lograron identificar las facies pre-arrecifal, arrecifal y post-arrecifal de la Formación El Abra.

#### Delimitación a Semidetalle de las Unidades Litoestratigráficas.

Esta actividad, consistió en realizar una verificación de campo de los contactos litológicos de las unidades aflorantes en el área. De la información cartográfica-geológica se observa que en gran parte, la delimitación de las formaciones aflorantes en el área de estudio coinciden con los contactos observados en campo. Por lo que respecta a esta actividad debe de mencionarse que fué posible el identificar a toda la secuencia de cuenca así como a la secuencia de plataforma.

#### Identificación de las Estructuras Geológicas.

A través de los recorridos de campo que se realizaron, se lograron identificar una serie de estructuras que definen con cierta facilidad dos zonas con diferente plegamiento:

En la zona de Plataforma para el Cretácico Medio se tienen sobre todo plegamiento más o menos suaves, los cuales definen en general, estructuras amplias formando principalmente anticlinales y sinclinales abiertos en la Formación El Abra. Por

su parte los sedimentos del Cretácico Superior tienden a estar de moderada a fuertemente plegados llegando a formar pliegues de tipo asimétrico recostados al NE .

En términos generales, sobre la plataforma, la Sierra El Azul define una serie de pliegues más o menos suaves limitados al occidente por la Falla Picacho y al oriente por la planicie aluvial de la zona de transición plataforma-cuenca. Esta fallas, de tipo normal, Post-Cretácico Medio, probablemente sean el resultado de los fenómenos distensivos de la Orogenia Laramide.

#### Verificación de la Ubicación de las Perforaciones Realizadas en la Zona.

Al mismo tiempo que se realizaban los recorridos de las verificaciones geológicas, se verificaban la ubicaciones de las perforaciones realizadas por la S.A.R.H., o bien por el Gobierno de Estado de Nuevo León. En varios de los casos, la ubicación de las perforaciones en el campo no coincidió con la información obtenida de los informes finales de las mismas.

Así mismo, también se ubicaron otras de las cuales no se tenía conocimiento de su existencia dentro de la zona, debido a que no se contaba con la información correspondiente.

De la información disponible, se tiene que dentro de la zona de estudio se cuenta con 50 perforaciones de las cuales 23 están emplazadas en materiales aluviales y 27 lo están en calizas. Debe de mencionarse que no todas estas perforaciones fueron visitadas, debido a que el objetivo del proyecto no incluía actividades que requirieran de la visita obligada a cada una de estas obras. Sin embargo, como se dijo antes, cuando fue conveniente visitar algunas de ellas, sobre todo para tener un mejor conocimiento de las condiciones geológicas de las localizaciones de cada uno de los pozos, se hicieron esos recorridos obteniéndose información valiosa para evaluar las condiciones hidrogeológicas de la zona de estudio.

#### Muestreo de Rocas.

Para tener un control a semidetalle de cada uno de las formaciones, al momento de medir las secciones estratigráfico-estructurales, se realizó el muestreo litológico cada vez que ocurría un cambio notable a lo largo del levantamiento de las mismas. Sin embargo, dado la naturaleza del proyecto, el muestreo no se realizó tan detallado como se hubiese deseado. La descripción de los afloramientos y de las muestras se hizo indicando el tipo de roca, el color, espesor de la estratificación, fósiles observables, estructuras primarias y secundarias. El control de las muestras se hizo numerando cada una de ellas y cuya clave se anotaba en la libreta de campo.

La descripción y clasificación megascópica de las muestras se hizo con la ayuda de la lupa y del ácido clorhídrico, utilizando para ello la nomenclatura de Dunham modificada por Embry and Klovan (1971) para rocas carbonatadas y la de Pettijohn para rocas clásticas.

#### 1.5.2.- Trabajo de Gabinete.

Realizada la primera etapa de campo, se empezó a reelaborar la carta geológica preliminar, la cual tuvo una serie de modificaciones, que finalmente fueron corregidas dando lugar a una carta geológica bastante confiable, en donde se logra apreciar la cartografía semidetallada de las unidades litoestratigráficas así como de las estructuras geológicas de toda el área de estudio.

También se elaboró una Carta Hidrogeológica en donde se muestran cada una de las perforaciones realizadas en la zona, en donde se observa la distribución que tienen las mismas, así como la posición de aquellas que han resultado positivas y la de aquellas que son negativas.

Para conocer las condiciones geológico-estructurales de la zona, se construyeron cinco secciones estructurales apoyadas en los datos obtenidos en cada uno de los recorridos para tal efecto. Dichas secciones resultaron de gran utilidad para conocer las condiciones en el subsuelo de las unidades susceptibles de constituir acuíferos y sobre todo para conocer con mejor aproximación los problemas que pueden presentarse al momento de realizar la perforación.

#### 1.6.- AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, quien a través de la Subdirección de Prospección Geohidrológica otorgó las facilidades para la realización del presente trabajo.

Y de manera especial a las siguientes personas:

Al Ing. Remo Loiza García, Director General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos, quien autorizó el presente proyecto.

Al Ing. Rubén Chávez Guillén, Director de Aguas Subterráneas y al Ing. Luis Velázquez Aguirre, Subdirector de Prospección Geohidrológica, por el entusiasmo e interés que prestaron para que el presente trabajo pudiera llegar a feliz término.

Al Ing. Anselmo Ordaz Ayala, Jefe del Departamento de Exploración Geohidrológica, quien a la vez fue el Supervisor del Proyecto y quien propuso la realización de dicha investigación.



Al Fis. Jose Armando Diez Pérez, por el apoyo brindado para la utilización del equipo de cómputo.

Y en general, a todo el personal de la Subdirección de Prospección Geohidrológica, que de alguna manera nos brindó el apoyo necesario en forma desinteresada en cada una de las actividades desarrolladas en este trabajo. Así como a la Residencia de Aguas Subterráneas del Estado de Nuevo León en Matehuala, por la ayuda facilitada en los trabajos de campo, en especial a los Señores Miguel Diaz y Mariano Vázquez.

Al Ing. Félix Hernández Gamundi, Coordinador de Desarrollo Profesional del IMTA, quien autorizó la solicitud de beca-crédito, gracias a la cual el presente estudio pudo realizarse.

A la Lic. Ana Rosa Gómez Carbajal, Jefe del Departamento de Desarrollo Profesional a Nivel Licenciatura del IMTA, por el apoyo brindado en la obtención de la beca.

Así como a todo el personal del IMTA que de alguna u otra forma cooperó para que este estudio fuera realizado.

Por otra parte y de manera especial, agradecemos al Ing. Héctor L. Macías González la atinada dirección y asesoramiento que nos brindó; al Dr. Jaime Barceló Duarte, por el asesoramiento brindado a lo largo de cada una de las actividades desarrolladas durante el estudio. Así como al Ing. Enrique Espinoza Amador, al M.C. Rubén Martínez Guerra y al Ing. Luis Noel Torres Lira a quienes agradecemos sus comentarios y sugerencias, que nos ayudaron a enriquecer la información contenida en este estudio.

## CAPITULO 2

### FISIOGRAFIA.

#### 2.1.- PROVINCIA FISIOGRAFICA.

De acuerdo a la clasificación de provincias fisiográficas de DETENAL, el área de estudio se encuentra ubicada en la porción suroccidental de la Provincia de la Sierra Madre Oriental. La cual, colinda al norte y noroeste con la provincia de las Sierras y los Bolsones; al oeste con la Mesa Central, en una pequeña franja al noroeste con la Sierra Madre Occidental, al sur con la Provincia del Eje Neovolcánico y al este con la Llanura Costera del Golfo y la Gran Llanura Norteamericana.

En esta área, la Sierra Madre Oriental fundamentalmente está compuesta de grandes y pequeñas sierras en estratos plegados, de rocas principalmente marinas de fines del Paleozoico, del Triásico, del Jurásico y del Cretácico siendo estas de carácter primordialmente calcáreo.

A su vez, el área de estudio pertenece a la Subprovincia de Sierras y Llanuras Occidentales. Esta subprovincia se encuentra limitada al oeste por la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central; al sur con la Provincia del Eje Neovolcánico; al este y noreste por la Subprovincia de la Gran Sierra Plegada.

La Subprovincia de Sierras y Llanuras Occidentales, se caracteriza por presentar una topografía moderadamente suave, cuyas sierras presentan una orientación sensiblemente norte-sur entre las cuales hay espacios planos cubiertos de aluvión. Las llanuras al norte de la subprovincia, alcanzan los 2 000 m.s.n.m., en tanto que las de la porción sur ocurren a 1 500 m.s.n.m. La elevación mayor dentro del área de estudio, lo constituye la Sierra El Azul, cuya cumbre mayor Cerro Picacho Alto mide 2 330 m.s.n.m.

Esta es la sierra de mayor expresión topográfica en la zona de estudio, la cual señala el límite nororiental de la Plataforma-Valles San Luis Potosí, siendo ésta de naturaleza predominantemente calcárea, producto del desarrollo de grandes crecimientos arrecifales y depósitos asociados.

Dentro de la zona de plataforma se tiene que la mayoría de las elevaciones son de rocas calcáreas, de formas arredondadas y de pequeña extensión. En tanto que en la porción de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, la mayor expresión topográfica, la constituye la Sierra de la Trinidad, al norte de Dr. Arroyo, en la cual, algunos de sus cerros, alcanzan los 2 250 m.s.n.m. Siendo sus elevaciones generalmente de forma alargada,

presentando una orientación sensiblemente noreste-suroeste, tendiendo a ser norte-sur, las cuales presentan una longitud que varia de 5 hasta 25 km y de 1 a 15 km de ancho.

Esta disposición topográfica revela la gran complejidad estructural evidenciando una serie de pliegues anticlinales y sinclinales, casi simétricos afectados por pequeñas fallas generalmente de tipo normal.

## 2.2. - HIDROGRAFIA

El sistema de drenaje está integrado por dos subsistemas principales, los cuales fluyen en direcciones diferentes; uno lo hace hacia el oeste-sur oeste formando parte del Bolsón de Matehuala, el cual se caracteriza por presentar corrientes intermitentes de tipo consecuente las que desaparecen por infiltración al alcanzar el nivel freático y otras por evaporación.

Parte de estas corrientes en la mayoría de los casos, llegan a infiltrarse en los conos aluviales localizados al pie de las sierras para drenarse posteriormente a los rellenos aluviales que sobreyacen a las rocas carbonatadas características de la zona de plataforma, dichos rellenos, según información obtenida de algunos de los pozos perforados en esta zona, alcanzan más de 380 metros de profundidad.

Hacia la parte de cuenca, se observa que las corrientes fluyen hacia el este, en el flanco oriental de la Sierra El Azul y de la Sierra El Charquillo; hacia el oeste en el flanco occidental de la sierra situada al sureste de Dr. Arroyo, Nuevo León. Todo este sistema también es de tipo intermitente y consecuente. Se llegan a formar grandes arroyos y ocasionalmente llegan hasta el valle aluvial donde desaparecen por infiltración.

Sin embargo, se espera que tanto sobre la porción de plataforma como en la de cuenca el drenaje subterráneo, producto de las infiltraciones sobre las sierras y valles fluya hacia el sur, de acuerdo al estudio realizado por la Secretaría en 1979. En la zona de cuenca, como puede observarse en la Carta Hidrogeológica, existen dos bajos topográficos en la porción sur de la zona de estudio. En la porción oriental de la Sierra El Azul, se tiene principalmente un drenaje paralelo, en tanto que en el resto del área, éste es de tipo enrejado y radial divergente.

### 2.3.- GEOMORFOLOGIA.

Atendiendo a las características topográficas, geológicas, estructurales, fisiográficas e hidrográficas identificadas en la zona de estudio, se pueden diferenciar los siguientes rasgos geomorfológicos:

#### 2.3.1.- Montañas de Plataforma Suavemente Plegadas.

Estas morfoestructuras ocupan la porción oriental del área y aproximadamente se extienden desde la porción oriental de la Sierra de Catorce hasta los conos aluviales de la porción occidental de la Sierra El Azul. Estas se caracterizan por ser sierras de pequeñas dimensiones, de forma redondeada y con plegamientos sumamente suaves, marcan y definen a la vez la facies lagunar de la Formación El Abra sobre la Plataforma Valles-San Luis Potosí. El aspecto geomorfológico evidencia la presencia de rocas carbonatadas, siendo éstas de acuerdo a su composición predominantemente biomicríticas que las hace resistentes a la erosión, razón por la cual tienden a manifestarse de la manera antes señalada. Sin embargo, el contenido de bancos de toucasias y de ocasionales rudistas, le confieren una amplia disposición a los agentes intemperizantes, sobre todo de tipo exógeno, aunado a que se tiene un clima semiárido con fluctuaciones estacionales importantes en la temperatura. Además, la alta concentración de residuos carbonatados al combinarse con el agua meteórica provoca en este tipo de morfoestructura una considerable disposición a la disolución.

Sobre estas estructuras, existe aunque en pequeña proporción, detritos carbonatados producto de la desintegración de las rocas in situ.

#### 2.3.2.- Montañas de Plataforma Moderadamente Plegadas.

Esta morfoestructura ocupa la porción media del área y tiene como límites al occidente a la gran Falla Picacho, y al oriente la planicie aluvial correspondiente a la zona de transición plataforma-cuenca. Ver carta 3.1. Se caracteriza por ser la más importante del área, cuya expresión topográfica se acentúa debido a la presencia de esta falla. Es una sierra sensiblemente orientada norte-sur, con grandes escarpes en rocas arrecifales así como crestas de forma redondeada, en la porción norte se caracteriza por presentar rocas de tipo pre-arrecifal, lo cual origina una topografía sensiblemente moderada.

Hacia la parte sur se tiene la presencia de rocas con importante contenido terrígeno, características de una plataforma interna. En esta porción, se tienen rocas con plegamientos más o menos fuertes, lo que origina una serie de elevaciones moderadamente apretadas así como pequeñas fallas de tipo normal.

### 2.3.3.- Montañas de Cuenca.

Esta morfoestructura ocupa aproximadamente desde la porción media del área hasta la parte oriental de la misma. Limitada al occidente por el flanco oriental de la Sierra El Azul, y al oriente esta morfoestructura se extiende fuera de la zona de estudio.

### 2.3.4.- Planicie Aluvial.

Este rasgo geomorfológico abarca la mayoría de las zonas bajas del área, abarcando parte del valle aluvial de Matehuala así como el Valle de Dr. Arroyo-San Rafael de Martínez; en el valle situado al oriente de la Sierra El Azul y en general, los valles aluviales intermontanos situados entre las pequeñas sierras de la zona de cuenca principalmente. Esta morfoestructura es sin lugar a dudas la de mayor extensión dentro del área y está constituida principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas con ocasionales intercalaciones de horizontes evaporíticos.

## 2.4.- CLIMATOLOGIA.

Con el objeto de realizar un breve análisis climatológico de la región, se utilizó la información publicada por el Instituto de Geografía de la U.N.A.M., de información disponible de la Dirección de Aguas Superficiales de la S.A.R.H., y de publicaciones del I.N.E.G.I., encontrando que en el área de estudio quedan ubicadas sólo dos estaciones climatológicas y una tercera muy cercana a la misma; las tres a cargo de la S.A.R.H., en cuanto a estaciones hidrométricas, no se cuenta con ninguna ubicada dentro de la zona debido a que no existe ninguna corriente de importancia.

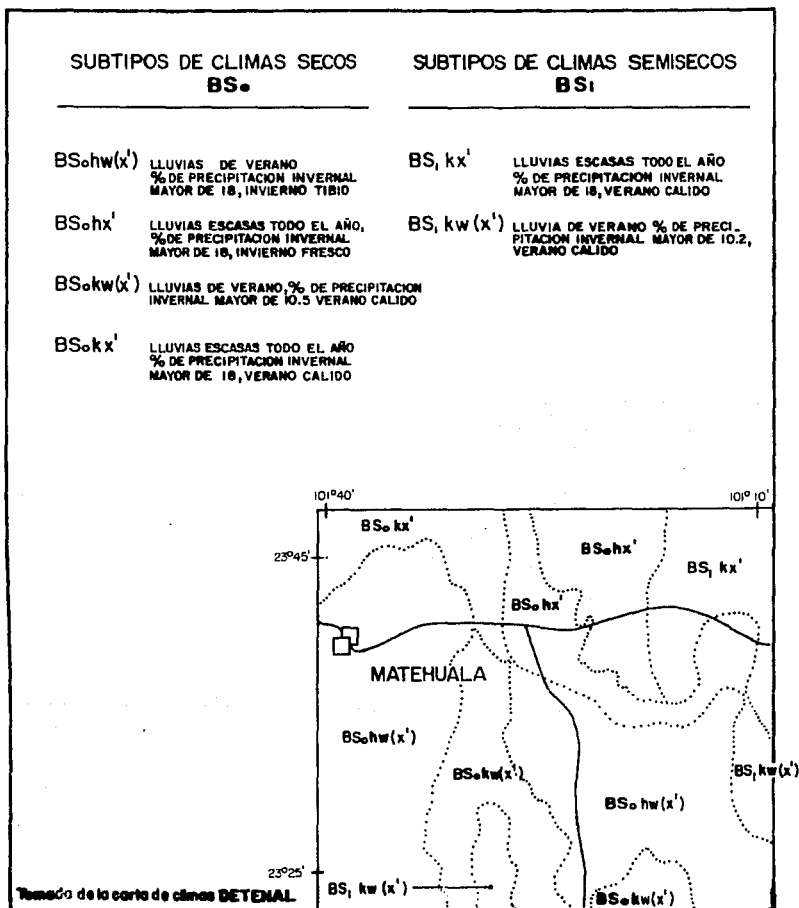
De acuerdo al Sistema de Clasificación Climática de Köppen modificada por E. García en 1964, para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana, el área de estudio presenta seis variantes del grupo de los climas secos.

distribución de la lluvia que se deriva de las observaciones y la continuación se describen brevemente las claves correspondientes a las variantes climáticas del grupo de los climas secos, los cuales predominan en la región y que se ven incluidas en la misma figura.

Grupo de Climas Secos (se divide en varios tipos, que van de los menos secos a los más secos).

Tipos de Climas Semisecos BS (con lluvias en verano y escasas a lo largo del año).

Figura 2.4.1 Distribución de los climas en el area de Matehuala, SLP y Dr. Arroyo N.L.



#### Subtipos Semisecos Templados.

BS Kw(x') Lluvias de verano, % de precipitación mayor de 10.2. Verano cálido.

BS Kx' Lluvias escasas todo el año, % de precipitación invernial mayor de 18.0. Verano cálido.

Tipos de Climas Secos BSo (con lluvias en verano y escasas a lo largo del año).

#### Subtipos Secos Semicálidos.

BSohw(x') Lluvias de verano, % de precipitación invernial mayor de 10.2. Invierno fresco.

BSohx' Lluvias escasas todo el año, % de precipitación invernial mayor de 18.0. Invierno fresco.

#### Subtipos Secos Templados.

BSokw(x') Lluvias de verano, % de precipitación invernial mayor de 10.5. Verano cálido.

BSokx' Lluvias escasas todo el año, % de precipitación invernial mayor de 18.0. Verano cálido.

#### Cuenca y Subcuenca Hidrológicas.

El área de estudio queda ubicada en la Región Hidrológica No. 37 El Salado, la cual se encuentra desprovista de un drenaje integrado, quedando constituida por un conjunto de cuencas endorreicas. A su vez, queda comprendida dentro de la Cuenca Hidrológica B RH37-Matehuala y la Cuenca Hidrológica H RH37-Sierra Madre, que a su vez dentro de estas cuencas el área de estudio toma porciones de las subcuencas hidrológicas AB-Matehuala y CH-Dr. Arroyo que corresponden respectivamente a las cuencas antes mencionadas. Ver Figura 2.4.2.

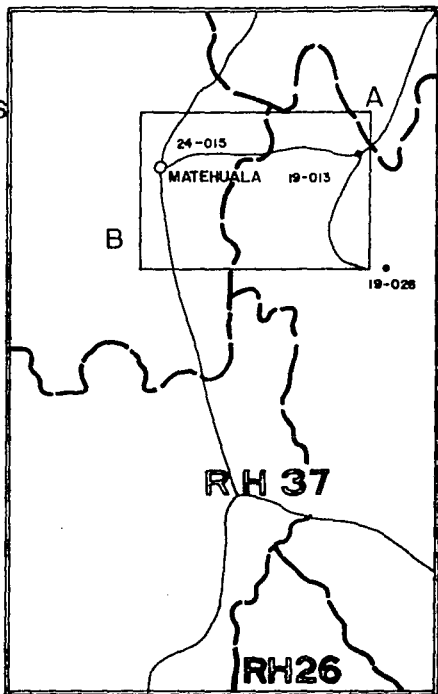
#### 2.4.1.- Precipitación Pluvial.

Para determinar la magnitud y distribución de la precipitación pluvial en la zona y para estimar la lámina media anual precipitada en la misma, se procesó la información disponible de las estaciones climatológicas Dr. Arroyo y Matehuala, y como complemento se consideraron los datos de la estación Mier y Noriega.



Fig. 2.4.2

REGION, CUENCA  
Y SUBCUENCA HIDROLOGICAS  
DEL SUR DE NUEVO LEON  
Y NORESTE DE  
SAN LUIS POTOSI



**RH37** - REGION HIDROLOGICA  
EL SALADO

—— LIMITE DE REGION  
HIDROLOGICA

A CUENCA SIERRA MADRE  
ORIENTAL

B CUENCA MATEHUALA

H SIERRA MADRE

- - - - LIMITE DE CUENCA

○08-24 ESTACION CLIMATOLOGICA

(Tomado de la carta Hidrologica  
de aguas superficiales DETENAL  
1981)

ESCALA 1 : 1,000,000

De esta manera se observa que en la estación climatológica Matehuala, se precipitan 433.44 mm/año, la media anterior obtenida para el periodo de 1927 a 1983, como se observa en la gráfica No. 2.4.1.1. Se observa también que para este periodo el año en que se registró la mayor precipitación pluvial fué en 1976, con una media anual de 743.0 mm; en tanto que el año en que se registró la menor precipitación fué en 1979 con una media anual de 223.5 mm.

En la gráfica No. 2.4.1.2. se observa que para este periodo el mes que registra la máxima precipitación pluvial es el de junio, con una media mensual de 80.36 mm y el mes en que se registra la menor precipitación es en diciembre con una media mensual de 14.258 mm.

Con respecto a la estación climatológica Dr. Arroyo, se observa que la cantidad promedio de agua precipitada anualmente es de 401.02 mm/año, lo anterior para el periodo de 1927 a 1936, y en el año de 1937 hasta 1941 se vió suspendido su funcionamiento, reanudandose de 1942 a 1969, ver gráfica No. 2.4.1.3.

De la misma gráfica, se observa que para el periodo antes mencionado el año en que se registró una mayor precipitación pluvial fué en 1944, con una media para ese año de 802.5 mm y el año en que se registró una menor precipitación pluvial fué en 1952 con una media de 151.58 mm para ese año.

En la gráfica No. 2.4.1.4, se observa que el mes en que se registra mayor precipitación pluvial es en agosto, con una media mensual de 87.10 mm, en tanto que el mes en que se registra una menor cantidad de agua precipitada es en enero, con una media mensual de 12.51 mm.

Con el fin de complementar la información de precipitación pluvial, se consideraron los datos de la estación climatológica Mier y Noriega, la cual queda ubicada a unos pocos kilómetros al SE del área de estudio.

Para esta estación, anualmente se precipita una cantidad de agua del orden de 451.46 mm, lo anterior, para el periodo comprendido de 1943 a 1983, ver gráfica No. 2.4.1.5. En la misma gráfica, se observa que el año en que ocurrió una mayor precipitación pluvial fué en 1948 con una media para ese año de 799.25 mm. En tanto que el año que registró la menor cantidad de agua precipitada fué en 1962 con una media de 115.11 mm.

De la gráfica No. 2.4.1.6 se tiene que el mes en que se registra mayor cantidad de precipitación pluvial es en septiembre con una media mensual de 94.75 mm y en cuanto al mes que registra la menor precipitación pluvial es noviembre con una media mensual de 15.75 mm.

PRECIPITACION MEDIA ANUAL MATEHUALA PERIODO 1927-1983

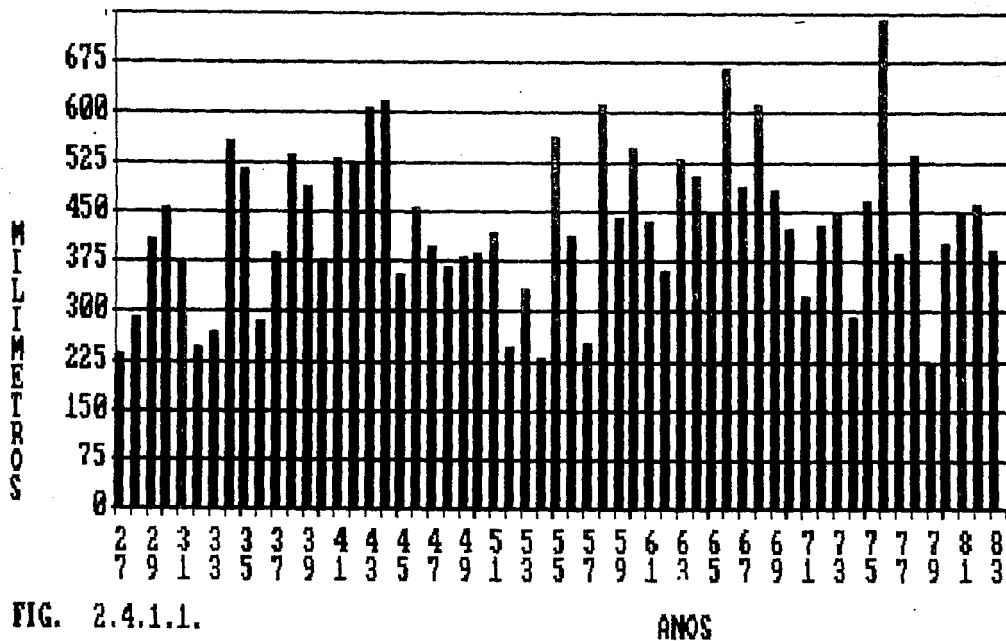
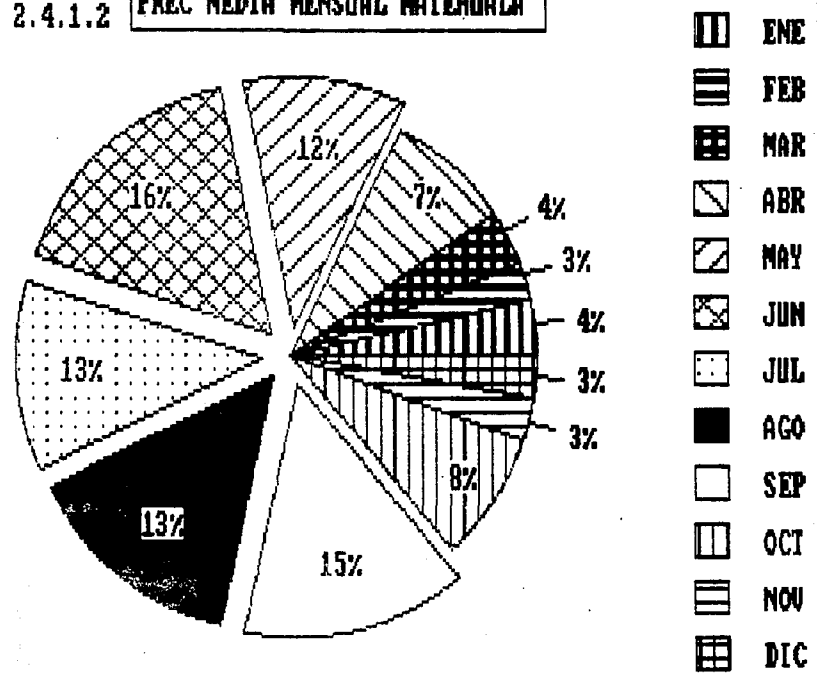


FIG. 2.4.1.1.

ANOS

FIG. 2.4.1.2 **PREC MEDIA MENSUAL MATEHUALA**



PRECIPITACION MEDIA ANUAL DR. ARROYO PERIODO : 1927-1969

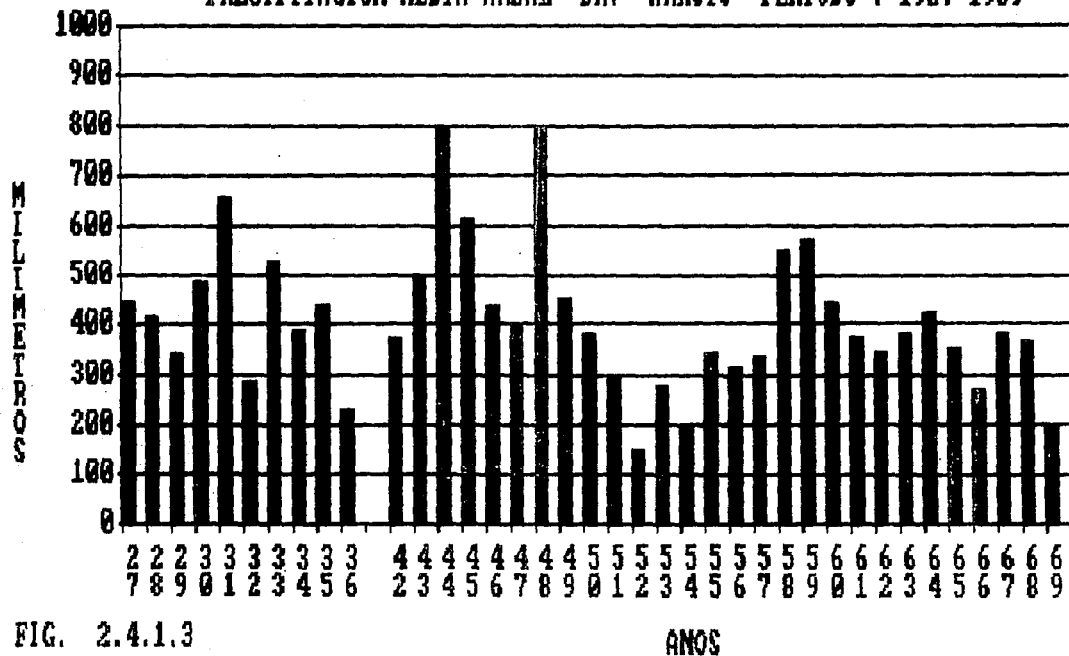












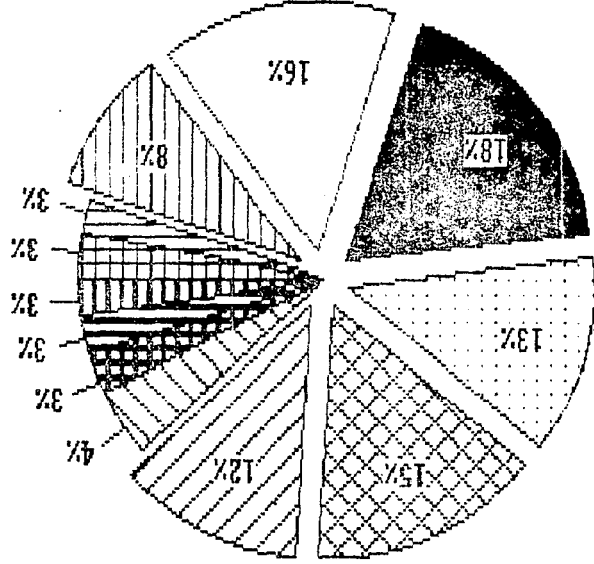


FIG. 2.4.1.3

ANOS

- DIC 
- NOV 
- OCT 
- SEP 
- AGO 
- JUL 
- JUN 
- MAY 
- ABR 
- MAR 
- FEB 
- ENE 



PREC MEDIA MENSUAL DR ARROYO

FIG. 2.4.1.4

PRECIPITACION MEDIA ANUAL MIER Y NORIEGA PERIODO 1943-1983

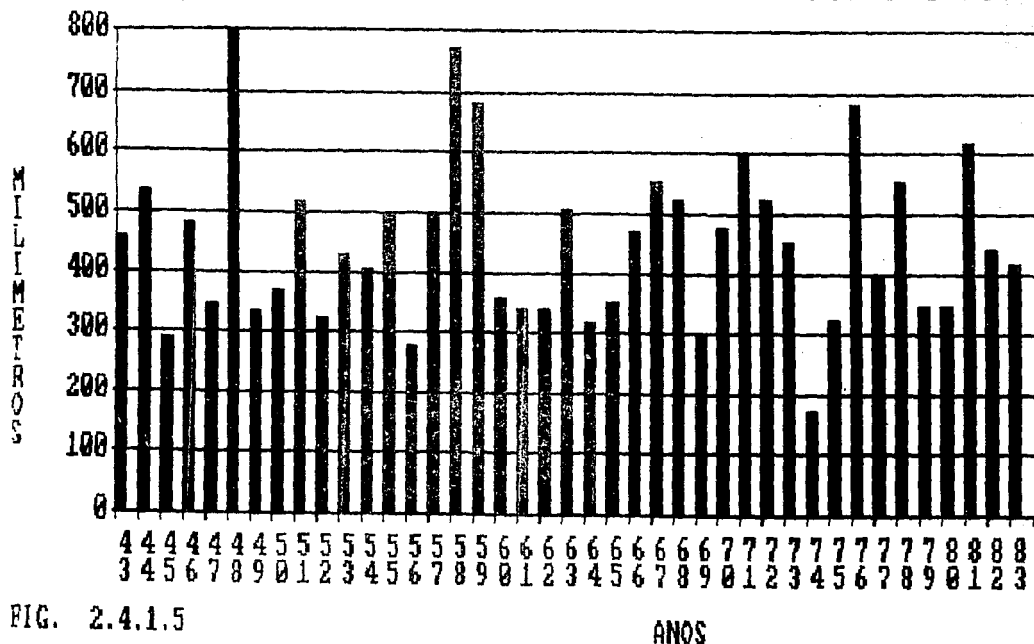
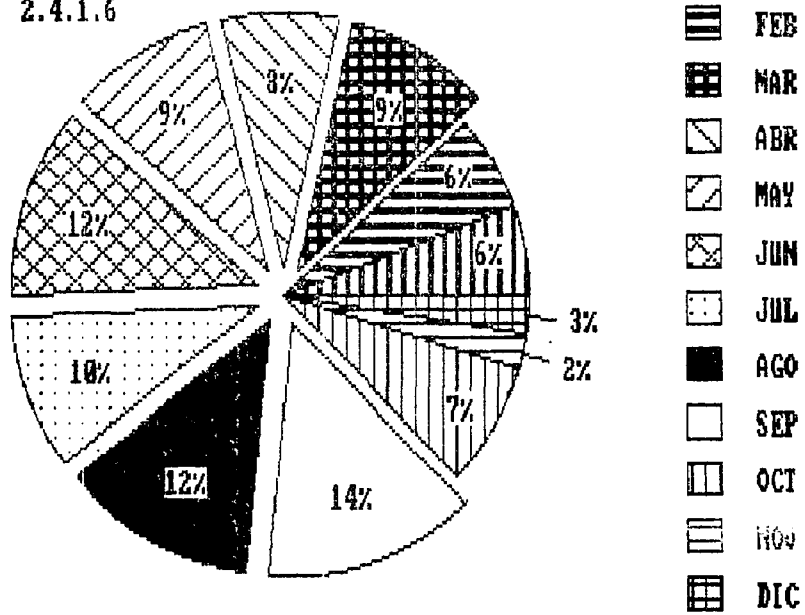


FIG. 2.4.1.5

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL MIER Y NORIEGA

FIG. 2.4.1.6





#### 2.4.2.- Temperatura.

A fin de realizar una estimación de la distribución y magnitud de la temperatura que prevalece en la zona de estudio se procesó la información disponible de las tres estaciones climatológicas antes mencionadas.

De esta forma se obtuvo que para la estación climatológica Matehuala, prevalece una temperatura media anual de 19.5 °C para el periodo comprendido de 1927 a 1983. El año que registró una mayor media anual de temperatura fué en 1957 con un valor de 21.28 °C, en tanto que el año en que se registró la menor media anual de temperatura fué 1966 con un valor de 16.57 °C.

De la gráfica No. 2.4.2.1, se observa que el mes en que se tiene una media mensual mayor de temperatura es en junio con un valor de 23.21 °C, en tanto que el mes que registra una media mensual menor de temperatura es enero con un valor de 13.93 °C.

Con respecto a la estación climatológica Dr. Arroyo, se observa que esta zona cuenta con una media anual de temperatura de 19.75 °C; lo anterior se obtuvo del periodo comprendido de 1942 a 1969. El año que registró una media anual mayor de temperatura fué en 1957 con un valor de 21.64 °C y el año en que se tuvo una media anual menor fué 1967 con un valor de 14.92 °C. En la gráfica No. 2.4.2.2, se observa que esta área cuenta con una media mensual de temperatura mayor en el mes de julio con un valor de 22.8 °C; en tanto que se tiene que el mes en que se registran las menores temperaturas es enero con una media mensual de 14.4 °C.

De la temperatura que prevalece en la estación climatológica Mier y Noriega, se obtuvo que esta zona cuenta con una media anual de 18.92 °C; para el periodo comprendido de 1960 a 1983. El periodo antes mencionado tuvo dos años con igual media anual de temperatura que fueron los mayores y con un valor ambas de 20.0 °C, en tanto que el año que registró una menor media anual de temperatura fué 1976 con un valor de 17.89 °C.

En la gráfica No. 2.4.2.3, se observa que el mes en que se registra una media mensual mayor es en el mes de junio con un valor de 22.62 °C y el mes en que se tiene la menor media mensual es en enero con un valor de 13.5 °C.

#### 2.4.3.- Evaporación Potencial.

Para estimar la cantidad y distribución de la evaporación potencial que ocurre en el área de estudio, solo se contó con la información de la estación climatológica Matehuala.

De la gráfica No. 2.4.3.1 se observa que para el periodo comprendido de 1963 a 1983 de la estación climatológica Matehuala, se tiene una media anual de evaporación potencial, de 1715.7 mm. En la misma gráfica se observa que el año que registró

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MATEHUALA PERIODO : 1927-1983

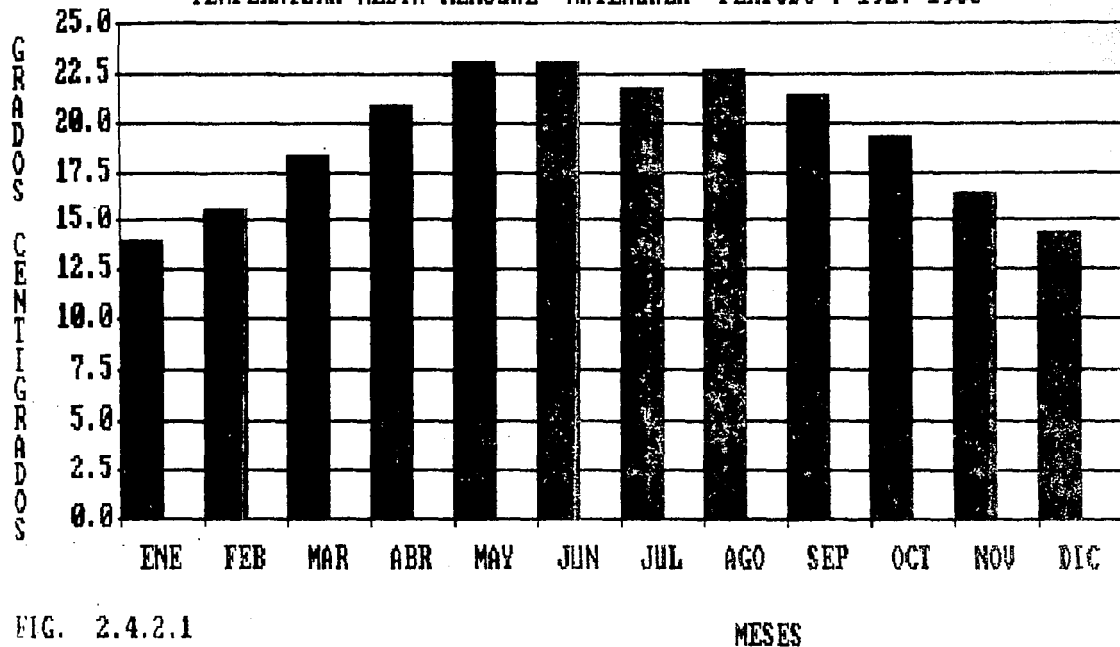


FIG. 2.4.2.1

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DR. ARROYO PERIODO : 1942-1969

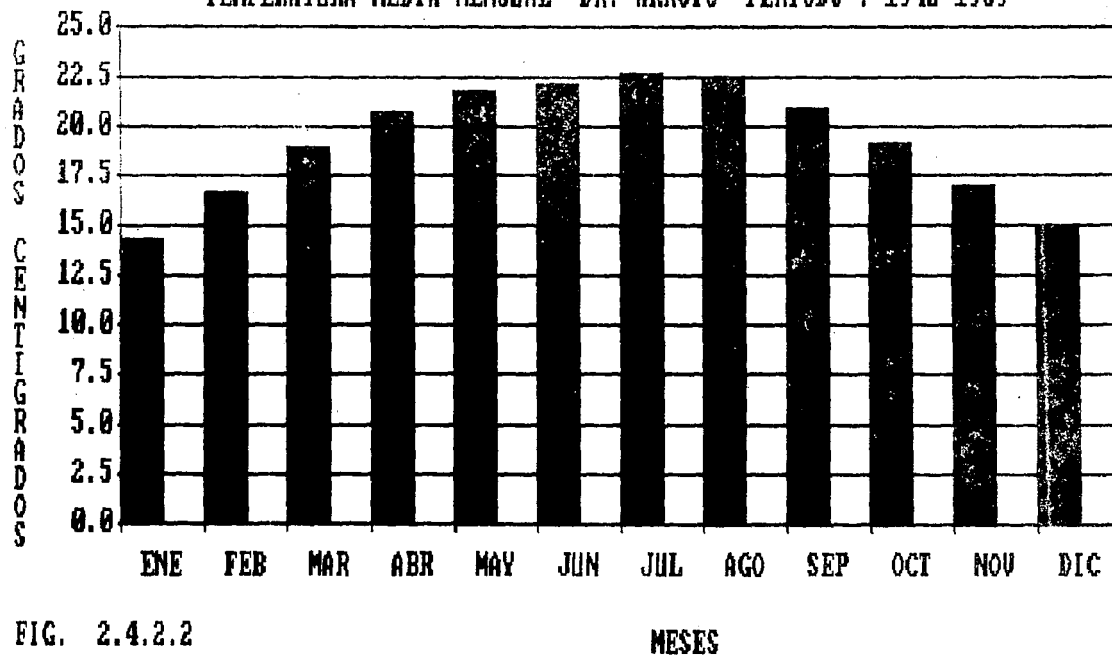


FIG. 2.4.2.2

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MIER Y NORIEGA PERIODO 1960-1983

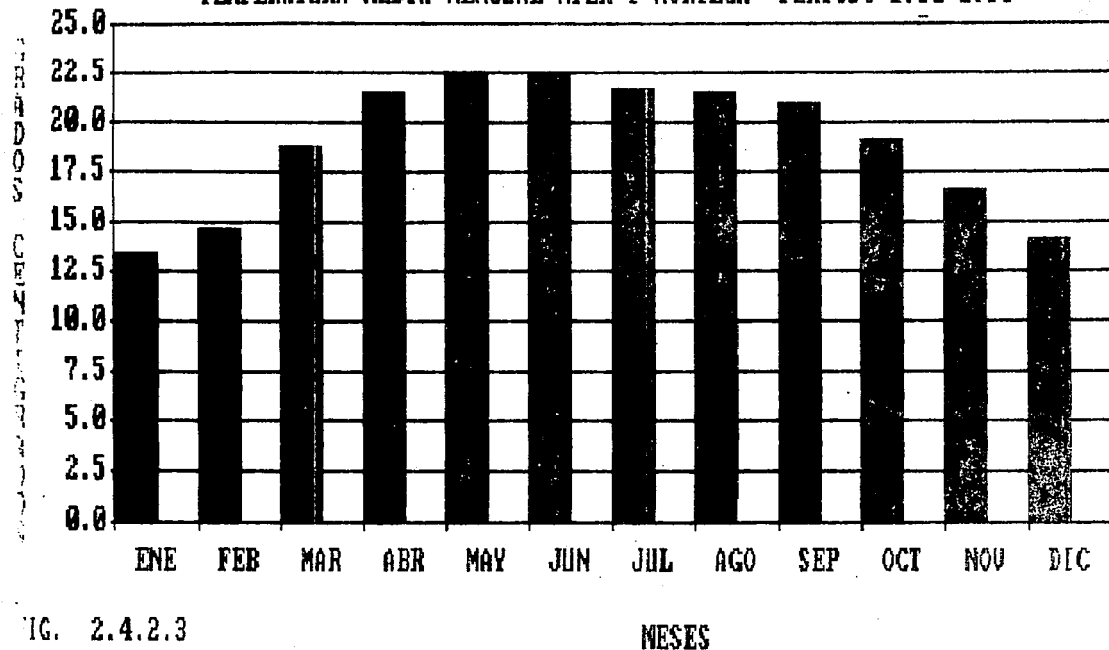


FIG. 2.4.2.3

EVAPORACION POTENCIAL MEDIA ANUAL MATEHUALA PERIODO 63-83

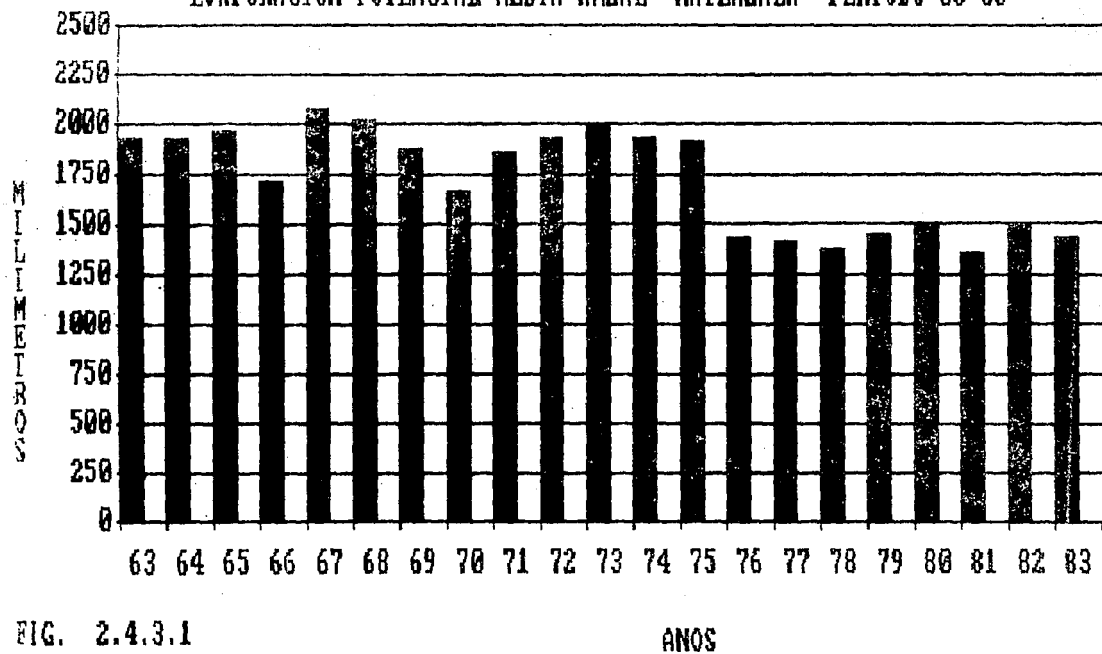
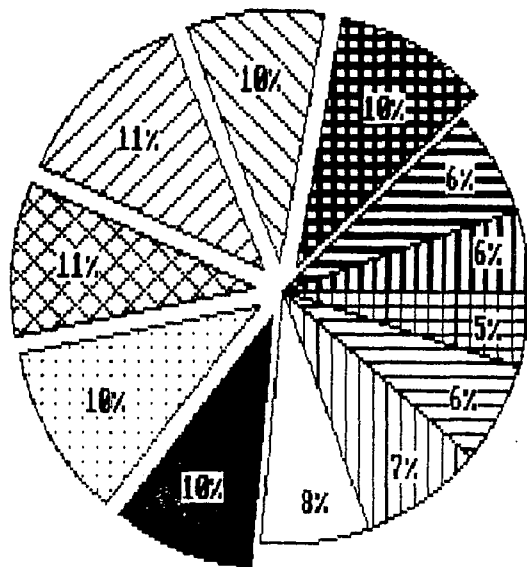


FIG. 2.4.3.1

ANOS

FIG. 2.4.3.2

EVAP POT MED MENSUAL MATEHUALA



- ENE
- FEB
- MAR
- ABR
- MAY
- JUN
- JUL
- AGO
- SEP
- OCT
- NOV
- DIC

una mayor evaporación potencial fué 1967 con una media anual de 2073.7 mm, en tanto que el año que registró la menor evaporación potencial fué 1981 con una media anual de 1 372.0 mm.

De la gráfica No. 2.4.3.2, se tiene que el mes en que existe la mayor evaporación potencial es en mayo, con una media mensual de 2249.1 mm. La menor evaporación potencial es en febrero con un valor de 1078.2 mm.

La información climatológica anteriormente analizada, se ve resumida en la siguiente tabla, la cual será discutida brevemente en los siguientes párrafos.

TABLA DE MEDIAS ANUALES PUNTALES

Estación	Precip.	Temp.	Evap. Pot.
Matehuala	433.44	19.5	1 715.0
Dr. Arroyo	401.02	19.7	-----
Mier y Nor.	451.46	18.9	-----
Zona de Est.	428.64	19.3	-----

#### Condiciones Climatológicas de la Zona.

De la tabla anterior, puede observarse que en cuanto a temperatura se refiere, la zona de estudio presenta una ligera variación de este parámetro, obteniendo una media anual para la zona de 19.3 °C. En tanto que la media anual de precipitación pluvial para el área, tampoco presenta variación como puede observarse en la misma tabla, obteniendo finalmente una media anual para la zona de estudio de 428.62 mm. Considerando los datos anteriores con mucha reserva ya que solo representan medias aritméticas tomando como referencia la información de cada estación climatológica, por lo que a dichos valores se les considera como puntuales.

Con el fin de obtener la evapotranspiración real para el área de estudio se utilizó la Fórmula de Turc, la cual permite conocer los órdenes de magnitud de la evapotranspiración real y tiene como ventaja ser un método rápido para el cálculo de la misma. Este método relaciona parámetros de temperatura y precipitación de la siguiente manera:

$$E_{pr} = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

en donde:

$E_{pr}$  : Es la evapotranspiración real anual en milímetros.

$P$  : Es la altura de precipitación anual en milímetros.

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^2$$

Realizando los cálculos convenientes se obtuvo que para el área de Matehuala se tiene una evapotranspiración real de 423.98 mm, en tanto que para la zona de Dr. Arroyo se tiene una evapotranspiración real de 422.4 mm, y de la estación climatológica de Mier y Noriega se tiene una evapotranspiración real de 475.3 mm. Considerando los valores de las medias anuales de temperatura y precipitación para toda el área se tiene que existe en promedio una evapotranspiración real de 440.56 mm anuales. Estas cifras promedio resultan un poco altas porque atendiendo que la precipitación media anual para toda la zona es del orden de 428.62 mm, existiría un déficit de 11.94 mm de lo que realmente se precipita. De modo que se recomienda que estos resultados deben de tomarse con reserva, ya que estos valores sobrepasan las condiciones naturales reales.

## 2.5.- VEGETACION.

Como es sabido, la distribución y diversidad de la vegetación en nuestro país está en función del clima, la topografía y el tipo de suelo en el cual se desarrolla. A continuación, se describe de acuerdo a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación publicada por el I.N.E.G.I. (Hoja Mexico, 1980; escala 1: 1 000 000) mencionando las especies más representativas que se desarrollan en la región.

### 2.5.1.- Matorral Desértico Rosetófilo.

Comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de especies con hojas en rosetas, con o sin espinas; generalmente acaulescentes (sin tallo aparente), aunque con frecuencia, especies arborescadas con troncos bien definidos son características. Se desarrolla preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros bajos constituidos por calizas, en las partes de los abanicos aluviales o bien sobre conglomerados. Su distribución es amplia en las zonas áridas y semiáridas.



### Matorral con Rosetófilos Acaules.

Asociaciones de plantas con hojas dispuestas en rosetas, carnosas y espinosas como:

Agave lecheguilla	(Lechuguilla)
Agave striata	(Espadín)
Hechtia spp.	(Guapilla)
Agave spp.	(Maguey)
Agave deserti	(Lechuguilla)
Dasyliirion spp.	(Sotol)
Nolina spp.	(Zacate cortador, Soyate), etc.

### 2.5.2.- Matorral Desértico Micrófilo.

Tipo de vegetación formado por elementos arbustivos de hoja o foliolo pequeño que se desarrolla principalmente sobre terrenos aluviales de las zonas áridas y semiáridas.

#### Matorral Inermes.

Comunidad formada por más del 70.0 % de plantas sin espinas, como los matorrales de:

Larrea tridentata	(Bobernadora)
Flourensia cernva	(Hojasen)
Cordia greggi	(Nagua blanca o Trompillo)

#### Matorral Subinermes.

Comunidad compuesta por plantas espinosas e inermes, cuya proporción de unas y otras es mayor del 30.0 %, y menor de 70.0 %.

#### Matorral Espinoso.

Comunidad formada por mas del 70.0 % de plantas espinosas. Entre los matorrales de este tipo son frecuentes los siguientes:

Prosopis spp.	(Mezquite)
Mimosa spp.	(Uña de gato)
Acacia amentacea	(Chaparro prieto), etc.

#### Matorral con Izotes.

Comunidad formada por la asociación de palmas o izotes, en terrenos aluviales principalmente, siendo las más frecuentes las de:

Yucca filifera	
Yucca decipiens	(Palma china)

### 2.5.3.- Chaparral.

Asociación generalmente densa, de elementos arbustivos resistentes al fuego, formada principalmente por:

*Quercus* spp. (Encinos)  
*Arctostaphylos* spp. (Manzanita) y otras especies.

Comunmente se le encuentra por arriba del nivel de los matorrales de zonas áridas y semiáridas, de pastizales naturales y en ocasiones mezclada con los bosques de pino y encino.

### 2.5.4.- Agricultura de Temporal.

Terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia y se siembran en un 80.0 % de los años.

## CAPITULO 3

### ESTRATIGRAFIA

#### 3.1.- JURABICO SUPERIOR

##### 3.1.1.- FORMACION OLVIDO

###### Definición.

El nombre de Formación Olvido fué propuesto por A. Heim(1940) para una secuencia de anhidritas, yeso, calizas y lutitas en colores claros y que en área de Ciudad Victoria descansa sobre la Formación Novillo y subyacen a sedimentos arcillo-calcareos del Kimmeridgiano Inferior (Madrid-Solis, 1976), cuya localidad tipo se encuentra en el Rancho El Olvido, al sureste del Valle de Huizachal, cerca de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

###### Distribución.

A pesar de que en todo el noreste de México tiene una amplia distribución, las zonas en donde aflora son muy restringidas, debido al nivel estratigráfico que alcanzan, razón por la cual en el área de estudio sólo se le observó en la parte interna de la Sierra El Tisú en forma de una franja alargada, la cual se logra distinguir desde varios kilómetros debido al carácter litológico de fácil alteración, lo que dá lugar a que forme un gran puerto de erosión dentro de la sierra.

###### Litología y Espesores.

Aunque no se logró observar la base de la formación, a partir del nivel en que aflora, ésta consiste de capas gruesas a delgadas de yeso de color blanco, con textura fibrosa y con tintes gris oscuro los cuales posiblemente sean de carbonatos. Inmediatamente arriba de los yesos aparecen más o menos 30 metros de calizas de grano fino gris crema y crema amarillento en estratos medios a gruesos.

Petrográficamente estas rocas están constituidas parcialmente, por un conjunto de dedolomias en las cuales aún es posible observar a componentes originales, como lo es la microesparita. Es posible el reconocer los siguientes eventos diagenéticos: Dolomitización - Fracturamiento - Relleno y recristalización - Calcificación - Dedolomitización.

Como se dijo antes, su base no aflora por lo que únicamente se le lograron medir aproximadamente 50.0 metros, quedando de este modo desconocido su espesor para esta zona de

estudio. Sin embargo, en el área de Huizachal Peregrina se le ha logrado medir hasta 200.0 metros de espesor (Carrillo Bravo, 1961).

#### **Relaciones Estratigráficas.**

En la zona de estudio no se logró estudiar su relación con las rocas subyacentes, sin embargo, se cree que descansa en forma discordante sobre la Formación Huizachal. Por su parte, subyace en forma concordante a los sedimentos arcillo-calcáreos de la Formación Casita.

#### **Edad.**

Sin contar con información paleontológica para asignarle una edad confiable, se le asigna una edad de Oxfordiano Superior-Kimmeridgiano Inferior únicamente por su posición estratigráfica ya que los sedimentos de la Formación La Casita corresponden al Kimmeridgiano Superior. A la Formación Olvido se le considera contemporánea a la Formación Zuloaga correspondiéndole a ésta última una edad del Oxfordiano Superior, lo cual apoya a lo mencionado anteriormente.

#### **Ambiente de Depósito.**

Debido a la presencia del evento de dolomitización, anterior a la dedolomitización, es una roca típica de plataforma cercana a la costa; la presencia del cuarzo detritico, revela la existencia al momento de depósito de un ambiente Facies B de Wilson.

### **3.1.2.- FORMACION LA CASITA**

#### **Definición.**

El nombre de Formación La Casita fué propuesto por Imlay en 1936 para una secuencia de conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas, yesos y carbón que descansa sobre rocas de la parte baja del Jurásico Superior y subyace a rocas del Cretácico Inferior. Señalando a la localidad tipo al Cañón de La Casita, en la parte media de la Sierra de Parras, aproximadamente a 50 kilómetros al suroeste de Saltillo, Coahuila.

#### **Distribución.**

A ésta formación únicamente se le observó en los flancos de el Anticlinal El Tisú, al sureste de la zona de estudio, formando una franja alargada originando en casi toda su extensión un pequeño puerto de erosión debido a su carácter predominantemente arcillo-calcáreo por lo que en gran parte se encuentra cubierto por el material intemperizado de las formaciones supra y subyacentes que son más resistentes a la erosión por su carácter predominantemente calcáreo.

## Litología y Espesores.

En la porción norte del flanco occidental del Anticlinal El Tisú, se logró observar una sección completa de la formación, constituida principalmente por calizas wackestone de color gris en estratos que varían de 25 a 40 cm de espesor, alternado con lutitas de color rosado, lutitas negras carbonosas, rojizas, café claro en las cuales ocurren concreciones calcáreas de hasta 95 cm de diámetro, dentro de las cuales es frecuente el encontrar amonitas bastante bien conservadas, así como fragmentos o ejemplares completos de moluscos no identificados. En esta misma zona, de la base de la formación a la cima de la misma, aparecen:

± 29.0 m De caliza wackestone de color gris en estratos que van de 25 a 45 cm de espesor, los cuales presentan vetillas sin dirección preferencial. Al golpearlas despiden un olor fétido. Intercaladas con lutitas de color rosado, lutitas negras carbonosas, lutitas rojizas, pardo-amarillento y café claro dentro de las cuales ocurren concreciones calcáreas de hasta 95 cm de diámetro con amonitas en su parte interna. Dentro de las lutitas, es común la presencia de vetillas de calcita paralelas a la estratificación. Hacia la parte superior de este intervalo decrece en forma notable la presencia de las calizas, haciéndose cada vez más arcillosa. Del mismo modo, el número de concreciones decrece en forma notable así como su tamaño. Ocurren hacia la cima, ocasionales horizontes de limolita verde amarillento.

± 12.0 m Limolitas verde amarillento a amarillo ocre en capas laminares con abundantes concreciones calcáreas y vetillas de calcita paralelas a la estratificación.

± 12.0 m Wackestone laminar en capas de 12 a 15 cm.

± 49.0 m Limolitas de color pardo rojizo a rosado con ocasionales concreciones calcáreas, vetillas de calcita perpendiculares y paralelas a la estratificación.

± 30.0 m Areniscas de color pardo amarillento de grano fino a medio.

± 25.0 m Intervalo cubierto.

± 19.0 m Mudstone de color claro a gris oscuro ligeramente arcilloso en estratos de 20 a 30 cm de espesor, con vetillas de calcita y huellas de disolución.

Lo que da un espesor total de ± 177.0 metros.

Petrográficamente está constituida de una asociación de biomicritas y de biomicritas de globigerinidos, con un alto porcentaje en el contenido de los ortoquímicos. Diagenéticamente se le observan los siguientes eventos:

Compactación-Fracturamiento-Relleno de calcita microesparítica-Una segunda etapa de cementación y de fracturamiento.

#### Relaciones Estratigráficas.

En esta área del norte de México, la Formación La Casita suprayace en forma concordante pero brusca a la Formación Olvido en tanto que su contacto superior con la Formación Taraises también es concordante y brusco.

#### Edad.

De acuerdo con la edad de sus fósiles, Carrillo-Bravo(1961) le asigna una edad que va del Kimmeridgiano al Portlandiano. Sin embargo, Madrid-Solis (1976), le asigna una edad del Kimmeridgiano Inferior al Tithoniano Superior. Presenta los siguientes microfósiles:

Calpionella alpina	(Lorenz)
Calpionellites darderi	(Cadish)
Tintinopsella sp.	

#### Ambiente de Depósito.

Esta formación representa la facies 1 y 2 de Wilson. Facies típica de cuenca.

### CRETACICO

#### 3.2.- CRETACICO INFERIOR

##### 3.2.1.- FORMACION TARAISES

#### Definición.

Esta formación fue definida por Imlay(1936) como una secuencia calcárea y arcillo-calcárea. Teniendo como localidad tipo, El Cañón de Taraises en la porción occidental de la Sierra de Parras. A la cual dividió en dos miembros: el Inferior que consta de calizas grises interestratificadas con areniscas y el Superior que son calizas ligeramente arcillosas, grises, nodulares (López-Ramos, 1980).

Para la zona de estudio, se considera como Formación Taraises a la unidad litoestratigráfica comprendida entre los sedimentos arcillo-calcáreos y arcillo-arenosos de la Formación La Casita y los mudstone gris claro en estratos gruesos que presentaron la primera aparición de nódulos de pedernal café oscuro a castaño.

## Distribución.

A pesar del carácter litológico de dicha formación y al hecho de encontrarse subyaciendo a una formación más resistente, se le observó aflorando en una franja alargada en ambos flancos de la porción septentrional de El Anticlinal El Tisú; esto se puede apreciar en la porción inferior derecha del plano geológico. No obstante que en el noreste de México las rocas del Cretácico tienen una amplia distribución, en la zona de estudio, la Formación Taraises aflora en forma reducida, debido principalmente a las condiciones tanto geológicas que prevalecieron al momento del depósito de la misma, en la Cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo-Bravo, 1972) como a las condiciones tectónicas a las que estuvo sujeta la zona, sobre todo a fines del Cretácico Superior e inicios del Terciario y a los fenómenos asociados a este último evento.

## Litología y espesores.

En la porción norte del flanco occidental de El Anticlinal El Tisú, se logró observar una sección completa de la formación, constituida principalmente por mudstone y wackestone arcillosos de una coloración gris oscura a rosada, con horizontes margosos y areniscas de color rojizo a rosado. Habiéndose medido una sección completa de dicha formación que presenta las siguientes características litológicas de la base a la cima:

± 8.0 m Mudstone gris oscuro en estratos de 20 a 30 cm de espesor y algunos alcanzan los 50 cm, es notable la presencia de vetillas de calcita perpendiculares a la estratificación.

± 14.0 m Mudstone de color gris parduzco en estratos de 50 cm de espesor en donde el contenido de la fracción terrígena es notable.

± 48.0 m Wackestone de color gris claro rosado y gris ligeramente oscuro, en estratos de 30 y 50 cm de espesor.

± 104.0 m Secuencia de areniscas calcáreas gris claro, rosado y verdosa, en estratos de 40 cm de espesor alternando con una secuencia de margas, calizas arcillosas y horizontes limolíticos de color rojizo a rosado. Son evidentes delgadas capas de calcita paralelas a la estratificación.

± 12.0 m Wackestone de color gris oscuro ligeramente arcillosos en estratos de 45 a 47 cm de espesor. Con abundantes vetillas de calcita aleatoriamente distribuidas en capas delgadas a medias.

± 46.0 m Alternancia de areniscas, margas, horizontes limolíticos y horizontes arcillo-calcáreos de color gris claro, rosado y verdoso en estratos de 40 a 50 cm de espesor.

Lo que da un total de ± 235.0 metros.

De las muestras colectadas en la sección estratigráfica Arroyo Las Peñas. Figura 3.3, se observó una asociación de biomicritas - biomicruditas con alto contenido de ortoquímicos. Diagenéticamente ocurren los siguientes procesos: una compactación-cementación-fracturamiento-relleno de calcita microesparítica-una segunda etapa de cementación y de fracturamiento.

#### Relaciones Estratigráficas.

El contacto La Casita-Taraises en la zona de estudio, es muy abrupto, pero en forma concordante, fijándose éste, en donde ocurrió la primera aparición de calizas arcillosas gris a gris oscuro con amonitas. Sin embargo, en este contacto es posible que exista un hiatus estratigráfico (Gamper, 1977), que el propio Imlay consideró, ya que sus dataciones daban una edad del Valanginiano (López-Ramos, 1980). Por otra parte, el contacto superior Taraises-Tamaulipas Inferior es transicional y concordante, marcándose inmediatamente abajo de la primera aparición de los mudstone gris crema con incipientes nódulos de pedernal café oscuro a castaño y con ocasionales líneas estiolíticas paralelas a la estratificación.

#### Edad.

Carrillo-Bravo (1961), señala que Schmittou en 1926 colectó fósiles del Neocomiano en un horizonte basal fosilífero del Área de Huizachal-Peregrina, entre los cuales se tienen:

Asteria cfr.	(Schenki Uhlig.)
Asteria sp. ind.	
Neocomites neocomiensis	(d'Orb.)
Neocomites aff. paraplesius	(Uhlig.)
Bianfordia sp.	
Leopoldia sp.	
Polyptychites sp.	

Por su parte, dice que en el Cañón de Peregrina la Formación Taraises en su porción basal contiene los siguientes microfósiles:

Tintinopsella oblonga  
Tintinopsella carphatica  
Calpionella alpina  
Globochaete alpina

Los cuales corresponden al Berriasiano.



Estos mismos fósiles ha reportado Gamper (1977) para la misma zona, señalando que este conjunto cae dentro de la zona CI-1 del Cretácico en México del Esquema de Zonificación establecido por Longoria (1977). En tanto que la parte superior de esta formación en el mismo cañón presenta:

**Tintinopsella oblonga**  
**Tintinopsella elliptica**  
**Calpionellites neocomiensis**

Conjunto que señala al Valanginiano Inferior (Gamper, 1977). Por lo que su edad al menos está bien definida para el Berriasiano-Valanginiano Inferior. Sin embargo, un estudio bioestratigráfico de la formación en las áreas de La Goleta, Coahuila y Minillas, Nuevo León, permiten dividir a la Formación Taraises en tres unidades bioestratigráficas:

a) Unidad con *Dicostephanus*; que de acuerdo con las demás especies determinadas permiten asignarle una edad que va del Valanginiano Medio al Superior.

b) Unidad con *Leopoldia*; a esta unidad se le asigna una edad Hauteriviano Inferior.

c) Unidad con *Oosterella*; que también corresponde al Hauteriviano Inferior.

De tal manera que de acuerdo al contenido de amonitas, la Formación Taraises sólo puede ser datada a partir del Valanginiano Medio al Hauteriviano Inferior (Contreras y Montero, 1977).

#### **Ambiente de Depósito.**

El origen de éstas rocas, se encuentra asociado a una facies de cuenca, específicamente: Facies 2 (profunda) de Wilson.

### **3.2.2.- FORMACION TAMAULIPAS INFERIOR**

#### **Definición.**

En 1921 Stephenson designó con este nombre a una secuencia de calizas densas, de grano fino, ligeramente cretosas, crema amarillento en estratos desde 20 hasta más de 50 cm de espesor, con nódulos esferoidales de pedernal amarillo. (Guzmán, 1974).

Señalando como localidad tipo al Cañón de La Borrega, en la Sierra de Tamaulipas (Araujo-Mendieta, 1978).

Considerandose como Formación Tamaulipas Inferior en este estudio a las calizas mudstone gris claro a crema en estratos masivos a gruesos en la parte inferior y medianos en la porción superior

que descansan sobre las rocas calcáreo-arcillosas de la Formación Taraises y los sedimentos arcillo-calcáreos de la Formación La Peña.

#### Distribución.

Como se mencionó anteriormente, las condiciones paleogeográficas del noreste de México, condicionaron las zonas de sedimentación de todo el Cretácico y para la zona de estudio lo fueron en especial los elementos paleogeográficos Plataforma Valles-San Luis Potosí y la Cuenca Mesozoica del Centro de México, razón por la cual, los afloramientos de esta formación en la zona del presente estudio se limitan a las porciones de los flancos de los anticlinales que están abiertos en rocas más antiguas que la formación en cuestión, tal es el caso del Anticlinal El Tisú, en donde en ambos flancos del mismo, se logra identificar a dicha formación donde llega a formar una zona de fuerte expresión topográfica producto de su carácter litológico ya que sus estratos masivos, le confieren una gran resistencia a la erosión.

#### Litología y Espesores.

En la porción norte del flanco occidental de el Anticlinal El Tisú, se logró medir una sección completa de la formación, constituida principalmente por mudstone y ocasionales wackestone gris claro a crema con abundantes líneas estilolíticas, nódulos y lentes de pedernal café oscuro y castaño que presenta las siguientes características litológicas de la base a la cima:

± 70.0 m Mudstone gris claro a gris crema en estratos gruesos de hasta 1.50 m, con estratos delgados de hasta 20 cm de espesor donde es notable la presencia de lentes de pedernal café oscuro a castaño, así como la abundancia de las líneas estilolíticas paralelas a la estratificación.

± 40.0 m Mudstone gris claro en estratos gruesos de 1.0 a 1.5 m de espesor con líneas estilolíticas que presentan un gran desarrollo, los lentes de pedernal ocurren en color gris claro. Llegan a presentarse esporádicos nódulos de óxidos de color rojizo.

± 70.0 m Mudstone gris claro en estratos gruesos de 1.5 m de espesor con abundantes lentes de pedernal gris oscuro cuyas líneas estilolíticas alcanzan gran desarrollo, llegan a ocurrir en forma muy esporádica los nódulos de óxidos de color rojizo. Hacia la porción media y superior del tramo se tienen algunos mudstone ligeramente arcillosos.

± 60.0 m Mudstone y ocasionales wackestone gris claro a gris oscuro, ligeramente arcillosos en estratos de 40 y 70 cm de espesor y líneas estilolíticas con gran desarrollo, así como abundantes lentes de pedernal gris oscuro a negro y ocasionales nódulos de pedernal café oscuro a castaño.

± 80.0 m Mudstone gris claro a gris oscuro ligeramente arcilloso en estratos de 40 a 50 cm de espesor con nódulos de pedernal café oscuro a castaño y abundantes líneas estilolíticas que presentan buen desarrollo.

± 49.0 m Mudstone arcilloso gris oscuro en estratos de 10 a 30 cm de espesor con abundantes lentes de pedernal que llegan a presentarse en forma continua pero sin llegar a constituir verdaderas capas.

Por lo que el espesor total de la formación en ésta zona alcanza los ± 370.0 metros.

Petrográficamente está integrada por una asociación de biomicritas con un alto porcentaje en el contenido de ortoquímicos principalmente micrita. De igual modo, se tiene un regular porcentaje en el contenido de bioclastos. Los constituyentes fósiles más importantes que se tienen son: fragmentos de equinodermos, valvas de ostrácodos, cámaras de globigerínidos, fragmentos de moluscos y microfósiles. Diagenéticamente se tiene un fuerte evento de compactación, seguido de una fuerte recristalización y de una moderada silicificación.

#### Relaciones Estratigráficas.

El contacto Taraises-Tamaulipas Inferior es concordante, transicional y en ocasiones difícil de diferenciar en el campo, mientras que el contacto Tamaulipas Inferior-La Peña es concordante pero ocurre en forma brusca, habiéndose marcado el contacto inferior inmediatamente abajo de la primera aparición de calizas mudstone gris a gris crema con estratos gruesos y con nódulos de pedernal café oscuro a castaño. En tanto que el límite superior, se marcó inmediatamente abajo de la primera aparición de las calizas mudstone-wackestone arcillosas y de las lutitas calcáreas de la Formación La Peña.

#### Edad.

Gamper (1977), señala que tres metros arriba de su contacto inferior existe una asociación de tintinidos tales como:

<i>Remaniella cadischiana</i>	(Collom)
<i>Tintinopsella longa</i>	(Collom)
<i>Calpionellites darderi</i>	(Collom)

Dicho conjunto pertenece al Valanginiense para la zona de Huizachal-Peregrina.

Por su parte para esa misma zona Carrillo-Bravo (1961) determinó:

*Globochaete alpina*  
*Microcalamoides diversus*  
*Nannoconus steinmani*

fauna atribuible al Barremiano.

Longoria (1975), en la división tripartita que propone para la Caliza Tamaulipas en su miembro inferior, Miembro Caliza La Borrega, en base a la presencia de foraminíferos planctónicos tales como:

*Caucasella hauterivica* en la porción basal de dicho miembro y *Globigerinelloides ferroalensis* (Moullade) en la parte superior del miembro inferior, permiten situar a dicho miembro, en el intervalo Hauteriviano-Aptiano Superior.

Ambiente de Depósito.

Los sedimentos de esta formación representan a una facies típica de cuenca con un ligero aporte de bioclastos con ligera ausencia de terrígenos, depósito que representa una Facies 2 de Wilson.

### 3.2.3.- FORMACION LA PEÑA

Definición.

Con el nombre de La Peña en 1936, Imlay se refirió a una secuencia de calizas y lutitas que se encuentran limitadas por la Formación Parritas (abajo) y la Formación Aurora (arriba). A su vez la dividió en dos miembros: el Miembro Inferior, formado predominantemente de calizas masivas con intercalaciones de lutitas; y el Miembro Superior, constituido por una alternancia de calizas delgadas y lutitas. Humphrey (1949), propuso que el nombre de Formación La Peña fuese aplicado únicamente al "Miembro Superior" en la descripción de Imlay.

Tomándose a ésta última definición como la más aceptada en la estratigrafía del noreste de México. Considerándose para este trabajo, la definición dada por Humphrey (1949) dado que permite diferenciarla fácilmente en el campo.

Distribución.

Dado que las condiciones paleogeográficas enunciadas para la Formación Tamaulipas Inferior permanecieron más o menos constantes hasta el Cretácico Superior, se tiene que la Formación La Peña estuvo sujeta a dichas condiciones lo que en gran parte refleja su carácter litológico que a su vez condiciona su patrón de afloramientos que en la zona de estudio es muy reducido, ya que sólo ocurre en la porción septentrional de el Anticlinal El Tisú formando una franja alargada, relativamente angosta que

topográficamente forma un puerto de erosión ya que se encuentra limitada en su parte superior e inferior por dos formaciones calcáreas sumamente resistentes y que a la vez facilita su identificación en el campo.

#### **Litología y Espesor.**

Constituida por una secuencia de mudstone, mudstone arcillosos, lutitas calcáreas de color gris claro a gris oscuro, lutitas carbonosas y delgadas capas de pedernal gris oscuro. En un espesor total de  $\pm$  34.0 metros.

Petrográficamente se tienen rocas con alto contenido de intraclastos principalmente y minerales arcillosos. Lo que hace que las rocas de ésta formación, sean relativamente fácil de alterar por los elementos exógenos. El hecho de presentar un alto contenido de terrigenos, nos sugiere que el contenido de bioclastos tiende a decrecer en forma notable, como se logra observar en los resultados de los análisis petrográficos. Estas rocas muestran un fuerte evento de presión - solución, lo que da como resultado la formación de numerosas líneas estilolíticas. En conjunto, a estas rocas se les observa una incipiente recristalización.

#### **Relaciones Estratigráficas.**

Esta formación se encuentra descansando concordantemente pero en forma brusca sobre la Formación Tamaulipas Inferior, habiéndose marcado el contacto, en la primera aparición de las calizas arcillosas y lutitas calcáreas de ésta formación y la desaparición de los mudstone crema amarillento en estratos gruesos de la Tamaulipas Inferior. Asu vez el contacto superior, se marcó en donde las calizas arcillosas en estratos delgados cambian a las calizas mudstone y wackestone con bandas y lentes de pedernal café castaño de la Tamaulipas Superior.

#### **Edad.**

Se le asigna una edad del Aptiano Superior.

#### **Ambiente de Depósito.**

Los sedimentos de la Formación La Peña, representan a una Facies 1 de Wilson, es decir, una facies de cuenca con notable aporte de terrigenos.

### 3.3.- CRETACICO MEDIO

#### 3.3.1.- FORMACION TAMAULIPAS SUPERIOR

##### Definición.

El nombre de esta formación fué propuesto por W.L. Stephenson (1921). Designando con este nombre a una secuencia de calizas criptocristalinas, de color crema amarillento y gris claro, en estratos medianos a gruesos, contiene nódulos y lentes de pedernal de color gris, negro y castaño oscuro, con estilolitas paralelas a los planos de estratificación. (Aguayo, 1978a).

Como localidad tipo se menciona a la Sierra de Tamaulipas.

##### Distribución.

Esta formación no tiene una amplia distribución en la zona de estudio, sólo se le observó en la porción septentrional del Anticlinal El Tisú, formando una franja alargada. Esto se debe principalmente, a que se encuentra a un bajo nivel estratigráfico lo que hace que para que ésta formación este expuesta, sea necesario un fuerte plegamiento que la levante y posteriormente se erosione para que la exponga; a pesar del fuerte plegamiento que ocurre en la zona, éste no fué tan intenso como para llegar a exponerla en gran proporción.

##### Litología y Espesor.

En el flanco occidental de la parte septentrional del Anticlinal el Tisú, en el Arroyo Las Peñas, se halla expuesta una sección bastante completa y sin problemas estructurales de esta formación, con un espesor aproximado de  $\pm$  173.0 m estando constituida litológicamente de la base a la cima de la siguiente manera:

$\pm$  16.0 m De un mudstone a wackestone gris a gris oscuro, en estratos de 15 a 30 cm de espesor. Con bandas delgadas y lentes de pedernal negro y gris oscuro de hasta 5 cm de espesor.

$\pm$  20.0 m Mudstone a wackestone gris claro en estratos de 15 a 70 cm de espesor y esporádicas calizas arcillosas de 10 cm de espesor con líneas estilolíticas. En la porción media de este tramo aparece un horizonte bioturbado.

$\pm$  30.0 m Wackestone gris claro a gris oscuro en estratos de 40 a 80 cm de espesor. Se observan esporádicos lentes de pedernal; en la cima de este tramo se tiene un horizonte con evidencias de bioturbación.

± 20.0 m Mudstone a wackestone gris a gris oscuro en estratos de 20 a 30 cm de espesor. con esporádicas bandas y lentes de pedernal gris oscuro a negro.

± 40.0 m Wackestone a mudstone gris y gris oscuro en estratos de 20 a 50 cm de espesor con bandas y lentes de pedernal negro, las calizas ocasionalmente presentan estructura laminar.

± 48.0 m Mudstone a wackestone gris y gris claro en estratos de 30 a 70 cm de espesor. Con lentes continuos de pedernal negro y café castaño. Ocurren en forma esporádica líneas estilolíticas. En la base de este tramo ocurre un horizonte bioturbado de ± 1.5 m de espesor. Las calizas ocasionalmente presentan estructura laminar.

Petrográficamente hacia la base de la formación se tiene una asociación de biomicritas, en donde aún es notable la presencia del material terrígeno, que era característico de la formación subyacente. Diagéneticamente, éstas rocas sufrieron una fuerte compactación, seguida de una recristalización incipiente. Sin embargo, hacia la cima de la formación, se tiene primordialmente biointramicruditas, en donde el contenido de bioclastos aumenta en forma considerable, ocurriendo lo contrario con los elementos arcillosos. Al igual que en la parte basal de la formación, los eventos diagenéticos más importantes que afectaron a éstas rocas fueron una fuerte compactación, así como un notable fracturamiento produciendo una serie de microfracturas las que exhiben una ligera recristalización.

#### Relaciones Estratigráficas.

En esta área de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, la Formación Tamaulipas Superior descansa en forma brusca pero concordante sobre los sedimentos calcáreos y arcillo-calcáreos de la Formación La Peña, marcándose el contacto inmediatamente abajo de la primera aparición de los mudstone-wackestone gris a gris ligeramente oscuro en estratos medios, con lentes y nódulos de pedernal gris oscuro, ligeramente negro de ésta formación.

Habiéndose marcado el contacto Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, en donde se presentó el cambio de los mudstone-wackestone gris a gris ligeramente oscuro en estratos medios con pedernal gris a gris ligeramente negro de la Tamaulipas Superior, a los mudstone-wackestone laminares gris a gris oscuro en estratos delgados, con pedernal negro y café castaño interestratificados con los mudstone arcillosos y las lutitas calcáreas gris a gris claro y de tintes rojizos de la Cuesta del Cura.

#### Edad.

Se le asigna una edad del Albiano Inferior, en base a su posición estratigráfica.

### Ambiente de Depósito.

El origen de este conjunto litológico, estuvo asociado a una facies de cuenca, en donde existió un considerable aporte de material proveniente de la plataforma, es decir, se trata de un ambiente en Facies 3 de Wilson. Fig. 3.3.1

### 3.3.2. - FORMACION CUESTA DEL CURA

#### Definición.

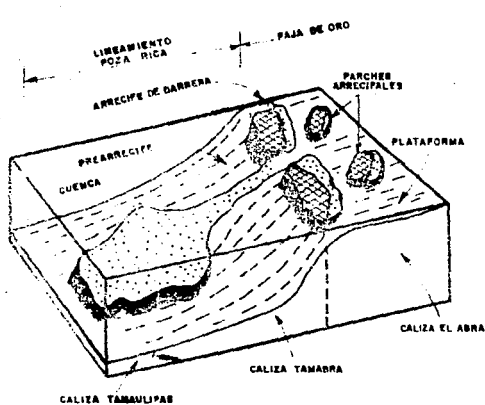
Esta formación fué definida por Imlay (1936) como una secuencia de calizas compactas de estratificación delgada con pedernal negro, arriba de las calizas de la Formación Aurora (Tamaulipas Superior) y abajo de las lutitas calcáreas de estratificación delgada, ligeramente arcillosas o yesíferas de la Formación Indidura. Fijando como localidad tipo a los excelentes afloramientos en la Sierra de Parras, aproximadamente 6.5 km al oeste de Parras, al sur de Coahuila.

Esta constituida principalmente de calizas café grisáceo a negro, compactas, con estratificación delgada y aspecto ondulado, llegando a presentar lutitas calcáreas de color gris y abundantes lentes y bandas de pedernal negro. Algunos de los estratos de caliza están finamente laminados, con alternancia de bandas café grisáceo y negro. Presentando en la parte superior 1.5 metros de una caliza compacta en estratos delgados que permiten diferenciarla de la suprayacente Formación Indidura.

#### Distribución.

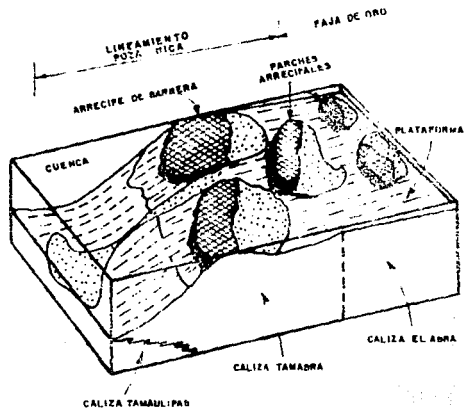
De tal manera que en la zona de estudio, se le encuentra aflorando sólo en zonas muy restringidas, debido a que la Formación Agua Nueva es la que cubre la mayor parte del área. Sin embargo, en el Anticlinal EL Tisú, se le observó con bastante claridad, así como en el Anticlinal La Trinidad, en el Anticlinal Cerros Blancos, en el Cerrito del Aire, en el flanco occidental de la serranía situada al este-sureste de Dr. Arroyo Nuevo León, así como en pequeños afloramientos al oriente de la Sierra el Azul, a la altura de la Ranchería de San José de la Luz.





**A**

A - LA CALIZA TAMADRA ÚNICAMENTE COMO DEPOSITO DE PREARRECIFE, TALUD Y CUECA.



**B**

B - LA CALIZA TAMADRA COMO ARRECIFE Y DEPOSITOS ASOCIADOS

**FIG. 3.3.1 .- RECONSTRUCCIONES DIAGRAMATICAS DE DOS ALTERNATIVAS - - GEOLOGICAS PARA EL AMBIENTE DE DEPOSITO DE LAS FORMACIONES DEL CRETACICO MEDIO EN LA FAJA DE ORO**

## Litología y Espesor.

En el área de estudio, los estratos de la Formación Cuesta del Cura, consisten principalmente de mudstone y wackestone en ocasiones arcillosos de color gris a gris oscuro en estratos delgados de 5 a 20 cm de espesor alternando con capas delgadas de wackestone fisiles y lutitas calcáreas de color gris claro a café rojizo. El conjunto anterior intertemperiza gris claro a gris parduzco con ocasionales tintes rojizos. El pedernal negro es abundante a lo largo de toda la formación y ocurre en forma de lentes delgados, bandas discontinuas y nódulos dispersos en espesores que van de 3 a 6 cm de espesor. Cuando el pedernal llega a intertemperizar, este lo hace en un color rojo oscuro.

A pesar del fuerte plegamiento que en ocasiones llega a presentar y al fracuramiento que se le logró observar, fué posible medir una sección completa de  $\pm 380.0$  m (este espesor tal vez no sea el real, debido a que se tuvieron problemas al medir la sección a causa de los plegamientos tan fuertes que llega a presentar, sobre todo hacia la parte superior de la misma). En el flanco occidental del Anticlinal El Tisú, dicha secuencia ocurre de la siguiente forma:

$\pm 26.0$  m Mudstone gris y gris oscuro con numerosos horizontes bioturbados en estratos de 10 a 30 cm de espesor. Las calizas exhiben estructura laminar.

$\pm 18.0$  m Wackestone gris a gris oscuro en estratos delgados, de hasta 20 cm de espesor, con ocasionales estratos de hasta 35 cm de espesor de mudstones gris oscuro; son comunes las calizas arcillosas de estructura laminar así como las bandas y lentes de pedernal negro y café violáceo.

$\pm 336.0$  m Wackestone gris a gris oscuro intercalado con mudstone y wackestone arcillosos y laminares, en estratos delgados, así como bandas de pedernal negro y delgadas intercalaciones de lutitas calcáreas de color rojizo.

Petrográficamente se tiene una asociación que en la base de la formación está constituida por pelmicritas con importantes cantidades de aloquímicos y que hacia la cima de la misma, las rocas son principalmente biomicritas. Estas rocas muestran un contenido importante en elementos arcillosos. Diagenéticamente, es posible el reconocer una alta compactación en estas rocas así como una incipiente recristalización y una etapa tardía de cementación.

## Relaciones Estratigráficas.

El contacto entre la Formación Cuesta del Cura y la subyacente Tamaulipas Superior, es concordante y transicional, siendo en ocasiones difícil de separar sobre todo en el campo. El contacto se fijó inmediatamente en donde las calizas gris a gris claro de estratos medios a gruesos (40 a 80 cm) de la Tamaulipas Superior cambian a las calizas laminares gris a gris oscuro ligeramente arcillosos de estratos delgados interestratificados con los wackestone físilis y las lutitas calcáreas gris a gris claro y rosa de la Cuesta del Cura. Ambas formaciones contienen pedernal, pero el pedernal de la Tamaulipas Superior es de color crema a gris claro y generalmente ocurre en forma de nódulos irregulares en tanto que el pedernal de la Cuesta del Cura es generalmente negro y ocurre en bandas discontinuas y lentes delgados.

Por su parte, el contacto superior Cuesta del Cura-Agua Nueva, es concordante y transicional, siendo relativamente fácil el diferenciarlas en el campo sobre todo debido al carácter arcilloso de la Formación Agua Nueva, lo que hace que al pasar de los mudstone y wackestone de la Cuesta del Cura se forme un perfil más o menos suave entre ambas formaciones. Dicho contacto se marcó en donde ocurrió el cambio de las calizas de estratificación delgada, de color gris a gris oscuro con lutitas calcáreas de color rosado con abundante pedernal negro de la Cuesta del Cura a las calizas ligeramente grises en estratos delgados interestratificados con las calizas arcillosas y las lutitas calcáreas de color rosado de forma suave y laminar de la Formación Agua Nueva.

## Edad.

Se le asigna una edad de Albiano Tardío-Cenomaniano Temprano en muchas de las localidades donde aflora en base a su posición estratigráfica, ya que se encuentra entre rocas con macrofauna del Cenomaniano Tardío-Turoniano Temprano (arriba) y del Albiano Medio (abajo). En tanto que en otras localidades, la edad ha sido apoyada por evidencia directa de fósiles. Ice (1979).

En la Sierra de Alvarez, en San Luis Potosí, se le ha reportado los siguientes microfósiles:

<i>Colomisella recta</i>	(Bonet)
<i>Favusella washitensis</i>	(Carsey)
<i>Rotalipora</i> sp.	(Brotzen)

## **Ambiente de Depósito.**

En base a las relaciones petrográficas se tiene que hacia la base de la formación ocurren principalmente rocas asociadas a una facies de cuenca, a la cual alcanzó a llegar en cantidades reducidas material proveniente de la plataforma, dichas condiciones sugieren el depósito asociado a una Facies 3 de Wilson. En tanto que la parte media superior de la formación, presenta características típicas de una facies de cuenca con ligero aporte de material terrígeno lo cual nos señala una Facies 2 de Wilson.

Ice (1979), menciona que la secuencia sedimentaria de la Formación Cuesta del Cura puede ser interpretada como una secuencia depositada en la parte inferior de un ambiente de talud-cuenca distal. Fig. 3.3.1

### **3.3.3.- FORMACION EL ABRA**

#### **Antecedentes.**

El término "Caliza El Abra", fué utilizado originalmente por Garfias (1915) y aplicado por Powers (1925) para las calizas de la Faja de Oro (Carrillo-Bravo, 1971).

Las calizas de ésta formación, sobre todo en la Sierra del Abra, en la Faja de Oro y en la Plataforma Valles-San Luis Potosí, han sido estudiadas por Diaz Lozano (1927); Heim (1925); C.L. Baker (1926); Adkins (1930); Kellum (1930); Muir (1936); Imlay (1944); J.D. Nigra (1951); Bonet (1952, 1963); Rose (1963); Carrasco (1969, 1970, 1971, 1977), Carrillo-Bravo (1961, 1971); Coogan (1973); Rohel (1968); Perkins (1970); Coogan et. al. (1972); Griffith et. al. (1969); Aguayo (1975, 1978); Cabrera y Menes (1973), Enos (1974), entre otros.

Actualmente se dá el nombre de Formación el Abra al complejo calcáreo de tipo plataforma, del Albiano-Cenomaniano, que se encuentra sobre la Plataforma Valles-San Luis Potosí y en la Faja de Oro. Fig. 3.3.2

La localidad tipo de ésta formación, se encuentra en el Cañón de El Abra, sobre la carretera Cd. Valles, S.L.P.-Tampico, Tamps., aproximadamente 10 km al este de Cd. Valles (Carrillo-Bravo, 1971).

A la Formación El Abra, Carrillo Bravo (1971), la ha subdividido en tres facies principales, tomando en cuenta las características litológicas, paleontológicas, ambientales de dicha formación y a las subdivisiones anteriores. Dichas facies son:

- 1.--- Facies Pre-Arrecifal (equivalente a la Formación Tamabra).
- 2.--- Facies Arrecifal (Equivalente a la Facies Taninul).
- 3.--- Facies Post-Arrecifal (Equivalente a la Facies El Abra).

Dado que dichas facies fueron definidas para toda la Plataforma Valles-San Luis Potosí, y de que el área de estudio está ubicada en un amplio margen de dicha plataforma, se utilizará la definición anterior para cada una de las facies identificadas. Fig. 3.3.2

### 3.3.3.1.- Facies Pre-Arrecifal de la Formación El Abra.

#### Definición.

Carrillo-Bravo(1971) fué quien definió a ésta facies como " a un conjunto litológico constituido por rocas clásticas de talud arrecifal (dolomitizadas o parcialmente dolomitizadas) y a la zona de interdigitación de calizas de cuenca (Formación Cuesta del Cura) con calizas clásticas biocalcáreas derivadas de las zonas arrecifales."

#### Distribución.

Aunque en gran parte de la Sierra El Azul, se tiene aflorando a la Formación El Abra, en pocos lugares se encuentra a ésta facies, posiblemente se le encuentre en el subsuelo, sin embargo, hasta el momento no se cuenta con información que lo confirme. Únicamente se le observó al este sureste de la Rancharía Tapon de Camarillo; cerca de la carretera Matehuala-Dr. Arroyo, a la altura de San Antonio en afloramientos más o menos bien expuestos, así como al oeste de la Rancharía Luz de Tebaida, a la altura del lugar denominado el Puertecito.

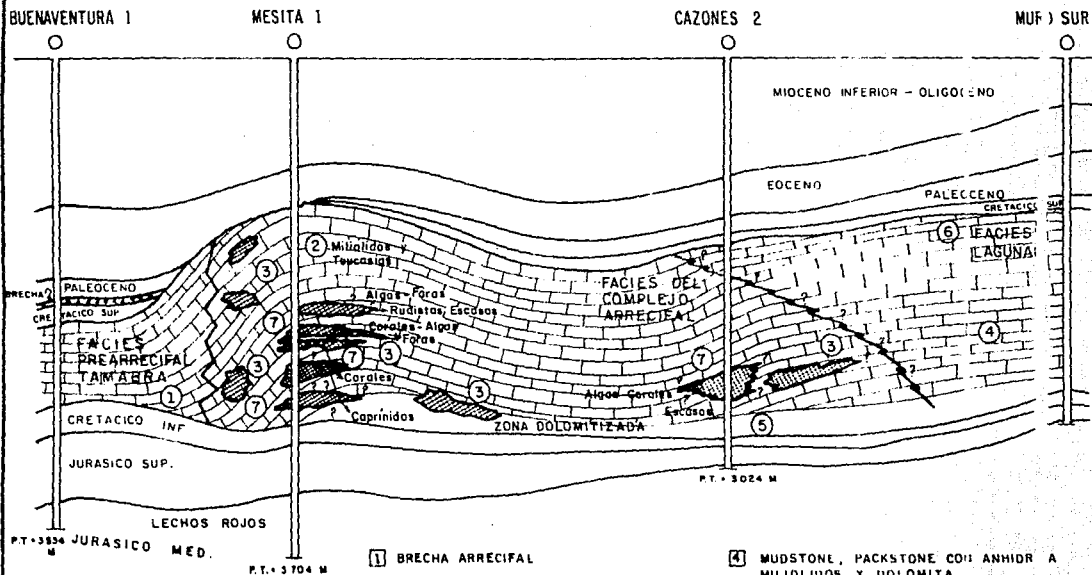
#### Litología y Espesor.

Petrográficamente representan una asociación de bioesparruditas con intercalaciones de intramicruditas y turbiditas proximales; dicho conjunto petrográfico, representa todo un complejo desarrollado en un talud arrecifal. (Becerra, 1970)

#### Relaciones Estratigráficas.

En la porción oriental de la Sierra El Azul, en donde se le observó aflorando, en especial cerca de la Rancharía Juan Gómez, la facies prearrecifal subyace discordantemente a la Formación Agua Nueva y en una pequeña zona de aproximadamente 3

# SECCION DIAGRAMATICA DEL CONJUNTO ARRECIFAL DEL ABIA EN LA REGION DE POZA RICA-TUXPAN



- |   |   |
|---|---|
| <p>1) BRECHA ARRECIFAL</p> <p>2) FACIES DE PELLETOIDES</p> <p>3) ARRECIFES o BANCOS ORGANICOS</p> | <p>4) MUDSTONE, PACKSTONE CON ANHIDR A MILIOLITOS Y DOLOMITA</p> <p>5) PACKSTONE Y GRAINSTONE DOLOMITIZADOS CON FOSILES</p> <p>6) MUDSTONE, ESCASA DOLOMITA Y FAUNA PELAGICA</p> <p>7) FACIES DE BIOCLASTOS (Originados por la erosión subacuosa de los bancos o arrecifes)</p> |
|---|---|

Fig. 3.32

km se ponen en contacto ambas formaciones pero lo hacen en forma tectónica. En otros lugares en donde aflora no aparece su contacto superior. En ninguno de esos sitios se conoce cual es la relación que guarda con las formaciones infrayacentes. Se sabe que en la Sierra de Alvarez, descansa en forma concordante sobre la Formación Tamaulipas Superior, lo mismo que en la margen oriental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

Hacia la porción occidental se interdigita con la facies arrecifal en tanto que hacia la parte oriental cambia transicionalmente hacia los sedimentos de cuenca de la Formación Cuesta del Cura.

#### Edad.

Carrillo-Bravo (1971), en base al contenido faunístico y a la posición estratigráfica que guardan estos sedimentos, se les asigna una edad Albiano--Cenomaniano, identificándole los siguientes microfósiles:

<i>Stomiosphaera sphaerica</i>	
<i>Stomiosphaera conoidea</i>	
<i>Pithonella ovalis</i>	(Kauffman)
<i>Calcisphaerula innominata</i>	(Bonet)
<i>Rotalipora</i> sp.	
<i>Globigerina</i> sp.	
<i>Dicyclina schlumbergeri</i>	(Munier)
<i>Nummuloculina heimi</i>	(Bonet)

#### Ambiente de Depósito.

Todo este conjunto se encuentra asociado a una facies de talud arrecifal, con un gran aporte de sedimentos de la masa arrecifal por corrientes de densidad, originando incluso, turbiditas proximales. Facies 4 (proximal y distal) de Wilson. Fig. 3.3.3

#### 3.3.3.2.- Facies Arrecifal de la Formación El Abra.

#### Definición.

Carrillo-Bravo (1971), fué quien definió con este nombre " a la franja angosta de núcleos arrecifales (constituidos por caprinidos, radiolíticos, neríneas, toucasias, equinodermos y escasos corales), que bordean la Plataforma Valles--San Luis Potosí". Desde 1924 se le había nombrado como Miembro Taninul de la Formación El Abra (Bonet, 1952, 1963).

Aguayo (1975, 1978), en la localidad tipo de la Formación El Abra, en base a la fauna, a la litología, a las estructuras sedimentarias primarias y a los procesos diagenéticos subdivide a la zona arrecifal en dos subambientes:





A.-- The fore-slope reef zone (Zona arrecifal de pre talud)

B.-- The shelf-edge-reef zone (Zona arrecifal de borde de plataforma).

La localidad tipo se encuentra en el Túnel de Taninul del Ferrocarril Tampico-Cd. Valles.

#### Distribución.

Para el área del presente estudio, y dado el carácter que presenta de ser una franja angosta y de poca extensión; a ésta facies se le observó: en la parte más alta del Anticlinal Taponá, al sur-sureste de la Ranchería Taponá de Camarillo, al oeste de la Ranchería de Puerto Dolores; al este de las Rancherías de Buenavista, La Peña y la Gavia, en estas últimas forma un cantil de considerable altitud. Para mejor detalle de su distribución véase la Carta Geológica. Figura 3.1.

#### Litología y Espesor.

En forma muy general ésta facies está representada por calizas masivas gris crema y crema amarillento constituida por bancos arrecifales (principalmente rudistas), separados unos de otros por wackestone y packstone biógenos.

A continuación se presentarán con mejor detalle las características litológicas de esta facies, de acuerdo a la subdivisión de Aguayo (1975, 1978):

La zona arrecifal de pre talud, se caracteriza por ser un complejo de lentes, capas y acúñamientos traslapados de litofacies biomicríticas y de dispersas colonias de rudistas biohermales de varios metros de espesor. Algunos rudistas están en su posición de crecimiento y unidos al sustrato por su valva cónica inferior, o bien por medio de los organismos incrustantes tales como las algas rojas coralinas y los estromatoporoides o bien por una combinación de diferentes generaciones de calcita neomórfica y de sedimento interno que ha litificado la estructura.

En tanto que la zona arrecifal de borde de plataforma está compuesta de un complejo de bancos, núcleos arrecifales, lentes, capas y acúñamientos traslapados e integrados a través de cuatro facies, que de la base a la cima son:

A. Facies biolitita de monopleuridos-requienidos-corales.

B. Facies biolitita de monopleuridos-caprínidos-requienidos.

C. Facies biolitita de caprínidos-radiolitidos.

D. Facies calcarenítica de margen de plataforma.

Esta zona, estuvo sujeta al ambiente tectónico que controlaba el rango de subsidencia y levantamiento de la plataforma en el Cretácico. Lo que dió como resultado que se tuviera una compleja estructura biológica compuesta de organismos constructores y ciclos repetidos de sedimentación interna, de sedimentación, bioturbación y lixiviación. Así mismo, la biota fué zonificada ecológicamente dentro de la estructura debido a los cambios locales en el ambiente sedimentario durante las etapas de subsidencia.

Las consideraciones anteriores reflejan en forma extraordinaria las condiciones que ocurrieron a lo largo de toda la zona arrecifal y que a la vez definen con claridad la complejidad que representa esta zona desde el punto de vista estratigráfico-sedimentológico-estructural. Fig. 3.3.4

#### Relaciones Estratigráficas.

Tanto el contacto superior como el inferior de dicha facies, para la zona de estudio, permanecen desconocidos ya que no fué posible observar ninguno de los dos. Sin embargo, en numerosas localidades Carrillo-Bravo (1971), reporta que esta facies está cubierta en forma discordante por la Formación San Felipe o bien por la Formación Méndez. No mencionando sobre que formación se encuentra descansando. Lateralmente hacia el oriente cambia a la facies pre-arrecifal de la Formación El Abra y hacia el occidente cambia a la facies post-arrecifal de dicha formación.

#### Edad.

En base al contenido faunístico, Carrillo-Bravo (1971) le a asignado una edad del Albiano. Entre los rudistas se tienen:

<i>Toucasia texana</i>	(Roemer)
<i>Eoradiolites</i> aff. <i>E. quadratus</i>	
<i>E. cf. davidson</i>	(Hill)
<i>Caprina</i> ( <i>Sphaerucaprina</i> ) <i>occidentalis</i>	
<i>Caprinula</i> cf., <i>C. anquis</i>	(Roemer)
<i>Lamelibranchia</i> sp.	
<i>Pecten</i> cf. <i>P. bonellensis</i>	(Kuillier)
<i>Pecten</i> sp.	
<i>Lima wacoensis</i>	(Roemer)
<i>Chondrodonta</i> cf. <i>C. sunsoni</i>	(Hill)

Turritelas y equinodermos no identificados.

#### 3.3.3.3.- Facies Post-Arrecifal de la Formación El Abra (Facies El Abra)

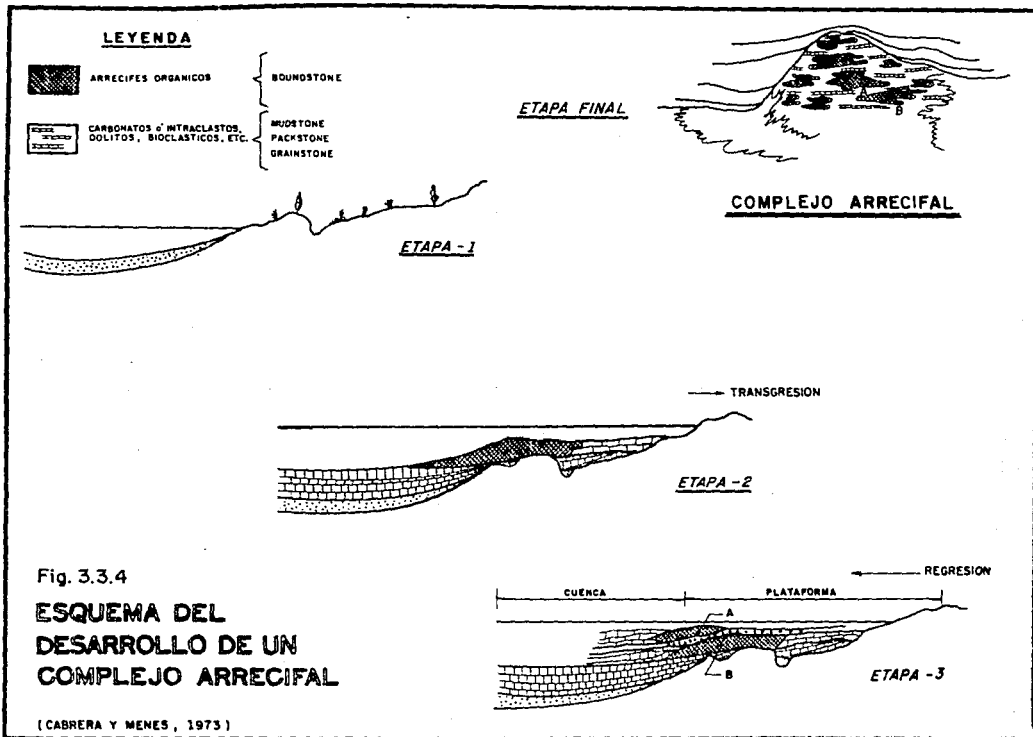


Fig. 3.3.4

**ESQUEMA DEL  
DESARROLLO DE UN  
COMPLEJO ARRECIFAL**

(CABRERA Y MENES, 1973)

### Definición.

Carrillo-Bravo (1971), designó con este nombre "a una gruesa secuencia de calcilutitas, calizas bioclásticas y calcarenitas con miliolas y toucasias; dolomitas y calizas parcialmente dolomitizadas, depositadas sobre una gran plataforma, de aguas cálidas, claras y poco profundas". Fijando como localidad tipo a la cantera de la Estación El Abra, a 9.4 km al oriente de Cd. Valles, San Luis Potosí.

### Distribución.

Esta facies tiene una amplia distribución dentro de la zona de plataforma ya que constituye las principales morfoestructuras de la misma. Se le encuentra inmediatamente donde termina la facies arrecifal y se extiende hacia toda la parte occidental del área de estudio. Excelentes exposiciones de ésta facies se tienen sobre la carretera Matehuala-Dr. Arroyo, a la altura de la Ranchería Puerto del Palmar y de la cantera conocida como La Pedrera.

A nivel regional, las rocas de ésta facies ocupan la porción central de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

### Litología y Espesor.

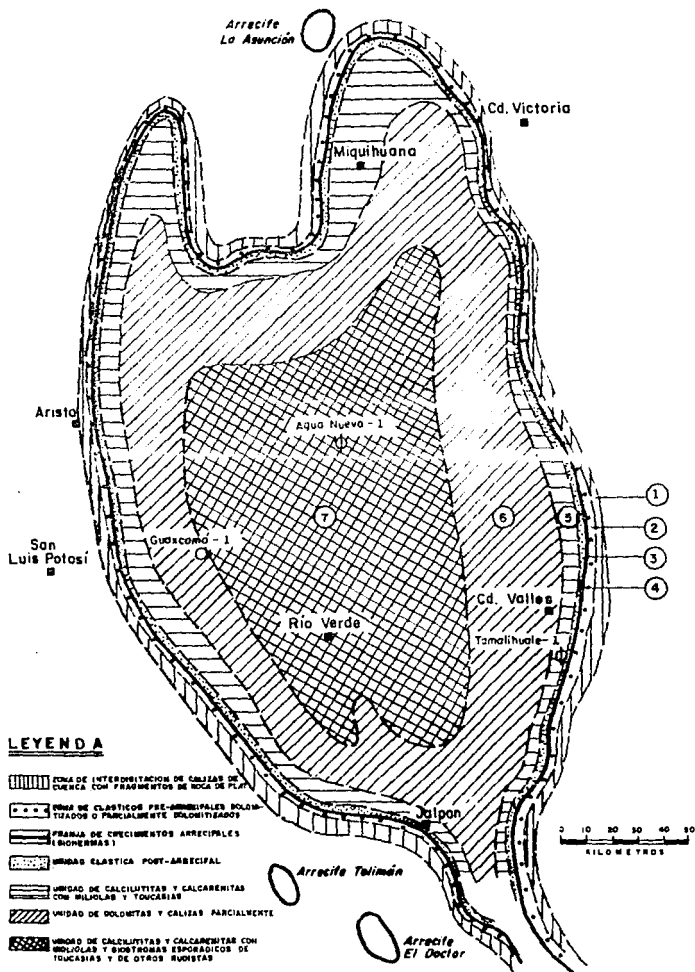
Con el propósito de mostrar las variaciones litológicas que este gran complejo calcáreo llega a presentar, Carrillo-Bravo (1971) dividió a ésta facies en cinco unidades: Fig. 3.3.5

- A. Unidad clástica post-arrecifal
- B. Unidad de calcilutitas y calcarenitas con miliolas y toucasias.
- C. Unidad de dolomías y calizas parcialmente dolomitizadas.
- D. Unidad de calcilutitas y calcarenitas con miliolas y toucasias.
- E. Zona dolomítica basal.

En la sección estratigráfica medida en el flanco occidental del Anticlinal Taponá, se observaron las siguientes características litológicas, que de la base a la cima ocurren de la siguiente forma:

± 32.0 m Packstone a grainstone gris acero con fragmentos de rudistas, muy pocos de ellos completos, en estratos de 1 a 1.5 metros de espesor.

Fig. 3.3.5 PLATAFORMA VALLES - SN. LUIS POTOSÍ  
Plano de Litofacies de la Formación El Abra



± 34.0 m Packstone a grainstone. con ocasionales rudistas, en estratos de 1.5 a 2.0 metros de espesor.

± 8.0 m Packstone con intervalos de aisladas toucasias, en estratos de 1 a 1.5 metros de espesor.

± 15.0 m Grainstone con bancos de rudistas, siendo estos primordialmente radiolitidos y caprinidos, en estratos gruesos, de hasta 2.0 metros de espesor

± 4.0 m Horizonte bioclástico (arenoso).

± 8.0 m Wackestone a packstone de miliólidos gris a gris oscuro en estratos de 80 a 100 cm de espesor.

± 4.0 m Wackestone gris claro con pocos miliólidos, en estratos de 80 cm de espesor.

± 14.0 m Grainstone bioclástico gris crema y gris claro en donde existen horizontes con un notable incremento en el contenido de rudistas.

± 10.0 m Wackestone a packstone gris crema a gris claro, en la parte inferior del tramo ocurren horizontes bioclásticos, en la parte media horizontes de miliólidos y en la parte superior el contenido de miliólidos disminuye considerablemente.

± 11.0 m Wackestone gris oscuro con bioclastos flotando en una matriz micritica.

± 7.0 m Packstone a grainstone gris claro. En la parte baja ocurren horizontes de abundantes bioclastos, en la parte media horizontes de rudistas y en la parte superior se presentan nuevamente los horizontes bioclásticos.

± 5.0 m Wackestone a packstone de miliólidos, gris oscuro.

± 15.0 m Wackestone gris crema en estratos de 10 a 20 cm de espesor, con estructuras laminares onduladas constituidas por bioclastos. Se aprecia en forma notoria estratificación cruzada.

± 4.0 m Grainstone gris ligeramente oscuro de bioclastos y ocasionales fragmentos de rudistas completos. Estratos de a 2.0 metros de espesor.

± 2.0 m Horizonte arenoso.

± 3.0 m Wackestone en estratos delgados con laminaciones onduladas.

± 8.0 m Packstone bioclástico gris claro a gris oscuro con biostromas de rudistas en estratos de hasta 1.5 metros de espesor.

± 4.0 m Wackestone gris claro a gris crema en estratos delgados de hasta 20 cm de espesor. En la parte superior ocurren horizontes estromatolíticos.

± 3.0 m Packstone de toucasias, embebidas en una matriz micritica, con numerosas bioturbaciones.

± 4.0 m Wackestone gris claro a crema con horizontes de laminaciones estromatolíticas.

± 6.0 m Packstone de rudistas embebidos en un matriz de bioclastos de color gris crema a crema amarillento. Al golpearlas despiden un olor fétido.

± 4.0 m Wackestone gris claro a crema en estratos delgados de hasta 20 cm. de espesor, en la parte superior ocurren horizontes estromatolíticos, en las laminaciones es posible distinguir a los bioclastos.

± 8.0 m Packstone bioclástico y horizontes de rudistas en estratos de hasta 1.5 metros de espesor.

± 3.0 m Wackestone en estratos delgados, en la parte superior ocurren horizontes estromatolíticos.

± 13.0 m Packstone bioclástico. Hacia la cima ocurren horizontes de rudistas y escasos rudistas.

± 3.0 m Wackestone de miliólidos gris claro a gris oscuro.

± 1.5 m Horizonte de laminaciones ondulados.

± 9.0 m Packstone a grainstone de bioclastos gris crema a crema amarillento en estratos gruesos. En la parte superior existe un horizonte con abundantes gasterópodos.

± 12.0 m Packstone bioclástico gris crema a crema amarillento; escasos fragmentos de rudistas.

± 14.0 m Packstone de toucasias en una matriz micritica.

± 4.0 m Wackestone de miliólidos.

± 10.0 m Biostroma de rudistas en la parte baja y hacia la cima se convierte en un wackestone bioclástico.

± 13.0 m Horizonte de toucasias en una matriz muy fina. Las toucasias presentan una ligera recristalización en sus conchas.

± 11.0 m Mudstone gris ligeramente oscuro que al golpearle despidе fuerte olor fétido.

Petrográficamente, en las cercanías de la masa arrecifal, se tiene una asociación de biocsparruditas que a medida que se asciende estratigráficamente pasan a intrabiomicrocritas, biomicrocritas, biomicrodritas, intrabiomicrodritas, y finalmente, hacia la cima de dicha facies, se tienen principalmente biomicrocritas. Este conjunto petrográfico, muestra una gran variedad litológica; resultado de la ocurrencia y de la depositación de dos ambientes cercanos, siendo uno dependiente del otro. Diagenéticamente, se tienen los siguientes eventos, los cuales han modificado sustancialmente las condiciones bajo las cuales se depositaron estas rocas. En la mayoría de las muestras analizadas, es evidente una alta compactación, seguida de una fuerte recristalización, lo cual hace que el conjunto se presente en forma masiva. La presencia de numerosas estructuras estilolíticas, paralelas a la estratificación y con amplitudes de hasta 10 cm, reflejan la ocurrencia de un fenómeno de presión-golución, que le confiere a las rocas ciertas propiedades hidráulicas.

#### Relaciones Estratigráficas.

En varias localidades dentro de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, la facies post-Arrecifal descansa en forma concordante sobre los sedimentos evaporíticos de la Formación Guaxcamá. En tanto que subyace en forma discordante a los sedimentos de la Formación Tamasopo.

#### Edad.

Para esta zona de la plataforma Carrillo-Bravo(1971), le asigna una edad Albiano-Cenomaniano. Mencionando entre los principales fósiles que aparecen los siguientes:

<i>Nummuluculina heimi</i>	(Bonet)
<i>Coskinolínoides texanus</i>	
<i>Dictyoconus</i> sp.	
<i>Quinqueloculina</i> sp.	
<i>Alveolina</i> sp.	
<i>Periloculina</i> sp.	
<i>Dicyclina</i> sp.	
<i>Dicyclina sclumbergeri</i>	(Munier)
<i>Valvulina</i> sp.	
<i>Calciophaerula</i> sp.	
<i>Calciophaerula innominata</i>	(Bonet)
<i>Pithonella ovalis</i>	(Kauffman)
<i>Pithonella</i> sp.	
<i>Thalmanella</i>	
<i>Stomisphaera sphaerica</i>	(Kauffman)



Aparecen algunos fragmentos de macrofósiles, entre los cuales se distinguen:

**Moluscos indeterminables**

Gasterópodos

Pelecípodos

Rudistas (Toucasias y Caprinidos)

Equinodermos.

**Ambiente de Depósito.**

Así, como es posible el diferenciar a las rocas por su aspecto litológico, ambientalmente la distribución que presentan, es el reflejo de sus características petrográficas.

Las rocas de la parte baja de la secuencia medida, fueron depositadas en una facies lagunar, con una notable influencia de la masa arrecifal. Representando así, una Facies 5 (post-arrecifal) de Wilson, con variaciones a Facies 7 e incluso llegar a una facies 9, netamente lagunar. Hacia la porción superior de la sección medida, ocurren condiciones de plataforma externa, en la cual aún existía un aporte considerable de bioclastos proveniente del desarrollo arrecifal, caracterizando de esta forma, una Facies 6 de Wilson.

### 3.4.- CRETACICO SUPERIOR

#### 3.4.1.- FORMACION AGUA NUEVA

##### Definición.

Con este nombre, W.L. Stephenson (1921) designó a una secuencia de calizas con pedernal intercaladas con lutitas negras carbonosas. Posteriormente, Muir (1934) redefinió a esta formación en la Sierra de Tamaulipas mencionando estratos calcáreos con horizontes que contienen *Inoceramus labiatus*. Designándose como localidad tipo en el Cañón de La Borrega, situado en el flanco occidental de la Sierra de Tamaulipas, cerca del Rancho Agua Nueva, Tamaulipas.

En el presente estudio se considera como tal, a la secuencia más o menos homogénea de calizas mudstone, mudstone arcillosos y lutitas calcáreas con pedernal negro en lentes o en láminas delgadas que cubre concordantemente a la Formación Cuesta del Cura y subyace concordantemente a la Formación San Felipe.

##### Distribución.

Dada la posición estratigráfica que guarda, debido al hecho de que la porción de cuenca es sin lugar a dudas la facies que abarca un área considerable dentro del estudio geológico origina que la Formación Agua Nueva, sea la unidad litoestratigráfica que presenta una cantidad mayor de afloramientos ya que constituye la mayoría de los lomerios que conforman la porción nororiental de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, cubriendo a la mayoría de los anticlinales abiertos en esta formación o en la Formación Cuesta del Cura. Sus mejores afloramientos se localizan en el flanco occidental de el Anticlinal El Tisú, en donde exhibe su litología característica.

##### Litología y Espesor.

De la sección estratigráfica medida en el flanco occidental del Anticlinal El Tisú se tienen más o menos 313.0 metros de una secuencia constituida por mudstone arcillosos finamente bandeados de color gris a negro, mudstone ligeramente arcillosos gris a gris oscuro en estratos de hasta 40 centímetros de espesor con capas lenticulares o láminas de pedernal negro, las cuales alternan con lutitas y lutitas calcáreas laminares de color gris, gris oscuro y negro en estratos de hasta 15 centímetros de espesor con intemperismo amarillento ligeramente rojizo. Llegan a presentarse lutitas negras ligeramente carbonosas dentro de esta secuencia.

En la base de la formación se presenta con notable distribución un horizonte de clásticos calcáreos constituidos por fragmentos subangulosos de calizas y pedernal con fragmentos de

rudistas y corales, mal clasificados llegando a presentar hasta 8 metros de espesor. Dicho cuerpo ha sido reportado por Carrillo-Bravo (1961) para la región de Ciudad Victoria, así como por Ice (1979) en el área de la Sierra de Catorce y menciona que en ocasiones ha sido considerada como un conglomerado basal arriba de una discordancia. Sin embargo, no se le ha encontrado continuidad lateral. El hecho de que aparezca en la Sierra de Catorce, en la porción norte de la Cuenca Mesozoica del Centro de México y en el Área de Ciudad Victoria podría revelar su carácter de ser un horizonte con continuidad lateral regional, no obstante, que no ha sido reportado en muchas de las localidades en donde aflora dicha formación. Un estudio detallado de éste contacto podría ayudar a solucionar esta incógnita que tal vez cambie un poco los modelos paleogeográficos para el noreste de México.

#### Relaciones Estratigráficas.

El contacto inferior Cuesta del Cura-Agua Nueva es concordante y muy marcado debido principalmente al carácter litológico entre ambas formaciones lo que dá lugar a que en el campo sea relativamente fácil de diferenciar a los wackestone laminares con bandas de pedernal de la Cuesta del Cura y a los mudstone, mudstone arcillosos y lutitas calcáreas de la Agua Nueva. El contacto se marcó inmediatamente abajo de la primera aparición de mudstone, mudstone arcilloso y lutitas calcáreas con capas lenticulares de pedernal negro, siendo éstas poco comunes entre los estratos. Por su parte, el contacto superior Agua Nueva-San Felipe es concordante y ocurre en forma transicional por lo que en campo no fué fácil diferenciarlo. Sin embargo, el contacto se fijó inmediatamente abajo de la secuencia rítmica de lutitas y las calizas mudstone marcadamente arcillosas de la Formación San Felipe.

#### Edad.

Gamper (1977), menciona que la Formación Agua Nueva contiene una rica asociación de foraminíferos planctónicos. Dicha autora junto con Longoria (1975, 1977), han referido la importancia que tiene el manejo de los foraminíferos planctónicos dentro de la cronoestratigrafía y en especial para el Cretácico de México. Basada en la zonificación realizada por Longoria (1977), Gamper encontró en la base de la formación en una sección medida en el Área Huizachal-Peregrina la siguiente asociación:

Dicarinella sp.	
Thalmanniella brotzeni	(Sigal)
Thalmanniella appenínica	(Renz)
Rotalipora cuschmani	(Morow)

la cual pertenece al Turoniano y a la zona CB-4 del Esquema de Longoria (1975). También ocurre:

Globotruncana helvetica	(Bolli)
-------------------------	---------

del Turoniano.

Y en la parte alta de la formación ocurre:

*Dicarinella concavata* (Brotzen)  
*Dicarinella carinata* (Dalbiez)  
*Globotruncana bulloides*

asociación que corresponde al Santoniano Inferior y a la Zona CS-6 dentro del Esquema de Longoria.

Aunque con regular frecuencia dentro de la Formación Agua Nueva es común encontrar *Inoceramus labiatus* o *Inoceramus* sp., en la sección medida, no fué posible coleccionar ningún ejemplar de este tipo.

Por su parte Carrillo-Bravo (1961, 1971), reporta la siguiente microfauna de tipo pelágico:

*Rotalipora* sp.  
cf. *Rotalipora appenninica* (Renz)  
*Calcisphaerula innominata* (Bonet)  
*Globotruncana* sp.  
*Heterohelix* sp.  
*Pithonella ovalis* (Kauffman)

asignada al Turoniano.

Dentro del área de estudio aparte de los anteriores, se les ha encontrado:

*Globotruncana schneegani*  
*Stomiosphaera* sp.  
*Risserella* sp.  
*Globigerinas*  
*Globigerinoides*

#### Ambiente de Depósito.

Por sus características litológicas y paleontológicas ésta formación se considera como un depósito de cuenca, donde por la abundancia de materia orgánica, la circulación de las aguas debió haber sido restringida, además la cuenca pudo haber estado sujeta a pulsaciones que propiciaron el depósito de sedimentos clásticos junto a los carbonatos.

### 3.4.2.- FORMACION SAN FELIPE

#### Definición.

G. Jeffreys (1910), fué el primero en asignarle nombre a ésta formación. Sin embargo, Muir (1936) la definió como calizas arcillosas, compactas, de estratificación delgada a mediana de color gris verdoso a gris claro con intercalaciones de bentonita y yeso (?). Jeffreys asignó como localidad tipo al primer corte de la vía del Ferrocarril Tampico-San Luis Potosí, cerca del Rancho San Felipe, aproximadamente 6 kilómetros al este de Ciudad Valles, San Luis Potosí.

#### Distribución.

Debido principalmente a su carácter litológico, ésta formación tiene un reducido número de afloramientos, la mayoría de ellos se restringe a ocupar los núcleos y los flancos de los sinclinales que no han sido erosionados en su totalidad.

#### Litología y Espesor.

Debido a que en las zonas en donde aflora se haya parcialmente cubierta, sus características litológicas no pudieron ser observadas detalladamente. Sin embargo, se logró distinguir que está constituida de calizas arcillosas de color gris verdoso a gris oscuro en estratos de 10 a 40 centímetros de espesor, que alternan con lutitas calcáreas de color amarillo grisáceo. La formación en conjunto presenta un color amarillento que hace que en el campo sirva como guía para diferenciarla de la Formación Agua Nueva.

Dado que no se observó su contacto superior, no se pudo conocer cual es el espesor que presenta en la zona, ya que únicamente se le lograron medir  $\pm$  20.0 metros después del contacto con el Agua Nueva. Sin embargo, Parra-Samano (1983) en el Área de la Paz, San Luis Potosí, le logró medir más o menos 120.0 metros de espesor. Carrillo-Bravo (1971), menciona que en el Área de Huizachal-Peregrina la Formación San Felipe llega a presentar entre 130.0 y hasta 200.0 metros de espesor.

#### Relaciones Estratigráficas.

Dentro del Área de estudio, la Formación San Felipe cubre en forma concordante y transicional a la Formación Agua Nueva, siendo en la mayoría de las veces un tanto difícil el reconocer el límite entre ambas formaciones por lo que el contacto inferior se fijó inmediatamente abajo de la secuencia rítmica de lutitas y los mudstone fuertemente arcillosos cuyo color de intemperismo es marcadamente amarillento. El límite superior en esta zona es discordante con los materiales aluviales que la cubren.

**Edad.**

En base a la presencia de foraminíferos planctónicos Gamper (1977), identificó inmediatamente arriba del contacto con la Formación Agua Nueva, la siguiente asociación:

<b>Globotruncana fornicata</b>	(Plummer)
<b>Dicarinella concavata</b>	(Brotzen)
<b>Archeoglobigerina cretacea</b>	(d'Orbigny)

Y en la parte superior de la formación, identificó:

<b>Globotruncanita elevata</b>	(Brotzen)
<b>Globotruncana arca</b>	(Cushman)
<b>Globotruncana linneana</b>	(d'Orbigny)

Por lo que la edad de esta formación en el Área del Cañón de Peregrina abarca el intervalo Santoniano Inferior al Campaniano Inferior, abarcando las Zonas CS-7 a CS-9 dentro del Esquema de Longoria (1975).

En las zonas cercanas a la Plataforma Valles-San Luis Potosí, Carrillo-Bravo (1971) reporta la presencia de los siguientes microfósiles:

<b>Globotruncana arca</b>	(Cushman)
<b>Globotruncana lapperanti</b>	(Bolli)
<b>Clacisphaerula innominata</b>	(Bonet)
<b>Globotruncana sp.</b>	
<b>Heterohelix sp.</b>	

Asignándole una edad para esta formación del Senoniano.

Dentro del Área de estudio, aparte de los anteriores microfósiles, se le han encontrado:

**Pithonella ovalis**  
**Stomiosphaera sphaerica**  
**Stomiosphaera herrera**  
**Calciostheca cuadrangulate**  
**Calciostheca exagonalis**  
**Burocratus perniciosus**

**Ambiente de Depósito.**

Por sus características micropaleontológicas y litológicas, su ambiente de depósito es de mares abiertos con profundidades batiales en donde hubo suministro de cenizas volcánicas en diferentes etapas, dando origen a los horizontes bentónicos que la caracterizan, además el depósito de clásticos junto con el de carbonatos se mantuvieron más o menos constantes, llegando a predominar los clásticos.

### 3.4.3.- FORMACION TAMASOPO

#### Definición.

E. Bose (1906), fué el primero en estudiar a estas rocas, sin embargo, Muir (1936) las refiere como " Facies Arrecifal " de la Formación San Felipe diciendo que este término fué aplicado en forma errónea en la zona de Tampico debido a que se utilizó como sinónimo de las formaciones Tamaulipas y El Abra. Muir (op.cit.), citó como localidad tipo las rocas expuestas entre las Estaciones Tamasopo y Canoas, San Luis Potosí, sobre el Ferrocarril San Luis Potosí-Tampico. Dado que las rocas expuestas en esa localidad no todas corresponden al Cretácico Superior, Carrillo Bravo (1971) propone seguir utilizando el término Formación Tamasopo y la define de la siguiente manera:

" ...una sección de aproximadamente 200.0 m de espesor, de calizas de grano fino, calizas arcillosas nodulares, calizas bioclásticas, calizas arrecifales de color gris crema y crema amarillento, que intemperizan blanquecino y amarillo claro en capas de espesor medio a grueso que afloran en el área de Tamasopo y sobre gran parte de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Suprayaciendo discordantemente a la Formación El Abra y subyaciendo discordantemente a la Formación Cárdenas." Designa como localidad tipo a los afloramientos que ocurren al Este-Noreste de Canoas, San Luis Potosí, sobre la vía del Ferrocarril San Luis Potosí-Tampico.

Para los objetivos del presente estudio, se acepta ésta última definición, ya que las rocas cartografiadas como tal sobre la Plataforma Valles-San Luis Potosí presentan características litológicas semejantes a las descritas a la localidad tipo propuesta.

#### Distribución.

Las rocas de esta formación, al presentar características de plataforma interna, la tenemos aflorando en forma primordial en la porción central y sur del flanco occidental de la Sierra El Azul constituyendo franjas alargadas cuya expresión topográfica contrasta con los estratos masivos de la Formación El Abra. Hacia la porción norte de la sierra, no se le ha cartografiado tal vez debido a que hacia esa zona no se depósito obedeciendo a las condiciones de inestabilidad de la plataforma y de la Cuenca Mesozoica del Centro de México para el Cretácico Superior.

#### Litología y Espesor.

La Formación Tamasopo presenta características bien definidas tanto litológicas como paleontológicas y ambientales que permiten dividirla en dos miembros.

El Miembro Inferior presenta las siguientes características, litológicas de la base a la cima obtenidas en la sección estratigráfica medida al sureste de la Rancharía Taponá de Camarillo sobre el flanco occidental del Anticlinal La Taponá. Ver Columna Estratigráfica La Taponá . Figura 3.2.

± 4.0 m Mudstone a wackestone gris oscuro en estratos delgados de 5 a 8 centímetros de espesor con laminaciones rojizas y aislados nódulos de pedernal gris claro.

± 36.0 m Packstone bioclástico con horizontes de toucasias.

± 16.0 m Intervalo cubierto.

± 12.0 m Wackestone de miliólidos gris oscuro en estratos delgados.

± 8.0 m Packstone de miliólidos en estratos de espesor mediano.

± 4.0 m Wackestone a packstone de miliólidos gris oscuro.

± 3.0 m Wackestone de miliólidos en estratos de hasta 50 centímetros de espesor.

± 17.0 m Wackestone bioclástico con ocasionales horizontes de wackestone de miliólidos así como de pequeñas formas de gasterópodos.

± 13.0 m Packstone biógeno gris oscuro con abundantes miliólidos en estratos de hasta 50 centímetros de espesor.

± 6.0 m Packstone bioclástico gris crema con escasos miliólidos y un horizonte de rudistas dentro de la secuencia.

± 4.0 m Areniscas calcáreas y wackestone arcilloso de coloración rojiza con notables laminaciones.

± 28.0 m Mudstone ligeramente arcilloso, wackestone arcillosos gris crema en estratos de 5 a 10 centímetros de espesor, el contenido arcilloso se incrementa hacia la parte alta de este tramo.

± 4.0 m Lutitas calcáreas de color ocre muy deleznales ocurriendo en estratos laminares y horizontes ligeramente arenosos.

± 48.0 m Mudstone ligeramente arcilloso gris pardo en estratos de 40 a 80 centímetros de espesor.



- ± 6.0 m Horizonte arcillo-calcáreo de color gris verdoso amarillento.
- ± 3.0 m Mudstone laminar arcilloso.
- ± 1.0 m Horizonte calcáreo arenoso gris pardo.
- ± 26.0 m Mudstone a wackestone gris claro.
- ± 2.0 m Horizonte arcilloso.
- ± 30.0 m Mudstone a wackestone gris a gris oscuro en estratos gruesos en la parte inferior y delgados en la parte superior.
- ± 11.0 m Mudstone gris crema en estratos de 20 y 30 centímetros de espesor.
- ± 22.0 m Mudstone a wackestone gris ligeramente pardo en estratos delgados.
- ± 24.0 m Lutitas calcáreas laminares en estratos de espesor delgado.

Petrográficamente se tiene una asociación de biomicritas, que en ocasiones llegan a presentar un significativo contenido de minerales arcillosos; siendo importante en todos los casos el contenido de bio e intraclastos. Diagenéticamente se tiene una alta compactación y un fuerte evento de recristalización, evidenciado en las microfracturas rellenas por microesparita. Llega a observarse, aunque no muy bien definido un fenómeno de presión - solución, que dio lugar a la formación de estructuras estilolíticas poco desarrolladas.

A su vez, el Miembro Superior de ésta formación presenta las siguientes características litológicas de la base a la cima obtenidas de la misma sección que para el Miembro Inferior.

- ± 33.0 m Wackestone gris a gris oscuro en estratos de 30 a 40 centímetros de espesor.
- ± 12.0 m Wackestone a packstone gris a gris claro en estratos de 40 centímetros de espesor.
- ± 34.0 m Wackestone a packstone de bioclastos gris crema en estratos medios a gruesos. Aparecen toucasias en forma dispersa así como algunos gasterópodos no identificados.
- ± 6.0 m Wackestone a packstone gris crema bioclástico con fragmentos de rudistas.
- ± 3.0 m Wackestone de bioclastos gris ligeramente oscuro con fragmentos de rudistas en estratos gruesos.

± 11.0 m Wackestone a packstone gris crema en estratos gruesos.

± 16.0 m Calizas de aspecto masivo packstone-grainstone de bioclastos gris claro con esporádicos rudistas.

± 17.0 m Grainstone de intraclastos gris claro a gris crema.

Petrográficamente en esta formación no se puede establecer con claridad una asociación bien definida. Sin embargo, de acuerdo al contenido de intraclastos y de partículas sedimentarias, es posible diferenciar una asociación de esparruditas que dependen del aloquímico predominante, de ésta forma tenemos: intrabioesparrudita-coesparrudita y coesparita. Diagenéticamente se observa una alta compactación, una fuerte recristalización, dos períodos de fracturamiento, un evento de presión-solución que originó estilolitas poco desarrolladas. Otro de los eventos diagenéticos observados son dos períodos de cementación, uno temprano vadoso y otro temprano en condiciones de soterramiento.

#### Relaciones Estratigráficas.

El contacto inferior Abra-Tamasopo es discordante y bien marcado debido principalmente al carácter litológico entre ambas formaciones. El contacto ocurre con la Facies Post-Arrecifal de la Formación El Abra y éste se fijó inmediatamente abajo de la primera desaparición de los bancos de toucasias, los wackestone bioclásticos gris crema a crema amarillento de ésta facies con echados de 25° a 30° al NW y la primera aparición de los mudstone gris oscuro en estratos delgados con laminaciones arcillosas de color rojizo y aisladas "capitas" de pedernal, con echados de 50° a 60° al NW. Carrillo-Bravo(1971), también menciona el carácter discordante entre ambas formaciones. En ninguno de los afloramientos identificados de ésta formación dentro de la zona de estudio se logró encontrar su contacto superior. Sin embargo, Carrillo-Bravo (1971) señala que en algunos sitios subyace en discordancia a la Formación Cárdenas, marcado este contacto por un conglomerado basal; mencionando a su vez que en algunos lugares el contacto es aparentemente concordante y transicional.

Edad.

Aguilar-García et. al. (1983) identifican los siguientes microfósiles para el Miembro Inferior.

Planctónicos:

<i>Calcisphaerula innominata</i>	(Bonet)
<i>Pithonella ovalis</i>	(Kauffmann)
<i>Hedbergella</i> sp.	(Bronnimann and Brown)
<i>Gobotruncana</i> sp.	(Cushman)

Bentónicos:

<i>Dicyclina</i> sp.	(Munier - Chalmas)
<i>Cuneolina</i> sp.	(D'Orbigny)
<i>Nummoloculina</i> sp.	(Steinmann)
<i>Pyrgo</i> sp.	(Defrance)
<i>Spiroloculina</i> sp.	(D'Orbigny)
<i>Quinqueloculina</i> sp.	(D'Orbigny)
<i>Valvulamina</i> sp.	(Cushman)
<i>Saccocoma</i> sp.	(L. Agassiz)
<i>Thaumotoporella</i> sp.	(Pia)

Y para el Miembro Superior:

Planctónicos:

<i>Calcisphaerula innominata</i>	(Bonet)
<i>Calcisphaerula gigas</i>	(Trejo)
<i>Pithonella ovalis</i>	(Kauffmann)
<i>Stomiosphaera</i> sp.	(Wanner)
<i>Bonetocardiella</i> sp.	(Dufour)
<i>Globigerinelloides</i> sp.	(Cushman and Ten Dam)
<i>Hedbergella</i> sp.	(Bronnimann and Brown)
<i>Globotruncana</i> sp.	(Cushman)
<i>Heterohelix</i> sp.	(Ehrenberg)
<i>Pseudogembelina</i> sp.	(Bronnimann and Brown)

Bentónicos:

<i>Dicyclina</i> sp.	(Munier-Chalmas)
<i>Cuneolina</i> sp.	(D'Orbigny)
<i>Microconus</i> sp.	
<i>Pyrgo</i> sp.	(Defrance)
<i>Quinqueloculina</i> sp.	(D'Orbigny)
<i>Valvulamina</i> sp.	(Cushman)
<i>Saccocoma</i> sp.	(L. Agassiz)

Microfósiles que fijan una edad Turoniano para el Miembro Inferior y del Coniaciano-Santoniano para el Miembro Superior. Carrillo-Bravo (1971) les asigna una edad Turoniano Superior (?) al Senoniano Superior en base a sus relaciones estratigráficas y contenido faunístico.

#### **Ambiente.**

Respecto al ambiente de depósito del Miembro Inferior de la Formación Tamasopo se concluye que es típicamente de plataforma, Facies 6 de Wilson, coexistiendo intervalos con un considerable aporte de fracción terrígena, así como períodos con una notable influencia de la masa arrecifal del Cretácico Medio. En tanto que del Miembro Superior se resume lo siguiente, el alto contenido de partículas sedimentarias sugiere un depósito asociado a una facies de plataforma de alta energía. Estas rocas definen típicamente a una Facies 6 de Wilson.

### **3.4.3.- FORMACION CARDENAS**

#### **Definición.**

En 1925, A. Heim denominó " Capas Cárdenas " a una secuencia de lutitas y areniscas calcáreas de color gris verdoso. Imlay (1944) denominó a los sedimentos arcillo-calcáreos y arenosos del Cretácico Superior. Señalándose como localidad tipo, a los afloramientos cercanos a la Estación Cárdenas del Ferrocarril San Luis Potosí-Tampico.

#### **Distribución.**

En términos generales, la Formación Cárdenas, se depósito sobre la porción central de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Mostrando en el área de estudio, una distribución irregular, ya que únicamente se le reconoció aflorando en las cercanías de la Ranchería de Salitrillos del Refugio, unos 8 Km al norte de Matehuala, S.L.P., en el subsuelo, los Pozos San Rafael (PSLB-94), Las Palmas (PSLB-177) y Piedra Blanca (PSLB-95) cortaron una secuencia de areniscas y lutitas, que bien podrían ser atribuibles a esta formación.

De acuerdo con José Luis Andrade (Comunicación personal) tal parece que hacia el sur de Matehuala, a la Formación Cárdenas (Caracol ?) se le encuentra en el subsuelo, constituyendo un potencial acuífero libre con agua de "buena" calidad.

### **Litología y Espesor.**

Dado el único afloramiento que se reconoció, las características litológicas que la formación presenta son los siguientes:

Es una alternancia de areniscas, lutitas, calizas y margas, a continuación se describen las características principales de éstas rocas que constituyen a la Formación Cárdenas. Areniscas de color gris pardo al fresco y café pardo al intemperismo, en delgados estratos de 5 a 20 cm de espesor. La granulometría es del tamaño de las arenas finas a medias. Margas de color pardo verdoso en delgadas capas de  $\pm 2$  cm de espesor. Se logran observar vetillas de calcita paralelas a la estratificación, y también cortando a ésta, en forma aleatoria. Lutitas de color gris claro al fresco y café pardo al intemperismo, en delgados estratos de  $\pm 1$  cm de espesor. Se logran observar delgados horizontes limolíticos de color ligeramente rojizo, intercalados con las lutitas antes descritas. Calizas packstone de color gris oscuro al fresco y pardo al intemperismo, a la lupa se observan gran cantidad de litoclastos. Vetillas de calcita paralelas y perpendiculares a la estratificación, la cual es de 20 a 80 cm de espesor.

### **Relaciones Estratigráficas.**

No se logró observar cual era la relación con la formación subyacente, debido a que en ningún momento se reconoció una secuencia en donde dicho contacto estuviese presente, sin embargo, como se dijo anteriormente, tal parece que dicho contacto es concordante con la Formación Tamasopo Miembro Superior. En su contacto superior, infrayace discordantemente a materiales aluviales del Terciario-Cuaternario.

Edad.

Aguilar-García et. al. (1983) identifican los siguientes microfósiles:

<i>Calcisphaerula innominata</i>	(Bonet)
<i>Calcisphaerula gigas</i>	(Trejo)
<i>Pithonella</i> sp.	(Lorenz)
<i>Pithonella ovalis</i>	(Kaufmann)
<i>Stomiosphaera</i> sp.	(Wanner)
<i>Sigalia</i> sp.	(Reiss)
<i>Globigerinelloides</i> sp.	(Cushman and Ten Dam)
<i>Heterohelix</i> sp.	(Ehrenberg)
<i>Hedbergella planispira</i>	(Tappan)
<i>Planoglobulina</i> sp.	(Cushman)
<i>Rugoglobigerina</i> sp.	(Bronnimann)
<i>Planorbulina cretae</i>	(Marsson)
<i>Globotruncana</i> sp.	(Cushman)
<i>Globotruncana bulloides</i>	(Bolli)
<i>Globotruncana linneana</i>	(D'Orbigny)
<i>Cuneolina</i> sp.	
<i>Microconus</i> sp.	

microfósiles que permiten asignarle una edad que va del Campaniano al Maestrichtiano .

Ambiente.

Analizando las características litológicas y microfaunísticas de las rocas de ésta formación, se infiere que su depósito se efectuó en medios neríticos y de alta energía con inestabilidad debido a que los horizontes limo-arenosos presentan estructura gradada, caracterizando un depósito de tipo regresivo.

### 3.5.- TERCIARIO.

Se incluyen en esta posición estratigráfica en forma particular a los conglomerados de tipo calcáreo que afloran sobre todo en la porción norte y noroccidental de Dr. Arroyo. Estos depósitos llegan a formar una serie de pequeñas mesetas las cuales no presentan un desarrollo topográfico relevante. En áreas al norte de Dr. Arroyo a unos depósitos similares se les llamó Formación Jabonero, sin embargo, este nombre no se utilizó en el presente trabajo dado que no se estaba seguro de si se trataba del mismo depósito.

Litológicamente, es un conglomerado calcáreo moderadamente clasificado, con clastos subredondeados, de tamaño variable, siendo estos predominantemente de guijarros y bloques que se encuentran empacados por una matriz de gravas, arenas

gruesas regularmente cementados por limos, arcillas y material calcáreo. Los clastos presentan diversidad en su textura, los hay con estructuras laminares, huellas de disolución, algunos contienen pedernal, pequeños nódulos de óxidos y en forma ocasional ocurren areniscas calcáreas, lutitas, lutitas calcáreas y margas.

Se encuentran en forma general cubriendo discordantemente a las formaciones del mesozoico, rellenando a las depresiones existentes como resultado del plegamiento al que fué sometido la región.

### 3.6.- CUATERNARIO.

Los sedimentos del Cuaternario consisten de depósitos terrigenos formados por ocasionales conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas que rellenan la mayoría de los valles endorreicos de la región.

Los sedimentos de piedemonte son aquellos sedimentos que han sido depositados en la franja marginal de las zonas montañosas. Generalmente son sedimentos mal clasificados constituidos por conglomerados o gravas calcáreas con clastos angulosos y sedimentos como limos y arcillas como matriz. Estos materiales frecuentemente están cubiertos por una capa gruesa de caliche.

Los sedimentos fluviales son aquellos sedimentos que se han depositado a lo largo de los arroyos de la región. Constituidos primordialmente por gravas bien clasificadas con limos y arcillas como matriz, por lo común, tienen una distribución bastante errática, estando actualmente cubiertos por sedimentos más finos. La mayoría de los valles de la región, presentan toda una heterogeneidad litológica resultado de los procesos geomorfológicos por los que ha atravesado.

Todos estos materiales se encuentran cubriendo discordantemente los sedimentos plegados del mesozoico y a los depósitos conglomeráticos del terciario. El espesor de estos materiales es incierto, tal que el Pozo San José del Plan, cortó 380.0 metros no habiendo atravesado el espesor del relleno.

## CAPITULO 4

### T E C T O N I C A

#### 4.1.- Tectónica Regional.

El área que comprende el presente estudio, queda ubicada en una porción de la unidad paleogeográfica del Mesozoico denominada Plataforma Valles-San Luis Potosí (Carrillo-Bravo, 1961, 1971), y en una porción de la Cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo-Bravo, 1968), Figura 4.1.1 la cual consta de un paquete de rocas sedimentarias, cuyo basamento está formado principalmente de rocas plegadas y falladas del Precámbrico, Paleozoico y del Triásico que en conjunto controlan la posterior sedimentación y disposición estructural de los sedimentos marinos del Jurásico Superior, de las potentes secciones evaporíticas y calizas arrecifales del Cretácico Inferior, del complejo sedimentario de depósitos pre-arrecifales, arrecifales y post-arrecifales del Cretácico Medio, así como de los sedimentos carbonatados y terrigenos del Cretácico Superior.

Atendiendo a las primeras reconstrucciones paleogeográficas realizadas por Bullard et. al. (1965) gran parte de lo que hoy constituye a la República Mexicana, estaba traslapado por el conjunto Africa-América del Sur, como consecuencia de ello han existido numerosos estudios que han tratado de explicar el origen y evolución del Golfo de México, apertura que en gran parte condicionó el desarrollo de las tierras sumergidas y emergidas del SE, NW y NE de México.

Uno de los primeros investigadores que trataron de explicar el mecanismo de convergencia y divergencia de las más importantes masas continentales fué Dietz y Holden (1970), con lo cual se marcaba el inicio de una serie de controversias para darle solución a un ajuste que el propio Bullard (1965) omitió. Así mismo, para la década de los 60's que es cuando gran parte de los conceptos que se tenían de la dinámica terrestre se vienen abajo, como el resultado del surgimiento de la Tectónica de Placas, dando lugar a nuevas interpretaciones desde el punto de vista de la movilidad cortical.

Freeland y Dietz (1971), tratan de explicar en su "American Mediterranean" a través de la existencia de una serie de microplacas o microbloques, las cuales iniciaron un movimiento independiente hacia el sur, la dinámica de ese movimiento no ha sido explicada ampliamente, lo cual lleva a la conclusión de que si bien con la luz de la Tectónica de Placas, cualquier masa cortical u oceánica, se puede mover, ésta lo tiene que hacer bajo mecanismos previamente establecidos por los elementos mayores, bien sean estos continentes o supercontinentes.





Bajo esta concepción y en extrema apariencia dependiendo de que en los años futuros se pueda obtener a partir de las nuevas técnicas de exploración tanto geológicas como geofísicas, la evolución de la región que nos ocupa, está relacionada a la primera unión de placas entre Norte América y África-América del Sur y a los movimientos de desplazamientos lateral extensional y compresional (Anderson y Silver, 1979) de una deriva que ha tendido a desplazarse hacia el oeste.

La mayoría de los problemas paleogeográficos que en gran parte marcan y definen la compleja tectónica de México, se derivan de las reconstrucciones geométricas del cierre del Atlántico del Norte durante el Permo-Triásico (Dietz y Holden, Coney, 1970). El traslape a que se hizo mención anteriormente implica que las rocas expuestas en dicha región no existían durante el Permo-Triásico, o bien se encontraban en algún otro sitio (Coney, 1978, 1983). Gran parte de la tectogénesis del sur de los Estados Unidos y del noreste de México, se encuentra íntimamente relacionada con zonas de gran actividad tectónica durante el Paleozoico Tardío dando lugar en gran parte a los complejos sistemas orogénicos del área Apalaches-Marathon y a las Montañas Ouachita; a las cuales se les ha atribuido una continuidad en el noreste de México (López-Ramos, 1981, 1983), al cual se le ha denominado "Cinturón Huasteco" (de Cserna, 1967). Con dicho acercamiento se produjo en el noreste de México, una serie de condiciones paleogeográficas que marcan en gran parte el desarrollo de numerosos elementos post-paleozoicos. Considerando de ésta forma a la Plataforma Valles--San Luis Potosí como un elemento paleogeográfico mesozoico, originado durante la Orogenia Permo-Triásica (Carrillo-Bravo, 1961, 1971). Aunque Graham et. al. (1975), señala que dicha colisión ocurrió durante el Pensilvánico-Permiano e integrado en forma general por una secuencia de rocas precámbricas, paleozoicas y triásicas sumamente plegadas y falladas.

Dado que gran parte del territorio mexicano presenta una serie de conjuntos petrotectónicos con características geológicas bien definidas y de naturaleza sumamente diferente en sectores como el sur o el central, los que presentan una disposición muy irregular sin guardar tendencias generales en su forma y orientación, ni mostrar una continuidad clara con respecto a las posiciones continentales de Norteamérica (Morán-Zenteno, 1986). Por lo que al menos al final del Triásico, la geometría del actual territorio mexicano debería ser muy similar a la da la Figura 4.1.2.

Como se podrá apreciar en dicha figura, esto dió lugar a todo un evento distensivo íntimamente ligado a la fragmentación de la Pangea y a la apertura del Golfo de México ocurrido en el Triásico Tardío (Salvador, Van der Voo, 1976), pero existe un consenso mayor en que dicho fenómeno ocurrió en el Jurásico Superior (Anderson y Schmidt, 1983; Padilla y Sánchez, 1986; Gose et. al., 1982; Coney, 1983). La apertura del Golfo de México se realizó por un alargamiento intra-continental continuado por un



# JURASICO TARDIO - CRETACICO TEMPRANO

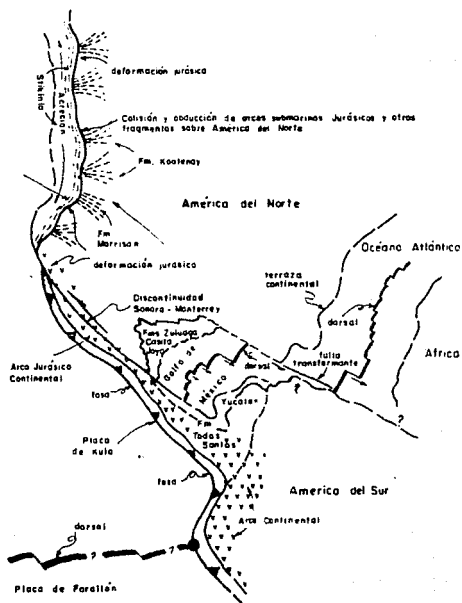


FIG. No. 4.13

tiempo relativamente corto de formación de corteza oceánica, es decir, oceanización ( Dickinson y Coney, 1980; Buffler et. al., 1981; Coney, 1983). Todo este evento condicionó en gran parte la relación paleogeográfica de toda la región del Golfo de México y del Caribe (Ladd, 1976; Anderson y Schmidt, 1983; Padilla y Sánchez, 1986).

La relación de la plataforma como elemento paleogeográfico con las regiones adyacentes para antes del Triásico, permanece oscura, contándose únicamente con información de que el basamento de la plataforma está constituido por rocas precámbricas, paleozoicas y triásicas plegadas y falladas. Por datos de las perforaciones realizadas por PEMEX (Carrillo-Bravo, 1971) se tiene que debajo de las rocas del Cretácico Inferior (Formación Guaxcamá), ocurren capas rojas de tipo continental de probable edad triásica, en amplia discordancia bajo dichas rocas. Sin embargo, la relación u origen de dicha secuencia no es clara en cuanto a la fuente de aporte de dichos sedimentos. Tales condiciones paleogeográficas no permiten mejores reconstrucciones por lo que es necesario hacer las siguientes consideraciones.

Para el Triásico Superior-Jurásico Inferior, al poniente de la Plataforma Valles--San Luis Potosí, se originaba una sedimentación similar dando lugar al depósito de la Formación Zacatecas, debido tal vez a una transgresión marina o en el mejor de los casos producto de un flysch marino cuyo basamento permanece aún desconocido (Coney, 1983). Como lo muestra la figura 4.1.3. al final del Jurásico Tardío tenemos el depósito de la Formación La Casita como característica principal del noreste de México, así como la acreción contra América del Norte de los arcos submarinos. Para esta época también deja de funcionar la Megashear "Mojave-Sonora" (Anderson y Silver, 1974). En la figura 4.1.4. puede observarse la amplia distribución de la sal, lo que en realidad vendría siendo todo el complejo evaporítico/Carbonatado del Jurásico Tardío y Cretácico Temprano, representado por la Formación Olvido, que bordeaba parte de la Plataforma Valles--San Luis Potosí para el tiempo Jurásico Tardío; y la Formación Guaxcamá sobre la porción central de ésta plataforma para el tiempo Cretácico Temprano. Dicha figura, con dificultades desde el punto de vista geométrico explica el mecanismo de separación de las tres grandes masas continentales de este tiempo.

Las condiciones paleogeográficas en el Albiano-Cenomaniano fueron semejantes a las del Cretácico Temprano ( López-Ramos, 1981), en donde predominaron principalmente las rocas carbonatadas en ambientes típicamente neríticos de borde de plataforma y netamente de plataforma, con sus depósitos asociados. Lo que da lugar a que para este tiempo, se tengan condiciones como las mostradas de la figura 4.1.5. En donde se observa la distribución de grandes porciones de rocas de plataforma, entre las cuales destaca la Formación El Abra, con sus respectivas facies y depósitos asociados. Dicha figura

# CRETACICO TEMPRANO

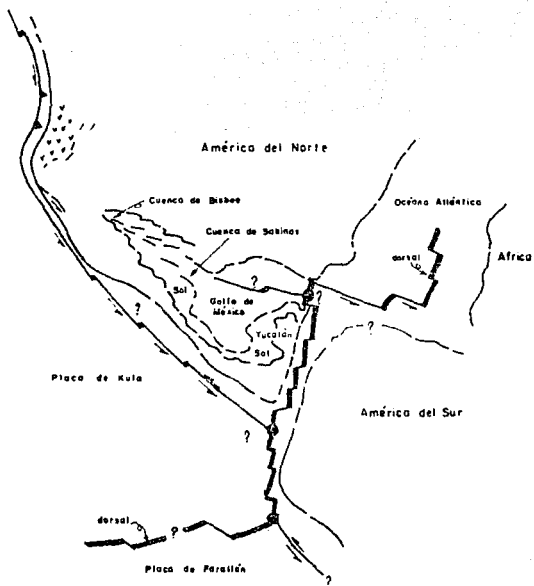


FIG. No. 4.1.4

muestra además el mecanismo de separación entre América del Norte y América del Sur, así como los numerosos arcos submarinos cuya polaridad, era hacia el noreste. Estos elementos tectónicos modificarían el modelo conceptual para el tiempo Cretácico Superior, así como las relaciones espaciales y temporales de las rocas durante este tiempo.

Coney (1983), postula las relaciones tectónicas para el tiempo Cretácico Tardío, las cuales se muestran en la Figura 4.1.6 refiriendo tales condiciones al evento deformacional Laramide (Coney, 1978), el cual fué un evento de gran magnitud, del que se tiene evidencias claras de que fué un periodo de deformación que inició en todas partes sincronicamente, ya en las postrimerias del Cretácico, tales evidencias, se reflejan en el cambio de polaridad en la sedimentación, tanto en México como en América del Sur (Coney, 1983), representado por los "infames" flysch mexicanos y depósitos continentales del este de los Andes (Formación Tena), Coney (1983). La interpretación, es que en México y América del Sur este evento deformacional se inició mediante la acreción de los arcos submarinos contra las margenes pasivas, seguida por un cambio de polaridad en la subducción, originando con esto una fosa sobre el lado suroeste del arco durante el periodo Laramide. Esta interpretación y los resultados de la Orogenia Laramide se ven resumidos en la Figura 4.1.7.

Padilla y Sánchez (1982,1985,1986) por su parte, asocia el evento deformacional Laramide a la Deriva Continental de la forma siguiente, "como Norte América continuó su deriva hacia el oeste, México estuvo sujeto a eventos compresionales en dirección NE - SW, lo cual originó desplazamientos recurrentes a lo largo de antiguos fallamientos normales, pliegues "echelón" y grandes cabalgamientos en la Sierra Madre Oriental en combinación con un "decólement" regional hacia el NE " McKee et. al. (1984). Dicha reconstrucción paleogeográfica se resume en la Figura 4.1.8. Tanto la interpretación de Coney (1983) como la de Padilla y Sánchez (1986) concuerdan en forma general, pues ambos eventos (de acreción y deriva) están inmersos en la Tectónica Regional de Norte América. Bajo estas condiciones, el noreste de México se vió deformado en direcciones generales NW-SE, NE-SW y N-S. Con apoyo de la imagen de satélite San Luis Potosí, escala 1:1 000 000, se observa que lo que respecta al área de estudio, las estructuras siguen esta tendencia general, formando la parte inferior de la deformación mayor correspondiente al noreste de México, sólo que con orientaciones NE-SW y N-S. (Quintero et. al., 1985, Tardy et. al., 1974a, 1974b,)

# CRETACICO MEDIO

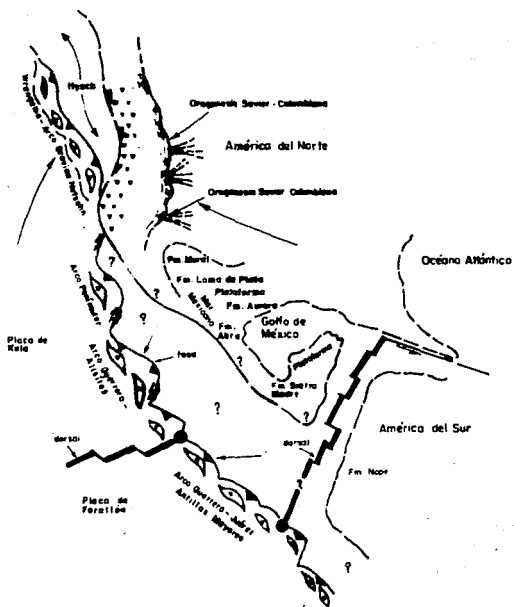


FIG. No. 4.15





# EOCENO TARDIO

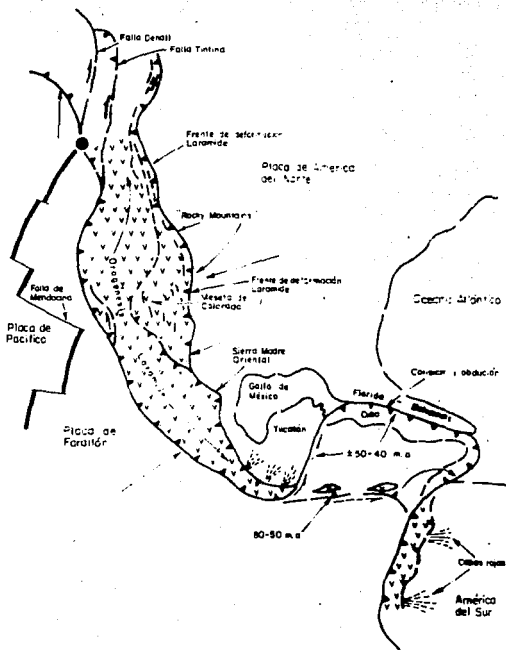
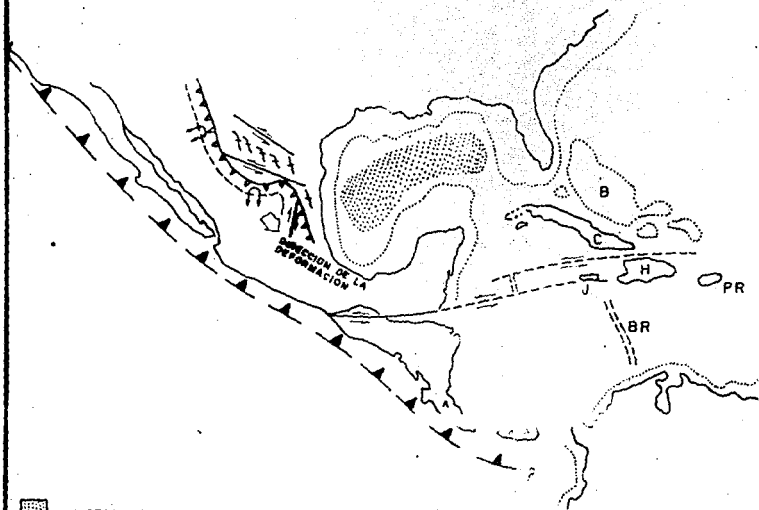


FIG. No. 4.1.7

# MIOCENO ( 20 m. a. )









-  CORTIZA OCEANICA ABNORMAL
-  ZONA ACTIVA DE FALLAMIENTO TRANSCURRENTE
-  ZONA DE CABALAMIENTO
-  TENDENCIA GENERAL DE LOS PLIEGUES
-  PLIEGUES "EN ESCALON"
-  PLIEGUES AMPLIOS Y SUAVES
- B** PLATAFORMA DE BAHAMAS
- C** CUBA
- H** REP. DOMINICANA
- J** JAMAICA
- PR** PUERTO RICO
- BR** DORSAL BEATA
- CA** AMERICA CENTRAL

FIG. No. 4. 1. 8

#### 4.2.- Tectónica Local.

De los estudios estratigráfico-sedimentológicos y geológico-estructurales realizados en el presente trabajo, se obtuvo que el Área de estudio presenta dos zonas con características geológicas bien definidas, una zona constituida por una secuencia de rocas que van del Cretácico Medio al Cretácico Superior, asociados a una facies típica de plataforma, y otra zona, constituida principalmente por rocas asociadas a una facies netamente de cuenca, que corresponden en edad al Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. Ambas zonas exhiben plegamientos, orientaciones y rasgos geomorfológicos característicos y distintivos unos de otros.

La zona de plataforma, presenta suaves plegamientos y una morfología de sierras altas arredondeadas y una topografía que va de moderada a alta; en tanto que la zona de cuenca presenta una serie de pliegues más apretados, con relación de pliegues y valles de uno a uno, mostrando una morfología de lomeríos arredondeados y topográficamente bajos.

##### 4.2.1.- Zona de Plataforma.

Es una zona representada en su mayor parte, por el desarrollo arrecifal y sedimentos pre y post-arrecifales asociados de la Formación El Abra, y en menor proporción por los depósitos de plataforma interna de la Formación Tamasopo, litológicamente se encuentra constituida por gruesos estratos de caliza con textura que varía de packstone a packstone-grainstone; en donde debido al crecimiento arrecifal, ocurrió una diagénesis parcial temprana, así como eventos sedimentológicos asociados al mismo desarrollo, originando con esto, que la compactación-cementación temprana ayudara a estos depósitos a presentar una buena competencia a los esfuerzos compresionales de la Orogenia Laramide, lo anterior se refleja en los gruesos estratos suavemente plegados de la Formación El Abra. Sin embargo, esta zona de plataforma se ve estructuralmente afectada por un fallamiento de tipo normal.

Otra estructura de falla, sólo que de tipo inverso ubicada en la porción SE de la Sierra El Azul, afectó los sedimentos pre-arrecifales de la Formación El Abra en forma local. Excepto las estructuras de falla antes mencionadas, en general la zona de plataforma presenta un ligero plegamiento, estructuras anticlinales y sinclinales, presentándose algunos de ellos, suaves y simétricos, en tanto otros se muestran ligeramente recumbentes cuyas orientaciones generales son al Este.

En conjunto, la zona de plataforma tiene una orientación Norte-Sur, compuesta en su mayor parte por el lineamiento arrecifal con sus depósitos pre y post-arrecifales

asociados, expresión topográfica que va de moderada a alta, y que a excepto del escarpe del fallamiento normal de gran magnitud, la morfología es suave y típicamente redondeada.

En párrafos posteriores se describirán ampliamente, todas las características que presentan las estructuras representativas de la zona de plataforma, la cual en conjunto define a su vez, una estructura de mayor magnitud con las características antes mencionadas.

#### 4.2.2.- Zona de Cuenca

Dentro de esta zona, representada por sedimentos ricos en carbonatos con influencia terrígena depositados en una facies de cuenca, y en contraste a la zona de plataforma, no se propicia la diagénesis parcial temprana, implicando con esto que los esfuerzos deformacionales del evento orogénico Laramide no pasaran desapercibidos, dado que debido a la incompetencia que estos sedimentos muestran a los esfuerzos orogénicos resulta que esta zona de cuenca se encuentra estructuralmente constituida por una serie de pliegues anticlinales y sinclinales ligera a moderadamente apretados con una notable recumbencia orientada en general, hacia el Este.

En conjunto la zona de cuenca, muestra una morfología de lomeríos redondeados de pendientes suaves y expresión topográfica baja, cuya orientación general es NE-SW, con relación de pliegues y valles uno a uno. Se tiene una estructura de falla normal en la porción sur-central del área de estudio, la cual aparentemente es de poca extensión, pero que de acuerdo a los estudios realizados por PEMEX, puede considerarse que tiene continuación en áreas al sur de la zona estudiada.

#### 4.3.- Descripción de las Estructuras.

##### 4.3.1.- Pliegues.

###### Anticlinal Buenavista

Es una estructura que se encuentra ubicada en la porción NE de área de estudio, tiene aproximadamente una longitud de 17 km y una amplitud de 6 km, en la sección estructural A-A' se observa con mejor detalle los ligeros plegamientos que la estructura muestra, caracterizándose por su simetría. Tiene una orientación del orden de NE 25° SW. Presentando una expresión topográfica referida a su eje estructural cuya altura respecto al valle alcanza cerca de los 100 m. Finalmente, las rocas en que abre esta estructura corresponden a la Formación El Abra.

###### Anticlinal El Consuelo

Esta estructura se localiza en la porción noreste-central del área de estudio, mostrando una longitud (parcial) de su eje de 3.5 kilómetros y una amplitud de 2.5 km. Es una estructura anticlinal simétrica, cuyo eje tiene una orientación de NE 15° SW. En cuanto a su expresión topográfica

presenta elevaciones con respecto al valle del orden de 150 m. Esta estructura abre en la Formación Cuesta del Cura presentando hacia sus fiancos sedimentos de la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal El Toro**

Esta estructura también se localiza en la porción noreste-central del área de estudio, teniendo una longitud de aproximadamente 9 km y de 500-700 m de anchura, dando el aspecto de una delgada loma alargada. Su eje simétrico presenta una orientación NE 35° SW. La expresión topográfica que muestra esta estructura se encuentra representada por alturas respecto al valle del orden de los 40 metros. Es una estructura anticlinal que abre en rocas del Cretácico Superior correspondientes a la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal La Chiripa**

Esta estructura se localiza en la porción nor-central del área de estudio, exhibiendo una longitud de aproximadamente 25 km y 1 km de ancho, tomando una morfología de una loma alargada, con eje simétrico cuya orientación es de NE 30° SW. Las elevaciones que muestra esta estructura son del orden de 50 metros, referidos al nivel del valle aunque en su porción superior alcanzan hasta los 120 metros. Igualmente esta estructura abre en los sedimentos calcáreo-arcillosos de la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal El Reparo.**

Es una estructura que se ubica en la porción central-norte del área de estudio, presentando una longitud de aproximadamente 25 kilómetros, siguiendo una morfología de lomas alargadas. El eje de esta estructura en su parte inferior-media es recumbente hacia el Este, en tanto que en su porción media-superior es simétrico, con una orientación NE 25° SW. Las elevaciones que representan a esta estructura son del orden de hasta 100 metros referidos al nivel del valle. Finalmente, es una estructura que abre en su porción media-superior en la Formación Agua Nueva, y en su parte inferior-media en rocas correspondientes a la Formación Cuesta del Cura.

#### **Anticlinal El Refugio.**

Esta estructura se encuentra localizada en la porción central del área de estudio, mostrando una longitud de aproximadamente 25 kilómetros y una amplitud en promedio de 1 kilómetro, siguiendo una morfología de lomas alargadas aisladas, cuyo eje presenta una orientación de NE 30° SW; en tanto que las elevaciones que caracterizan a esta estructura referidas al nivel del valle son del orden de 100 metros. Respecto a las rocas en que abre esta estructura anticlinal, corresponden a los sedimentos calcáreo-arcillosos de la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal El Charquillo.**

Es una estructura que se encuentra ubicada en la porción centro-oriental del área de estudio, presentando una longitud de cerca de los 18 kilómetros, mostrando igualmente la

morfología de una delgada loma alargada, teniendo un eje de tipo simétrico con una orientación de NE 25° SW. Respecto a la topografía, ésta se ve representada por elevaciones que alcanzan los 100 metros. Es una estructura anticlinal que abre en rocas del Cretácico Medio y Superior, las cuales corresponden a las Formaciones Cuesta del Cura y Agua Nueva, respectivamente.

#### **Anticlinal Los Desmontes.**

Es una estructura que queda ubicada en la porción centro-oriental del área de estudio, que alcanza una longitud aproximada de 16 kilómetros y una amplitud de 1-1.5 kilómetros. Su eje de carácter simétrico muestra una orientación NE 30° SW, del mismo modo siguiendo la morfología de una delgada loma alargada, cuyas elevaciones alcanzan hasta los 250 metros de altura respecto al valle. Es una estructura anticlinal de tipo simétrico que abre en los sedimentos calcáreo-arcillosos de la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal Santa Inés.**

Esta estructura se encuentra localizada en la parte centro-oriental del área de estudio, presentando una longitud aproximada de 14 km., y 1 km., de amplitud, mostrando una morfología de una loma alargada con un eje de tipo simétrico orientado con NE 30° SW. En tanto que sus elevaciones se caracterizan por alcanzar los 150 metros de altura. Esta estructura abre en los sedimentos correspondientes a la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal La Trinidad.**

Esta estructura se encuentra localizada en la porción nor-oriental del área de estudio, mostrando una longitud parcial de 6 Km., y una amplitud de 1.5 km, con un eje simétrico que tiene una orientación de NE 25° SW. La expresión topográfica se ve representada por elevaciones referidas al nivel del valle del orden de los 200-250 metros de altura. Esta estructura anticlinal abre en rocas del Cretácico Medio, las cuales corresponden a la Formación Cuesta del Cura.

#### **Anticlinal La Bonita.**

Es una estructura que se localiza en la parte sur-occidental del área de estudio, teniendo una longitud aproximada de 10.5 km., y una amplitud en promedio de 1.5 km. Su eje de carácter simétrico, muestra una orientación de NE 30° SW; las elevaciones que presenta esta estructura son del orden de hasta 400 metros. Abre en sedimentos de plataforma correspondientes al Cretácico Medio y al Cretácico Superior, representados por la Formación El Abra y la Formación Tamasopo, respectivamente.

#### **Anticlinal El Pato.**

Es una estructura ubicada en la porción sur-oriental del área de estudio, teniendo una longitud parcial aproximada de 24 km., y una amplitud de 2 km., en promedio. Su eje de carácter simétrico muestra una orientación NE 10° SW, presentando en

algunos segmentos de su eje, una tendencia general Norte-Sur. Las elevaciones que caracterizan a la estructura, alcanzan alturas respecto al valle de hasta 450 metros. Esta estructura abre en sedimentos correspondientes a la facies arrecifal y post-arrecifal de la Formación El Abra, la cual corresponde al Cretácico Medio.

#### **Anticlinal Camuesa.**

Es una estructura que se encuentra localizada en la parte sur-occidental del área de estudio, abarcando una longitud parcial de 9 km. y 0.5 km. de ancho. Su eje de tipo simétrico muestra una orientación NE 25° SW. La expresión topográfica se ve representada por elevaciones respecto al valle de hasta 300 metros de altura. Esta estructura abre en depósitos carbonatados que corresponden a la Formación El Abra.

#### **Anticlinal Taponá.**

Es una estructura que se localiza en la porción centro-occidental del área de estudio; muestra una longitud parcial de 8 km., y 1.5 km de ancho. Su eje de carácter recumbente hacia el este, tiene una orientación prácticamente Norte-Sur. En tanto que las elevaciones que le caracterizan llegan a los 450 metros de altura. Es un anticlinal con eje recumbente que abre en rocas típicas de la facies arrecifal de la Formación El Abra.

#### **Anticlinal La Lagunita.**

Esta estructura está localizada en la porción sur-central del área de estudio, alcanzando una longitud de 19 km y una amplitud de 1 km. Su eje presenta una orientación de NE 25° SW y es de carácter simétrico. Las prominencias topográficas referidas al valle se ven representadas por elevaciones del orden de 100 metros, con pocas excepciones que alcanzan los 150 metros de altura. Este anticlinal de tipo simétrico abre en los sedimentos calcáreo-arcillosos de la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal Maltus.**

Es una estructura que se le ubica en la parte sur-central del área de estudio, que tiene una longitud aproximada de 6.5 km y 1 km de ancho. Su eje es de tipo simétrico, con una orientación NE 15° SW. Respecto a las elevaciones que lo caracterizan tomando como referencia el valle, alcanzan los 100 metros de altitud. Esta estructura anticlinal abre en rocas del Cretácico Superior, correspondientes a la Formación Agua Nueva.

#### **Anticlinal El Tisd.**

Es una estructura anticlinal que se ubica en la porción sur-oriental del área de estudio, abarcando una longitud (parcial) de 3 km y una amplitud de 6 km. En su eje de carácter asimétrico se le mide una orientación de NE 20° SW. Las elevaciones que caracterizan sus prominencias topográficas alcanzan hasta los 200 metros. Es una estructura que se



distingue por abrir en los yesos de la Formación Olvido y presentar en sus flancos toda la secuencia estratigráfica que define la zona de cuenca.

#### **Anticlinal El Refugio.**

A esta estructura se le localiza en la parte sur-oriental del área de estudio presentando una longitud parcial de 3 km. y una amplitud de 2.5 km. cuyo eje presenta una orientación de NE 15° SW, se caracteriza por presentarse en forma simétrica, las prominencias topográficas se ven representadas por elevaciones de 100 metros respecto al valle. En su núcleo presenta rocas correspondientes a la Formación Agua Nueva.

#### **4.3.2.- Fallas.**

En la zona estudiada aparecen en forma aislada estos elementos estructurales, entre ellos se distinguen:

##### **Falla Picacho.**

De todas las fallas ésta es la más importante, es una falla de tipo normal la cual afecta a las rocas de la facies post-arrecifal en forma aislada y pone en contacto al cuerpo arrecifal con esta facies, posee una longitud aproximada de 22 km., con una orientación casi Norte-Sur.

Aparecen otras fallas normales de menor longitud sobre la zona de plataforma las cuales afectan a la facies post-arrecifal de la Formación El Abra.

##### **Falla Juan Gómez.**

Esta estructura se localiza en la porción suroeste con una longitud de aproximadamente tres km., es una falla de tipo inverso que pone en contacto a las rocas de la facies pre-arrecifal con las rocas de la Formación Agua Nueva. Esta falla obstruye la circulación del agua subterránea que se infiltra en la zona arrecifal y pre-arrecifal hacia los horizontes acuíferos de la zona de cuenca.

##### **Falla Refugio.**

Esta estructura se localiza en el extremo sureste del área estudiada, con una longitud de aproximadamente 3.5 km., es una falla normal que pone en contacto a las rocas de la Formación Cuesta del Cura y las rocas de la Formación Agua Nueva.

## CAPITULO 5

### GEOLOGIA HISTORICA.

El inicio de la historia geológica del área de estudio, se extrapola mediante estudios geológicos regionales de zonas aledañas, lo anterior, debido a que el basamento en esta porción no aflora, Carrillo-Bravo (1971), propone que el basamento para esta parte de nuestro país se encuentra constituido por rocas metamórficas, precámbricas y sedimentarias paleozoicas, las cuales estuvieron sujetas a plegamiento, fallamiento, metamorfismo y eventos intrusivos a fines del Paleozoico; y que posteriormente durante el Triásico Tardío al Jurásico Temprano, dicha secuencia rocosa, estuvo sujeta a esfuerzos distensivos asociados a la apertura del Golfo de México, dentro de una zona de "rift" incipiente, Coney (1983) propone que esta separación se inició debido a sistemas de fallas en bloques ("horts" y "grabens") con depósitos continentales (Formación Huizachal - Formación Newark) de edad Triásico Tardío-Jurásico Temprano.

Por otro lado, para explicar la existencia de las "capas rojas" que descansan discordantemente sobre los sedimentos de la Formación Huizachal, el mismo autor propone la existencia de un arco magmático ubicado en el Pacífico Sur, proponiéndolo específicamente como un arco magmático continental, debido a que se encuentra representado por depósitos sedimentarios - volcánicos continentales.

El proceso de apertura del Golfo de México finalizó antes del Jurásico Tardío (Coney, 1983), es decir, poco antes del depósito de los sedimentos de aguas someras de la Formación Olvido, el cual ocurrió en el Oxfordiano Superior-Kimmeridgiano Inferior. Además, debido a este cambio notable en la sedimentación reflejado en los yesos y calizas de aguas someras de la Formación Olvido, se considera que el arco continental del Jurásico Temprano quedó inactivo.

Para el Jurásico Tardío, Kimmeridgiano-Tithoniano, los mares alcanzan una gran amplitud en su distribución, dando lugar a una inundación casi total en el noroeste de México, sólo la Península El Burro-Peyotes, la Península de Coahuila y las Islas La Mula, estuvieron emergidas (Padilla y Sánchez, 1986). Todos los sedimentos terrígenos asociados a este evento se ven incluidos en el Grupo La Casita (Humphrey, 1956), de esta forma, el Jurásico Tardío queda representado dentro del Área de estudio por la Formación La Casita.

En el Cretácico Inferior, a inicios del Neocomiano, algunas porciones de la Plataforma Valles-San Luis Potosí son ligeramente levantadas y otras aún continúan con una ligera subsidencia (Carrillo-Bravo, 1971), teniendo como consecuencia,

una variedad petrológica dentro de las rocas carbonatadas depositadas en la misma plataforma. De esta forma, dentro de esta variedad, la región que abarca el presente trabajo queda representada para el Neocomiano Temprano, Berriasiano-Valanginiano Inferior, por los sedimentos carbonatados con ligero aporte terrígeno de la Formación Taraises. La secuencia carbonatada con lutitas de la Formación Taraises, fué depositada hacia el sur y este; y hacia el este-sureste (del noreste de México), se deposita la secuencia carbonatada con nódulos de pedernal de la Formación Tamaulipas Inferior (Humphrey, 1956); ambas depositadas durante el Berriasiano-Valanginiano. Sin embargo, Longoria (1975), propone que la sedimentación de la Tamaulipas Inferior, ocurre desde el Hauteriviano hasta el Aptiano Superior.

Para el Aptiano Tardío, el noreste de México estuvo cubierto por aguas profundas (Padilla y Sánchez, 1986), y de esta forma, tuvo lugar el depósito del delgado horizonte de la Formación La Peña, la cual indica que ocurrió un evento transgresivo durante este tiempo.

Ya para el Albiano-Cenomaniano, mediante el desarrollo de una serie de plataformas cuyas aguas cálidas, tranquilas y someras, se propicia el inicio y desarrollo de trenes arrecifales bien definidos, y que dentro del área de estudio quedan representados por la Formación El Abra, asociados a una tranquilidad notable dentro de la Plataforma Valles--San Luis Potosí. Sin embargo, Aguayo (1978), considera que el crecimiento arrecifal estuvo íntimamente relacionado a fallamiento de tipo normal. En tanto que la sedimentación temprana de carbonatos para esta época, estuvo fuertemente influenciada por el aporte de sedimentos terrígenos y agua dulce, originando de esta forma una zona salobre, un ambiente marino restringido y zonas evaporíticas sobre el interior de la plataforma. Contemporáneamente a los desarrollos arrecifales con sus facies y sedimentos asociados, el resto del noreste de México y en especial el área que cubre el presente estudio, fué invadida por aguas profundas ricas en carbonatos, quedando así representada la facies de cuenca para el Albiano-Cenomaniano, por los sedimentos carbonatados con nódulos y bandas de pedernal de la Formación Tamaulipas Superior y de la Formación Cuesta del Cura, respectivamente.

Para el Turoniano, gran parte del noreste de México estuvo cubierto por aguas marinas profundas, por lo que el desarrollo de secuencias carbonatadas se vió truncada (Padilla y Sánchez, 1986), únicamente en las zonas marginales se propician los sedimentos biocalcáreos, y que dentro de la zona de estudio quedan representados por la Formación Tamasopo, alcanzándose a desarrollar hasta el Coniaciano-Bantoniano (Miembro Superior de la Formación Tamasopo, Aguilar-García et. al., 1983). En tanto que para el mismo tiempo (Turoniano), en la porción oriental del área de estudio, se depositó la secuencia arcillo-calcárea de la Formación Agua Nueva.

Durante el Santoniano Superior, el patrón sedimentario tuvo un ligero cambio dentro de la porción oriental del área que abarca el presente trabajo, habiendo quedado representado por los sedimentos carbonatados y arcillo-calcáreos con delgados horizontes bentoníticos de la Formación San Felipe.

Para el Cretácico Tardío, Campaniano-Maestrichtiano, ocurre el depósito de los sedimentos flyschoides, producto de las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide, este evento se ve reflejado dentro del área de estudio, en los reducidos afloramientos al norte de la Ciudad de Matehuala, de la Formación Cárdenas.

En las postrimerias del Cretácico e inicios del Terciario, la región es plegada y el mar se retira definitivamente (Carrillo-Bravo, 1971). Este importante plegamiento, es debido a la deformación Laramide (Coney, 1983), la cual fué un evento masivo en toda la Cordillera, incluyendo Los Andes de América del Sur y las Antillas Mayores en el Caribe.

Como se mencionó antes, las evidencias más claras, de que éste periodo de deformación tuvo lugar dentro de la región de estudio, se observan en el depósito flyschoides de la Formación Cárdenas. La deformación Laramide se inició mediante la acreción de los arcos submarinos contra los márgenes continentales pasivas. Tal acreción, fué seguida por un cambio de polaridad en la subducción, originando con esto, una fosa sobre la porción suroeste del arco durante el período Laramide. Los mares quedaron restringidos hacia porciones al este del área de estudio; y como resultado del evento orógeno dentro de la misma, se originaron una serie de plegamientos y algunos ligeros cabalgamientos y/o fallamientos inversos orientados hacia el Este. Así mismo, como eventos distensivos reflejados en los fallamientos de tipo normal, como se pueden apreciar en el área de estudio. Para visualizar con mejor detalle lo anterior, se recomienda analizar las secciones estructurales que complementan el presente trabajo.

Al inicio del Período Terciario, Paleoceno-Eoceno Inferior, la actividad de la Orogenia Laramide se incrementó notablemente, acelerando el plegamiento y levantamiento de las sierras y transformando en áreas emergidas el norte y centro de nuestro país (Trujillo, 1977).

En el Eoceno Tardío, la Orogenia Laramide finaliza (Coney, 1983), y como consecuencia, se origina una gran cuenca cerrada la cual, como se observa en la Figura 5.1., se encontraba limitada para este tiempo, al W, por la Península de Baja California (unida al continente) y la Sierra Madre Occidental, al S por la Sierra Madre del Sur y al E, por la recién formada Sierra Madre Oriental (Trujillo, 1977). En esta cuenca se propició el depósito de materiales aluviales y lacustres, de grandes volúmenes de sedimentos clásticos de tipo

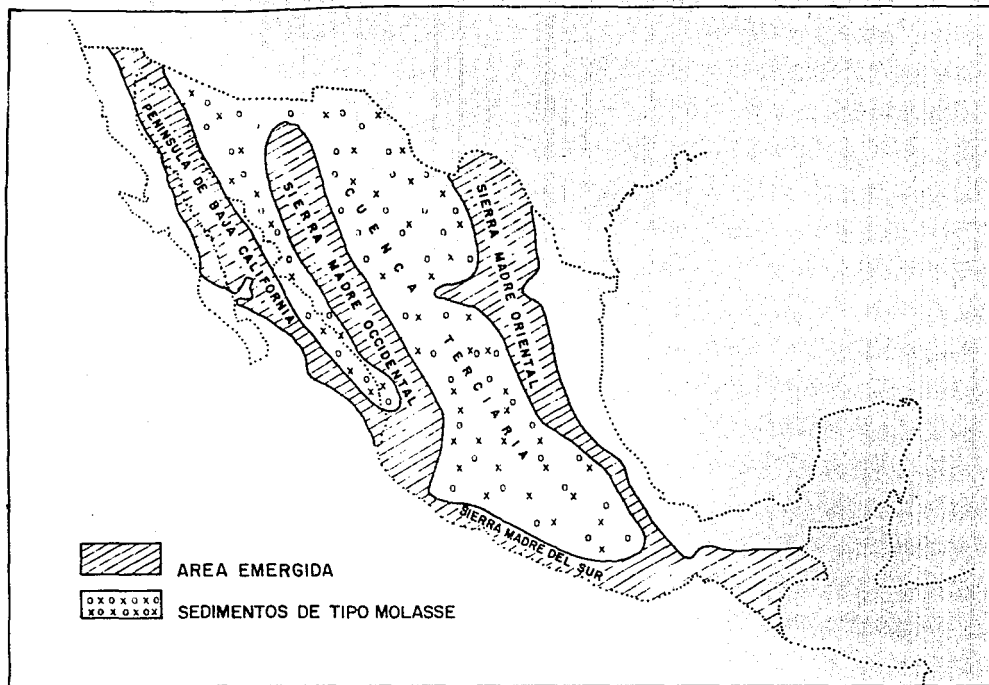


FIGURA 5.1 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA CUENCA SEDIMENTARIA DEL TERCARIO INFERIOR EN MEXICO (Trujillo-C.1977)

molasse, típicos de la fase final de un evento orogénico, los cuales están representados en toda el área por unidades litológicas que comúnmente se conocen con el nombre genérico de Conglomerados Rojos (Eoceno-Oligoceno; Trujillo, 1977). De esta forma, atendiendo a lo antes mencionado, el área de estudio queda así representada por los depósitos conglomeráticos que se observan al norte del municipio de Dr. Arroyo, y que Murphy (1966), en una área al norte a la presente, nombra como Formación Jabonero.

Al comienzo del Período Cuaternario, las corrientes fluviales del Golfo inician el drenado del Altiplano, desapareciendo los lagos y sometiendo a toda el área a un proceso de intensa erosión. De este modo, la etapa final del área de estudio, queda representada por los materiales aluviales que cubren discordantemente a la secuencia carbonatado-arcillosa del Mesozoico.

## CAPITULO 6

### HIDROGEOLOGIA

#### 6.1.- Generalidades.

En este capítulo se define el Modelo Conceptual del Funcionamiento Hidrogeológico del área estudiada, de acuerdo a la descripción de los Factores Geológicos Regionales que conforman el marco hidrogeológico del área. El criterio del análisis de los Factores Geológicos Regionales, fué establecido por el Ing. Luis Velázquez (1985). De acuerdo con este criterio, se analizará a continuación para cada uno de los paquetes litoestratigráficos definidos en los capítulos anteriores, los Factores Estratigráficos, Geomorfológicos y Tectónico-Estructurales y cada uno de los aspectos que lo componen tal como se muestra en el cuadro siguiente:

**TABLA 6.1.1. FACTORES GEOLOGICOS REGIONALES**

MARCO GEOLOGICO	
FACTORES	ASPECTOS
ESTRATIGRAFIA	LITOLOGIA
	POSICION
	TIEMPO/ESPACIO
GEOMORFOLOGIA	TOPOGRAFIA
	AREA DE RECARGA
	CARSTICISMO
TECTONICO-ESTRUCTURAL	INTENSIDAD TECTONICA
	DISPOSICION DEL FRACTURAMIENTO
	HOMOGENEIDAD ESTRUCTURAL
	CONTINUIDAD ESTRUCTURAL

Una vez descritos los factores para cada paquete litoestratigráfico, (TABLA 6.1.2) se procederá a describirlos y clasificarlos desde el punto de vista hidrogeológico.

TABLA 6.1.2 PAQUETES LITOSTRATIGRAFICOS

PAQUETE LITDEST.	POSIC. ESTRAT.	LITOLOGIA
1	Qal	ARENAS
		GRAVAS
		ARCILLAS
	Tcg	BUIJARROS
		GRAVAS
		ARENAS
2	CRETACICO-JURASICO	Kac ARENISCAS
		Ksf LUTITAS Y ARENISCAS
		Kan LUTITAS Y CALIZAS
		Ktm CALIZAS
		Ka CALIZAS
		Kcc CALIZAS
		Kts CALIZAS
		Kip CALIZAS Y CZ. ARC.
		Kti CALIZAS
		Ktr LUTITAS Y CALIZAS
		Jic LUTITAS Y CALIZAS
Jol CALIZAS Y YESOS		

#### 6.2.- PAQUETE LITOSTRATIGRAFICO Qal-Tcg.

Como se puede observar en la tabla anterior, los sedimentos del Terciario presentan una composición litológica semejante con los del Cuaternario distinguiéndose únicamente en la forma y ocurrencia de sus depósitos. Estos materiales presentan una distribución lateral dentro del área de estudio en la que aproximadamente un 60 % de los mismos ocurren dentro de la Cuenca Mesozoica del Centro de México y el 40% restante ocurren dentro de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Esta distribución de alguna manera es el reflejo de las condiciones geológicas por las cuales se depositaron y del ambiente de depósito de las rocas de las cuales se derivaron.

De esta forma, tanto los sedimentos del Terciario como los del Cuaternario van a presentar características bien definidas dependiendo sobre todo del paleoambiente en el cual se hayan depositado. Por lo que al hacer el análisis de los factores estratigráfico, geomorfológico y estructural se tomará



en cuenta esta consideración. Los materiales depositados en el Terciario hacia la zona de cuenca, tienden a ocurrir en forma de conglomerados, siendo estos de naturaleza predominantemente calcárea estando constituidos en gran proporción por bloques, guijarros, gravas y arenas con cementante calcáreo o calichoso, de fragmentos subangulosos y subredondeados de caliza, caliza con pedernal y pedernal, etc. Estos materiales producto de la denudación de las rocas preexistentes descansan discordantemente sobre las formaciones Mesozoicas. A su vez y en forma general están cubiertos por los depósitos del Cuaternario o bien están expuestos solo con una pequeña cubierta vegetal que los sobreace.

El espesor de estos conglomerados dentro de los valles que conforman esta unidad es muy reducido, relleno en la mayoría de los casos, a las depresiones de las formaciones del Cretácico Superior, originadas principalmente durante la exposición a los agentes endógenos y exógenos a la que se sometieron después de sufrir los efectos del plegamiento del Cretácico Superior-Terciario Temprano.

Hacia la porción de plataforma estos depósitos presentan una composición semejante a la de los de la zona de cuenca solo que aquí, los fragmentos son principalmente de calizas de la facies post-arrecifal. El espesor de estos materiales en esta zona, es muy variable ocurriendo desde unos cuantos metros hasta llegar a alcanzar los 400 metros, por ejemplo el Pozo San José del Plan (PNLB-131) cortó aproximadamente 380 metros de un conglomerado calcáreo, no habiéndose atravesado todo del espesor del mismo.

Geomorfológicamente tanto en la zona de cuenca como en la zona de plataforma se presentan formando pequeños lomeríos en forma aislada o bien mesetas de considerable extensión como las que ocurren al norte de Dr. Arroyo N.L., cuando forman lomeríos estos por lo general son arredondados, sin manifestar un drenaje integrado, por su parte cuando ocurren en mesetas éstas son topográficamente poco prominentes, con irregularidades suaves sin llegar a presentar algún tipo de drenaje. Estas formas constituyen áreas favorables a la recarga, por el aspecto litológico y la posición de los materiales.

Superficialmente, en donde se les logró observar no fué posible distinguir procesos de fracturamiento por lo que la intensidad como la continuidad y homogeneidad estructural se espera que ocurran en forma regular a profundidad originada sobre todo por efectos al momento del depósito más que por procesos tectónicos.

Los depósitos del Cuaternario que corresponden a esta unidad están constituidos principalmente por depósitos terrígenos que en conjunto conforman sedimentos de piedemonte, sedimentos fluviales y aluviales. Estos depósitos se encuentran cubriendo en forma discordante a los conglomerados del Terciario o bien a las formaciones arcillo-calcáreas y calcáreas del Mesozoico,

rellenando junto con los conglomerados a todos los valles endorréicos y los pequeños valles intermontanos presentes en la zona de cuenca, conformando el relleno de los anticlinales y sinclinales sepultados y a los cuales se les está confiriendo poca profundidad y extensión lateral.

Los sedimentos de piedemonte son un grupo de sedimentos que han sido depositados en la franja marginal de las zonas montañosas. Constituyen sedimentos mal clasificados cuyos fragmentos son principalmente calizas, calizas con pedernal y gravas, incluidos en una matriz limo-arenosa, presentando una mayor distribución a lo largo de las márgenes de las sierras. Es común que dichos materiales estén cubiertos por una capa calichosa que bien puede tener varias decenas de centímetros de espesor.

Los sedimentos fluviales, que consisten esencialmente de gravas más o menos bien clasificadas, con sedimentos limo-arenosos en la matriz, presentan una distribución bastante errática pero que posiblemente en el Terciario estos sedimentos hayan tenido una mayor distribución. En esos depósitos es donde se espera que existan mejores condiciones hidrogeológicas, por lo que resulta interesante el poder definir la distribución que estos paleocauces presentan.

Hacia el centro del los valles de Dr. Arroyo, San Rafael de Martínez, San Blas-San José de la Luz y el de Matehuala, tienden a ocurrir sobre todo depósitos formados por arenas, limos y arcillas así como horizontes de yeso, interestratificados con los sedimentos más finos o bien se presentan en forma de láminas delgadas dentro de los sedimentos más gruesos. Por lo anterior es importante conocer con mayor detalle la distribución de cada uno de los depósitos de esta unidad, siendo conveniente efectuar estudios detallados sobre todo de geofísica en los Valles de Dr. Arroyo, San Rafael de Martínez, el de San Blas-San José de la Luz y el de Matehuala, tales que permitan conocer mejor su distribución tridimensional, ya que es posible que estos sedimentos constituyan acuíferos que hasta la fecha no se han podido encontrar por la falta de pozos de exploración y de estudios más detallados en estos valles. Al igual que los conglomerados del Terciario, los materiales del Cuaternario en las áreas cercanas a las zonas montañosas descansan discordantemente sobre las rocas calcáreas o arcillo-calcáreas del Mesozoico, y hacia la porción central de los valles mencionados anteriormente, lo hacen sobre los conglomerados del Terciario.

Los valles más grandes presentan una topografía por demás irregular provocado por los eventos distensivos post-Cretácico Superior. Esta irregularidad en los valles origina una heterogeneidad en la distribución espacial y temporal de los materiales granulares estableciendo así las condiciones para la ocurrencia de los horizontes permeables. El espesor para estos depósitos es sumamente variable llegando a presentar en la

zona del graben de Matehuala en ocasiones hasta 210 metros como ocurre en el Pozo San José del Plan 2 (Z-539, S.S.A.) en donde de 0 a 210 metros se cortó material de relleno. Aunque no se hace una diferenciación del material de relleno entre los depósitos Cuaternarios y los conglomerados Terciarios es importante hacer notar que el espesor del primero en ésta gran estructura debe de ser considerable dado las características del valle. Por su parte los amplios valles de la zona de cuenca por lo general presenta un espesor muy reducido siendo en ocasiones de apenas unos cuantos centímetros sobre todo en los valles intermontanos, sin embargo, el Pozo San Rafael de Martínez 1 (PNLE-127), cortó 180 metros en el valle del mismo nombre de este material, acotándose esto como, el máximo espesor que se conoce para esta zona, por lo que bien podría alcanzar los 200 metros. En el Valle San José de la Luz, el Pozo Puerto Dolores 1 (PNLE-25), cortó 60 metros de relleno, siendo en esta zona, el espesor máximo que llega a presentar.

Estructuralmente los depósitos granulares están asociados íntimamente a los eventos tectónicos que han afectado a la región. El graben de Matehuala es producto de los fenómenos compresivo-distensivos del Cretácico Superior-Terciario Temprano dicho elemento sirvió como depósito para los materiales aluviales.

### 6.3.- HIDROGEOLOGIA DEL PAQUETE LITOSTRATIGRAFICO Qal-Tcg.

Con el fin de describir las condiciones hidrogeológicas del paquete Qal-Tcg, éste se separó en dos unidades hidrogeológicas las cuales dependen del ambiente geológico en que estas ocurren y como resultado del análisis de los factores geológicos regionales realizado anteriormente, dichas unidades son:

UNIDAD I.-Material granular de permeabilidad media a baja que ocurre en la zona de plataforma y

UNIDAD II.-Material granular de reducido espesor que rellena depresiones de poca profundidad y extensión lateral en las que no existe comunicación entre ellas implicando una reducida posibilidad acuífera.

UNIDAD I .--Material granular de permeabilidad media a baja que ocurre en la zona de plataforma.

En esta unidad se incluyen a todos aquellos materiales que se encuentran depositados en la parte central del Bolson de Matehuala, así como en los pequeños valles intermontanos que se desarrollaron a lo largo de las estribaciones de la Sierra de Catorce y de la Sierra El Azul. Se esperaría, dado lo extenso del valle, un gran potencial como embalse subterráneo, considerando además, que a ambos lados del mismo, existen dos zonas de recarga bastante amplias que alimentarían a dicho acuífero. Sin embargo, en la porción más oriental del valle, éste se encuentra limitado

por una gran falla de tipo normal, la cual afecta a todas las rocas de la Facies Post-arrecifal de la Formación El Abra, este elemento estructural reduce en forma notoria la cantidad de agua captada por la Sierra EL Azul hacia el valle, lo mismo ocurre con las probables zonas de recarga de la margen oriental de la Sierra de Catorce, las cuales también se encuentran afectadas por fallas normales que desplazan bloques de la Formación El Abra reduciendo notablemente la influencia de dichas zonas hacia los materiales del Graben de Matehuala. Así, las dos fallas servirían de conducto al agua hacia zonas más profundas sin recargar a los materiales granulares.

De acuerdo con la información compilada de los aprovechamientos (pozos principalmente) que se localizan a lo largo del valle. El acuífero granular presenta una distribución un tanto errática, lo cual dificulta en gran medida su explotación. Debido quizás a la gran heterogeneidad de los materiales dentro del valle, el acuífero presenta variaciones notables en cuanto a caudales y niveles del agua se refiere. Es tal la anterior variación, que el pozo Pastoriza 1 (Z-616), cortó 150.0 m de relleno, encontrando el nivel del agua a los 120.0 m con un gasto de 3.0 l.p.s., por su parte, el pozo Santa Lucía 2 (Z-514), llegó a la profundidad de 78.0 m alcanzando el nivel del agua a los 9.91 m, con un abatimiento de 4.45 metros, dando un gasto extraordinario para esta zona de 46.55 l.p.s. y calculandose un caudal específico de 10.25 lps/m.

Este acuífero actualmente está siendo explotado por 21 pozos cuyas profundidades varían entre 56 y 380 metros los que junto con las norias constituyen la única fuente de abastecimiento de agua potable de los poblados que se encuentran en el valle.

En 1979, la SARK realizó un estudio piezométrico en gran parte del Valle de Matehuala. De los resultados obtenidos en ese estudio se pueden hacer las siguientes consideraciones:

De la configuración del nivel estático referida al nivel del mar, se observa que existe un flujo subterráneo que en la porción norte del valle, proviene de la zona de Cedral-Vanegas, con una dirección general norte-sur, extendiéndose así a lo largo de todo el valle. A la altura de las Rancherías de Santa Lucía y Piedra Blanca, existe un estrechamiento topográfico donde las curvas de igual elevación insinúan un aporte proveniente de la Sierra de Catorce.

De la configuración de la profundidad al nivel estático se observa que a la altura de Matehuala, la profundidad del nivel del agua, se encuentra entre los 10 y los 30 metros, incrementándose hacia el sur, tal que cerca de las Rancherías de La Pastoriza y El Mezquite, oscila entre los 40 y 60 metros.

ESTR. TERC. DE  
SALA DE LA  
BIBLIOTECA

De los resultados de los análisis químicos que se les practicaron a las muestras en dicho estudio, se determinó que existe en forma notoria aguas que pertenecen a la familia Cálcico-Sulfatada (Ca-SO), la cual es un reflejo de la presencia de yesos y anhidritas formadas en las cuencas lacustres Terciarias, típicas del norte y del noreste de México. Estos yesos fueron observados en varias excavaciones de 5 a 15 metros de profundidad al norte de Matehuala.

De la configuración de sólidos totales disueltos, se observa que entre Matehuala y Encarnación de Abajo, se tiene agua con valores altos de sales, presentando la mayoría de las muestras analizadas valores entre 1500 y 2300 ppm de sólidos totales disueltos ocurriendo sobre todo las máximas concentraciones hacia el centro del valle. Sin embargo, a la altura de las Rancherías de La Concepción y La Pastoriza, se advierte una zona con bajos contenidos en sales; tal que apenas alcanzan las 200 ppm. para la primera, notándose un incremento hacia la segunda, con valores de 600 ppm. Este comportamiento refleja un funcionamiento independiente de la Zona de Matehuala-Encarnación de Abajo, con la de la Zona de La Concepción-La Pastoriza, originado tal vez por la influencia de una zona de recarga proveniente de la Sierra de Catorce.

De la configuración de sulfatos, se observa que en la Zona de Matehuala existen valores bajos del orden de las 200 ppm en los flancos de la sierras y de más de 1000 ppm hacia el centro del valle, ratificando la existencia de sedimentos evaporíticos que forman parte del relleno siendo estos de fácil disolución. A su vez, el área de La Concepción-La Pastoriza, presenta valores menores de 50 ppm de sulfatos, lo que confirma hacia esta zona, la circulación de agua de poco tiempo de residencia en estos materiales.

Del análisis anterior, se observa que la única zona con agua de buena calidad apropiada para agua potable es la Zona de La Concepción-La Pastoriza, así como la zona al este de Noria de los Conos-Encarnación de Abajo la cual parece recibir un buen aporte de agua proveniente del flanco sur-oriental de la Sierra El Azul, el resto del valle, presenta agua que químicamente no es apta para el consumo humano. Por lo que se considera que la mayor parte del agua de este valle, es apropiada para utilizarse como agua de riego, dado que el elemento de mayor riesgo para la agricultura es el sodio y este aparece en baja proporción, sin embargo la relación agua-suelo es la que finalmente definirá la factibilidad de obtener cultivos de buen rendimiento.

UNIDAD II.-Material granular de reducido espesor que rellena depresiones de poca profundidad y extensión lateral en las que no existe comunicación entre ellas implicando una reducida posibilidad acuifera. Ver Carta Hidrogeológica 6.1.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales del Cuaternario que mayores posibilidades tienen de acuerdo a sus características texturales de almacenar el agua, son los depósitos fluviales y los sedimentos de piedemonte. Aunque los depósitos fluviales poseen una buena permeabilidad, su distribución es muy errática, desconociéndose el espesor que llegan a alcanzar además de que no se encuentran repartidos profusamente en todos los valles.

El número de obras emplazadas en estos valles es tan reducido, que solo se tuvo conocimiento de un pozo perforado por SAHDP en la localidad de Lobera de Portillo del cual no fué posible el contar con mayor información. En numerosos ejidos situados en las proximidades de estos valles, se trato de obtener información que permitiese conocer la existencia de perforaciones, de norias o posibles manantiales, encontrándose que en la mayoría de ellos no existe conocimiento sobre la ocurrencia de tales obras por lo que la capacidad acuifera de esta unidad es un tanto incierta. Se sabe, sin embargo por la información compilada, que el Pozo Puerto Dolores 1 (PNLE-25), cortó 60 metros de material de relleno sin haberse manifestado nivel de agua. Esto se debe a que los materiales de esta unidad rellenan depresiones estructurales de muy reducidos espesores y aisladas entre si por las rocas impermeables del paquete Mesozoico.

#### 6.4.- PAQUETE LITOESTRATIGRAFICO DE ARENISCAS, LUTITAS, CALIZAS, CALIZAS ARCILLOSAS Y YESOS DEL CRETACICO Y JURASICO.

Desde el punto de vista estratigráfico, como se definió anteriormente, en esta zona ocurren dos ambientes geológicos con características topográficas, sedimentológicas, estructurales y geomorfológicas bien definidas que permiten a su vez caracterizar zonas con diferente comportamiento hidrogeológico.

Estratigráficamente, hacia la zona de plataforma, el paquete litológico de interés hidrogeológico se presenta constituyendo una potente secuencia que bien puede alcanzar los 2000 metros de espesor. Dada la complejidad que representa el trabajar con este depósito, en el cual coexisten numerosas facies que definen el modelo de sedimentación de este ambiente, solo fué posible medir un espesor parcial de 770 metros, que corresponden a una porción de la Facies Post-arrecifal de la Formación El Abra, al Miembro Inferior de la Formación Tamasopo y a una parte del Miembro Superior de la misma formación. Ver columna estratigráfica La Tapona. Figura 3.2.

En términos generales esta unidad está constituida por calizas de facies pre-arrecifal, arrecifal y post-arrecifal, las cuales constituyen el complejo arrecifal de la Formación El Abra; calizas, calizas arcillosas y calizas oolíticas de la Formación Tamasopo y areniscas, lutitas y calizas de la Formación Cárdenas que en conjunto conforman el paquete calcáreo y arcillo-calcáreo del Cretácico Medio y Cretácico Superior respectivamente. De todo este paquete litoestratigráfico quizás las rocas que mayor interés presenten son las calizas del complejo arrecifal y las areniscas y lutitas del Cretácico Superior. Por lo que aunque de manera general se describirán las características litológicas de cada una de estas unidades con el propósito de establecer el marco geológico que definirá las características hidrogeológicas de este paquete.

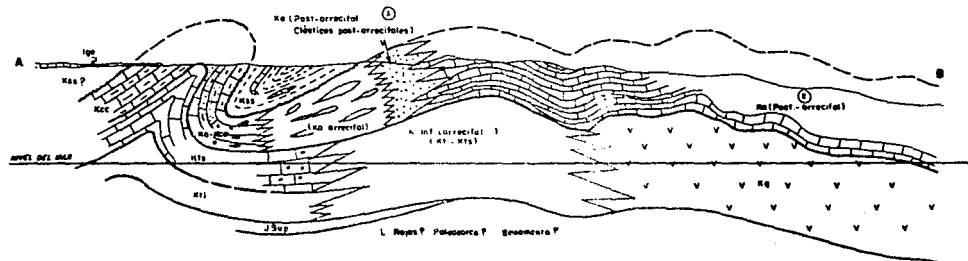
La figura 6.4.1. muestra en forma esquemática los cambios de facies más importantes que ocurren en los bordes de las márgenes de la Plataforma Valles-San Luis Potosí y que modifican el patrón hidrológico de toda esta unidad.

La Facies Pre-arrecifal está compuesta principalmente de calizas bioclásticas y litoclásticas conformando turbiditas así como sedimentos de zona de cuenca en alternancia con los primeros. Por esta razón se espera tener condiciones de alta porosidad primaria provocada por el origen de los depósitos de dicha facies. Sin embargo, los estudios petrográficos realizados como parte del presente trabajo revelan una alta compactación para estas rocas, así como fuertes eventos de recristalización; procesos diagenéticos que han reducido notablemente las condiciones originales de depósito por lo que tanto la porosidad y la permeabilidad primarias prácticamente han desaparecido. Sin embargo, los esfuerzos compresivos y distensivos del Cretácico Superior-Terciario Temprano, propiciaron zonas de debilidad en forma de fracturas, a lo largo de toda la facies. Además la acción disolvente del agua meteórica facilitó o aceleró el proceso de espaciamento entre discontinuidades para formar toda una amplia red de fracturas dentro de la masa rocosa, originando de esta manera que actualmente se tenga una buena permeabilidad por procesos secundarios.

Por lo que toca a la Facies Arrecifal, ésta forma una franja alargada más o menos angosta, orientada casi de norte a sur, en donde hacia la porción norte de la Sierra El Azul, sufre una pequeña flexión hacia el noroeste marcando a su vez el límite noroccidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. A lo largo de toda la sierra las rocas de esta facies constituyen las partes más prominentes de la misma, formando hacia la Ranchería Puerto del Aire una serie de cantiles visibles desde grandes distancias. Al igual que como las facies pre-arrecifal, dadas las características originales al momento del depósito, es de esperarse que ocurran muy buenas condiciones de porosidad y permeabilidad de tipo primario. Sin embargo en todo el conjunto arrecifal, los procesos diagenéticos alteraron en gran medida las condiciones originales, de depósito. La alta compactación cerró

# CAMBIO DE FACIES DE LAS FORMACIONES DEL CRETACICO MEDIO E INFERIOR EN LA MARGEN OCCIDENTAL DE LA PLATAFORMA

## VALLES - SAN LUIS POTOSI



### FACIES

- Kcc ——— CUESTA DEL CURA; CALIZAS DE ESTRATIFICACION DELGADA A MEDIANA CON BANOS Y LENTES DE PEDREGAL NEGRO, Poca LUTITA (DEPOSITOS DE CUENCA)
- Kcc-Ka ——— CALIZAS DE LA FORMACION CUESTA DEL CURA CON INTERCALACIONES DE BRECHAS DE TALUD, DERIVADAS DE LA FORMACION EL ABRA (DEPOSITOS DE PRE-ARRECIFE)
- K(arrecifal) ——— FORMACION EL ABRA.- CALIZAS MASIVAS CON CRECIMIENTOS ARRECIFALES (CAPRINIDOS, RADIOLITIDOS Y CORALES)
- ① Kca (post-arrecifal) ——— FORMACION EL ABRA - CALIZAS CLASTICAS, CON FRAGMENTOS BIOCALCAREOS, DE GRANO MEDIO GRUESO, (POST-ARRECIFE) EN LA BASE DE LA SECUENCIA DOLOMITAS DE GRANO FINO A MEDIO
- ② Kca (post-arrecifal) ——— FORMACION EL ABRA - CALCARENTAS Y CALCILUTITAS CON MILIOLAS Y BIOTROMAS DE TOUCABAS; EN LA PARTE BASAL DE LA SECUENCIA, DOLOMITAS DE GRANO FINO ( POST-ARRECIFE)
- Kts - Kti ——— FORMACIONES TAMAUPLIAS SUPERIOR Y TAMAUPLIAS INFERIOR - CALIZAS DE GRANO FINO, CON INTERSUBSTITUCIONES DE CLASTICOS BIOGENOS (DEPOSITOS PRE-ARRECIFALES)
- Ks ——— FORMACION GUARCAMA - ANHIDRITA, YESO CALIZAS BIOTROMALES Y CALIZAS CON MILIOLAS (DEPOSITOS DE POST-ARRECIFE)
- K(ar) ——— ZONA ARRECIFAL SUPERIOR

Fig. 6.4.1



practicamente los espacios vacios de los sedimentos que junto con un evento de presión-solución afectaron grandemente la porosidad primaria, quizás el factor que terminó de reducir ésta, fué la fuerte recristalización que sufrieron los sedimentos ya litificados.

La Facies Post-arrecifal a su vez está constituida principalmente de calcarenitas, areniscas calcáreas y calizas oolíticas. Estas rocas debido principalmente a los fuertes eventos diagenéticos a los que ha estado expuesta, ha reducido en forma notable sus propiedades físicas originales. Provocado por la alta compactación que presentan dichos sedimentos la cual fué observada a través del análisis petrográfico que se les practicó a estas muestras con el objeto de observar sus características texturales.

Aunque la Formación Cárdenas con sus areniscas lutitas y calizas presenta una reducida distribución superficial, se espera que ésta ocurra a profundidad por lo que será interesante definir el comportamiento que presenta en el subsuelo.

En la zona de cuenca, la sedimentación desde el tiempo Jurásico tendió a ser más o menos constante, lo que dió lugar a tener una potente secuencia de sedimentos que en composición van de yesos, lutitas, areniscas, lutitas calcáreas y margas en estratos delgados, calizas en estratos gruesos, calizas arcillosas en estratos delgados; calizas con bandas y lentes de pedernal negro de estratificación delgada a media y finalmente tener calizas, calizas arcillosas, lutitas y areniscas. En este complejo litoestratigráfico fué posible medir  $\pm$  1400 metros. Ver columna estratigráfica Arroyo Las Peñas. Figura 3.3.

En la zona de plataforma, las rocas de la Formación El Abra constituyen los principales elementos topográficos; siendo la Sierra El Azul el principal elemento que controla la morfología de la zona. Esta sierra constituye un pequeño anticlinorio orientado en dirección norte sur, siendo la expresión geomorfológica más conspicua de esta zona, con elevaciones de 900 metros sobre el nivel del valle. La expresión estructural de mayor importancia lo constituye la falla normal Picacho que se encuentra en el flanco occidental de la Sierra El Azul, la cual tiene una longitud de más de 40 km. Ver Carta Geológica 3.1. Sobre esta zona, se observan pequeñas fallas normales de menor longitud las cuales afectan a rocas de la misma formación. Las fracturas presentan una orientación preferentemente este-oeste, con una densidad de fracturamiento de moderada a alta sobre todo en la facies arrecifal y pre-arrecifal.

En la zona de cuenca, las rocas calcáreas presentan una morfología de sierras alargadas, angostas y redondeadas de expresión topográfica suave, con una orientación en dirección sensiblemente NE-SW, casi N-S, reflejo de una menor competencia de estas rocas al esfuerzo compresivo. Estas rocas constituyen

anticlinales y sinclinales con fuerte plegamiento, orientados preferencialmente NE-SW, cuya descripción aparece en el capítulo 4. Los pliegues anticlinales presentan un ligero recostamiento al NE, siendo este el rasgo estructural más sobresaliente.

#### 6.5.- HIDROGEOLOGIA DEL PAQUETE LITOESTRATIGRAFICO DE LUTITAS, ARENISICAS, CALIZAS Y YESOS DEL CRETACICO Y JURASICO

Las rocas de interés hidrogeológico en la zona de plataforma están constituidas por la Formación El Abra y la Formación Cárdenas.

En la porción arrecifal se espera ocurran permeabilidades altas, esto claro bajo condiciones ideales siempre y cuando los procesos diagenéticos no afecten de manera importante el depósito.

En la zona arrecifal identificada en el presente estudio se tiene sobre todo una permeabilidad de baja a media originada por efectos secundarios tales como un buen fracturamiento, periodos de presión-solución que han afectado de manera importante las rocas originando disolución diferencial que a afectado a esta facies llegando a formar incluso aunque de manera errática cavernas de regular tamaño. Estas cavernas han sido el resultado de la conjugación de eventos tectónico-diagenéticos que bien revelan la circulación de agua con cantidades importantes de sales, que han disuelto de gran manera a estas rocas. Tabla 6.5.1.

De acuerdo a los sondeos realizados por la SARH, los pozos Puerto Dolores 1, 3 y 4, así como el Taponá 1, los tres primeros con profundidades de trescientos metros, durante la perforación y los pocos metros de haber iniciado la misma, se tuvieron numerosas pérdidas de circulación, que en ocasiones llegaron a ser tan grandes, que el Taponá 1 tuvo que ser suspendido debido a la imposibilidad de poder cementar una grieta de regular tamaño.

En los núcleos cortados en estas perforaciones fué posible observar un buen fracturamiento así como el efecto de la circulación de las aguas a través de la roca ya que en la mayoría de ellos había cristales de calcita de regular tamaño y bien cristalizados (dientes de perro) que refleja numerosos espacios abiertos a través del tiempo. Esto nos hace suponer que esta facies de la formación, presenta un alto potencial como zona de recarga y en el mejor de los casos constituir un importante acuífero siempre y cuando las condiciones geológicas, estructurales y topográficas lo permitan. El otro evento diagenético que en gran medida ha modificado a la roca es el de presión-solución que por un lado compacta a la roca y al mismo tiempo provoca una disolución diferencial sobre los sedimentos, de tal manera que esto da lugar a tener zonas de debilidad a

TABLA 6.2.1 POROSIDAD Y PERMEABILIDAD PRIMARIAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS CONSOLIDADAS Y CARBONATADAS

TIPO DE ROCA	LUTITAS	LIMONITAS	CALIZA COMPACTA	ARENISICAS	DOLOMITAS	CONCRETAS	CALIZA DOLOMITICA	CALIZA TRRIFICIAL
POROSIDAD (%)	5-25	0	4-10	10-15	6	30	22	20-30
PERMEABILIDAD (cm <sup>2</sup> /seg)	3.00E-8	2.00E-7	9.00E-8	7.00E-5	2.00E-4	3.00E-5	2.00E-4	1.0E-5
	1.0E-11	1.0E-11		1.0E-7	1.00E-8		1.00E-7	1.0E-11
	B	A	J	A		MODERADA		ALTA

DAVIS, 1969; DAVIS Y DE WIESE, 1965

través del desarrollo de líneas estilolíticas, sobre todo paralelas a la estratificación, originando verdaderos espacios de hasta 10 cm de espesor, que han sido rellenos parcialmente de material intemperizado. Estos espacios son los que actualmente le están confiriendo a la roca características favorables para el movimiento del agua subterránea. Por lo que esta facies prácticamente posee una permeabilidad media de tipo secundario originada principalmente como resultado de los fenómenos compresivo-distensivos del Cretácico Superior-Terciario Temprano. Que permiten y favorecen a su vez una percolación de las aguas meteóricas las que van atacando a la roca, disolviendo las paredes de las fracturas y estableciendo una mayor comunicación entre ellas, logrando de este modo una zona de recarga en toda la porción occidental del área que es donde se encuentran aflorando estas rocas.

Dentro de la Formación El Abra el buen desarrollo de la carsticidad, la disolución con fracturas amplias han permitido clasificar a esta unidad (UNIDAD III) como ZONAS TOPOGRAFICAMENTE ALTAS CON FRACTURAMIENTO REGULAR, RECEPTORAS DE PRECIPITACION, SIN EVIDENCIA PARA DEFINIR EL MOVIMIENTO Y DIRECCION DEL AGUA INFILTRADA. Ver Carta Hidrogeológica 6.1. Desafortunadamente los 6 pozos emplazados en estas rocas cuyas profundidades van desde los 32 a 400 m no se encontró un nivel de saturación. Se infiere por sus características estructurales y por la extensión de sus áreas de afloramiento que se prolongan fuera de la zona de estudio la posible existencia de un flujo regional cuya profundidad podría situarse en el orden de unos 800 m. Esto se apoya también de la información de los Pozos Triángulo 1 y Clavo de Oro 1 perforado por PEMEX en el flanco oriental de la Sierra El Abra, en estos pozos se encontró agua dulce determinada a partir de la información de los registros eléctricos (Carrillo-Bravo, 1971).

Por lo que respecta a la Formación Cárdenas, se tienen tres pozos cuyas profundidades van del orden de los 170 m, hasta los 200 metros, aportando caudales de entre 25 y 35 l.p.s. con agua de 1200 a 1300 ppm de sólidos totales disueltos. Por comunicación verbal del Ing. Jose Luis Andrade quien a perforado pozos en esta región infiere que siguiendo los afloramientos aislados de la Formación Cárdenas es susceptible encontrar pozos con aguas de "buena" calidad.

Por lo que respecta a la zona de cuenca, las rocas carbonatadas con condiciones hidrogeológicas favorables son las de la Formación Tamaulipas Superior y Cuesta de Cura.

La Formación Cuesta del Cura, es una de las unidades litoestratigráficas que presentan buenas características para constituir una importante zona de recarga. Tal vez el que las rocas de esta formación presenten un regular contenido de residuos insolubles (principalmente arcillas) (Ice, 1979) limita de alguna manera la capacidad almacenadora y transmisora de las mismas. Sin embargo dada las características estratigráficas al

ser una unidad principalmente calcárea de estratificación delgada, con alternancia de lentes y nódulos de pedernal negro y si a esto le agregamos que esta presente en ellas un regular fracturamiento, entonces el hecho de que posea importantes cantidades de elementos arcillosos, no influye grandemente en la capacidad que presenta como transmisora del agua subterránea ya que ésta tenderá a circular a través de las fracturas de las rocas. El pozo Mier y Noriega 3 (PNLE-313) que inició en esta formación, a los pocos metros de haber iniciado la perforación presentó pérdidas totales de circulación teniendo incluso que camentar en varias ocasiones para poder continuar. En general la historia de la perforación consistió en pérdidas totales, recuperación de muestras, retorno de la circulación, pérdidas parciales, etc. Características que señalan el intenso fracturamiento que estas rocas llegan a presentar en el subsuelo. Solo existe una limitante muy fuerte respecto a esta formación y es que presenta reducidas áreas de exposición que reduce en forma notable la capacidad de captar el agua que se precipita.

En cuanto a la Formación Tamaulipas Superior, dado la reducido de las zonas en las que aflora, la capacidad como zona de recarga también se ve limitada, pese a que presenta características muy similares a las de la Formación Cuesta del Cura. Posee un fracturamiento de regular intensidad, así como estilolitas paralelas a la estratificación; aunque los procesos diagenéticos que sufrieron estas rocas fueron fuertes conserva aún una regular permeabilidad.

A su vez la Formación Tamaulipas Inferior, cuyas características litológicas ya han sido descritas presentan una fuerte compactación, así como una fuerte recristalización procesos diagenéticos que han afectado en gran proporción a las propiedades físicas de estas rocas.

Sin embargo, debido a la posición que guardan dentro de la única zona en la que afloran dentro del área de estudio y al hecho de presentar un moderado fracturamiento favorecen en gran medida la infiltración y circulación de las aguas a través de ella.

Así tenemos que en el Estado de Nuevo León, los pozos: Cerrito del Aire (SISTELEON) con una profundidad total de 700 metros aporta un caudal de 12 l.p.s. cuyo nivel estático aparece a los 263 m.

De acuerdo a la sección estructural B-B' el espesor que se logró medir en la sección estratigráfica Arroyo Las Peñas, el nivel del agua está en Tamaulipas Superior, no conociéndose hasta el momento a que profundidad apareció el agua, sin embargo, dada las características de la zona. se espera que los niveles no suban más allá de los 50 metros debido a que en el sitio de las obras no aparece un confinamiento total.

A su vez el pozo San Antonio de Alamitos (SISTELEON) con una profundidad total de 260 metros, aportó aproximadamente 8 l.p.s. presentando el nivel del agua a los 203 metros. Desconociendo también cual es el horizonte que aporta el agua.

En 1985 la S.A.R.H. perforó el pozo Mier y Noriega 3 a una profundidad de 300 metros encontrándose el agua a los 204.5 metros para que posteriormente se mantuviera a los 190 metros. En la sección estructural E-E' aparece este pozo atravesando en forma parcial a la Formación Cuesta del Cura.

En 1987 SISTELEON perfora el pozo Puerto del Francés a la profundidad de 700 metros el cual aportó un gasto de aproximadamente 25 l.p.s. por la información obtenida, se sabe que el nivel del agua se encuentra a los 200 metros sin embargo, en el recorrido que se realizó para la sección E-E' se le trató de medir el nivel, no encontrándose al menos a los 240 metros.

Tanto el pozo Mier y Noriega 3 como en éste último, y de acuerdo a la sección estructural E-E', el nivel del agua se ubica dentro de la Cuesta del Cura. Sucede lo mismo con el Pozo El Antiguo 1 (NL-4) pero sin llegar a presentar nivel al menos hasta los 160 metros.

Así mismo, el Pozo Refugio de las Viejas 1 (1970) que llegó a la profundidad de 800 metros, aunque se dice que tuvo problemas estructurales al iniciar en Agua Nueva, no es difícil que a esa profundidad, haya alcanzado a cortar a Cuesta del Cura o incluso en el mejor de los casos alcanzar a cortar algunos metros de Tamaulipas Superior, en donde el nivel del agua alcanzó los 360 metros (se dice que este pozo fué el primero del cual se extrajo agua a esa profundidad).

En los sondeos Boquillas 2 (PNLS-90), Alvaro Obregón 1 (PNLS-27) y San José de la Luz 1 (PNLS-12) se han detectado niveles que van de los 231 para el somero hasta 283 para el más profundo. Habiendo terminado la perforación del Boquillas 2 y del San José de la Luz 1 en Cuesta del Cura y para el Alvaro Obregón 1 en Tamaulipas Superior, presentando los dos primeros gastos por sifoneo o pistoneo tan pobres que muy apenas el Alvaro Obregón 1 alcanzó 1.0 l.p.s.

Sobre las perforaciones que han encontrado el nivel del agua y de las cuales actualmente están en explotación, no se tienen datos de análisis químicos pero los habitantes del lugar la utilizan como agua potable.

Existen perforaciones en la porción oriental de la Sierra El Azul con profundidades mayores a los 300 m de profundidad en las que sin embargo no se ha encontrado el nivel del agua. Esto puede deberse a tres razones principales:

No haber atravesado la secuencia hasta encontrar a la Formación Tamaulipas Superior y a la errática distribución de las fracturas a profundidad y al hecho de que éstas perforaciones

inician en Agua Nueva, considerado como el confinante superior, el cual presenta una complejidad estructural presentando en ocasiones echados del orden de 40 a 50°.

Hacia la zona centro-oriental y sur-oriental del área de estudio, se tienen localizadas a todas la obras que captan el agua del acuífero calcáreo, que de acuerdo a la información de las secciones estructurales y de los niveles del agua éste está ubicado en el intervalo Tamaulipas Superior-Cuesta del Cura, es decir, cerca del contacto entre ambas formaciones, no pudiéndose hasta este momento asegurar cual de las dos formaciones es la unidad acuífera, sin embargo, se propone que el acuífero está en Tamaulipas Superior.

Esto ocurre principalmente porque hacia esta zona, se tiene expuesta en forma primordial a la Formación Cuesta del Cura y no solo en esta zona, sino que en toda la parte oriental que se extiende muy apenas fuera del área en la que incluso llegan a aflorar en forma notable Tamaulipas Superior, La Peña y Tamaulipas Inferior formaciones de la unidad III que aceptan buenas cantidades de agua.

Otro hecho digno de mencionar es que hacia esta zona, el confinante superior aparece en forma reducida, factor que contribuye en forma notable a que las rocas con mejores características hidrológicas aparezcan sobre la superficie y se infiltre el agua de lluvia que para esta zona, es del orden de los 451.0 mm al año.

Por su parte en la porción central del área de estudio, y en forma general en la mayor parte de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, se tiene aflorando al confinante superior (Formaciones Agua Nueva y San Felipe) esto trae con consecuencia que la gran mayoría de la obras enplazadas en esta zona tengan que atravesar a todo el confinante superior para alcanzar las rocas consideradas como potenciales acuíferos, a su vez, dada la imposibilidad de que a estas unidades les llegen importantes aportaciones de agua, ven reducida su capacidad como unidades acuíferas, es por eso que los pozos que alcanzan a los acuíferos potenciales en esta zona, manifiestan gastos por demás pobres, revelando una baja permeabilidad en la zona, ocurriendo los niveles a esa profundidad dado que es en ella donde se empieza a minifestar la saturación. Además estas obras están ubicadas en cotas relativamente altas de 1610, 1705 y 1685 m.s.n.m. en tanto que las de la parte sur-oriental están entre los 1550 y los 1600 m.s.n.m.

De postularse la existencia de un flujo regional, se infiere que este se movería hacia el sur, hasta descargar en la zona de plataforma.

Con todos los datos recopilados tanto en campo como en gabinete se elaboró la Carta Hidrogeológica 6.1. en la que se vertió toda la información recopilada. Es un intento en este trabajo de tesis aportar elementos para la elaboración de cartas hidrogeológicas.

Finalmente se propone la siguiente clasificación hidrogeológica de las unidades litoestratigráficas del área de estudio.

**TABLA 6.1. RELACION DE LA LITOLOGIA Y POSICION ESTRATIGRAFICA CON LAS CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS E HIDROGEOLOGICAS.**

POSIC ESTRAT	LITOL.	CARAC. HIDR.	UNID. HIDROGEO.
Gal	Gravas Arenas Arcillas	Permeable	Acuífero libre Potencial reducido.
Tcg	Guijarros Gravas Arenas	Permeable	Sin posibilidades acuíferas.
	Ksf lutitas Kan Cz y lut.	Impermeable	Confinante Sup.
Cretácico	Ktm Calizas Kcc Kts Cz y cz arc Klp Kti	Permeable	Acuífero
Jurásico	Ktr Cz y lut. Jlc Lut y cz. Jol Cz y evap.	Impermeable	Confinante Inf.



## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1.- CONCLUSIONES

1.- Los recursos hidráulicos en la zona de estudio son reducidos. Los embalses subterráneos están restringidos por una parte a los materiales no consolidados que poseen una permeabilidad media a baja, existiendo las mejores condiciones hidrogeológicas en la zona oeste de la Sierra El Azul. El acuífero de las rocas calcáreas se encuentra en los horizontes de las Formaciones Cuesta del Cura y Tamaulipas Superior a profundidades que varían entre los 200 y 300 m en la zona sureste.

2.- Los materiales de relleno Terciario y Cuaternario tienen una amplia distribución en la zona de plataforma y de cuenca. La información existente sobre el espesor de los mismos es de 380 m máximo, con una distribución vertical irregular.

3.- Los materiales del relleno dentro de la zona de plataforma, son los que actualmente sustentan el abastecimiento de agua al Área estudiada. Por lo que respecta a estos materiales en la zona de cuenca estos no presentan condiciones favorables para el almacenamiento y circulación del agua subterránea.

4.- El mecanismo de recarga del área estudiada se lleva a cabo principalmente por flujo subterráneo horizontal. En la porción occidental por una aportación lateral proveniente de los Valles de Cedral-Vanegas, en la porción oriental por escurrimiento subterráneo proveniente de las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. Ambos flujos se establecen a profundidad sobre las rocas calcáreas y sus caudales no han sido cuantificados hasta el momento. La recarga por lluvia dentro de los límites del área estudiada es muy reducida. La descarga se efectúa mediante pozos y norias en los sistemas acuíferos granulares y calcáreos.

5.- En la porción sureste del Área estudiada los pozos perforados directamente sobre las calizas de la Formación Cuesta del Cura encuentran nivel de saturación a profundidades de entre 200 y 270 m con caudales de entre 12 y 30 l.p.s. Si la perforación inicia en el confinante superior constituido por las calizas, calizas arcillosas, areniscas y lutitas de las Formaciones Agua Nueva y San Felipe, las manifestaciones de agua subterránea ocurren a profundidades mayores y los caudales obtenidos son de 1.0 a 2.0 l.p.s.

6.- Se reconoció la presencia de las 3 facies de la Formación El Abra; la Facies Post-arrecifal es la de mayor distribución en la zona de plataforma, la Facies arrecifal se presenta como una franja alargada constituyendo las partes más altas de la Sierra el Azul y la Facies Pre-arrecifal que bordea a la zona de plataforma. De éstas, la Facies Arrecifal es la zona que mejores características hidrogeológicas presenta, en cuanto a zona de recarga se refiere.

7.- En la mayor parte de la zona de cuenca aflora el confinante superior constituido por calizas, calizas arcillosas y lutitas que reducen en gran proporción la posibilidad de recarga a los horizontes permeables.

8.- La Falla Picacho funciona como conducto de recarga a las rocas de la facies post-arrecifal y limita el flujo subterráneo a los depósitos de relleno.

9.- La calidad del agua en los materiales del relleno presenta variaciones importantes. La presencia de horizontes evaporíticos se manifiesta por concentraciones de hasta 2300 ppm de sólidos totales disueltos; en tanto que en las zonas de recarga, éste parámetro es de 200 ppm. Del acuífero calcáreo no existe información a este respecto.

10.- Con precipitaciones del orden de los 420 mm anuales; temperaturas medias anuales de 20° C y bajo las características geomorfológicas de la zona, se considera que la recarga de agua subterránea en la zona es muy reducida.

11.- Se postula la existencia de un flujo regional para la zona de plataforma. Dicho flujo se espera que ocurra a profundidades mayores de los 800 m. Hacia la zona de cuenca se espera que de existir un flujo regional éste se movería al sur con profundidades del orden de 300 a 400 m.

## 7.2.- RECOMENDACIONES

1.- La perforación de un pozo exploratorio en la porción suroccidental de la Sierra El Azul sobre la facies post-arrecifal a profundidades del orden de los 800 m con el fin de comprobar la ocurrencia de un flujo subterráneo regional hacia el sur.

2.- Que las perforaciones que se realicen en la zona de cuenca atraviesen en forma total el intervalo de Tamaulipas Superior con el propósito de comprobar la potencialidad acuífera de ésta formación en todo su espesor.

3.- Continuar las exploraciones directas que actualmente efectúa la S.A.R.H. sobre todo en la sierra situada el este-sureste del Dr. Arroyo, dado que es la zona con mejores posibilidades.

4.- Las localizaciones en la zona de cuenca deberán iniciar en Cuesta del Cura con el propósito de que la perforación evite los problemas estructurales del confinante superior.

5.- Se marcan dos sitios para exploración con diámetro pequeño con el fin de conocer las características hidrogeológicas de la Formación Tamaulipas Superior. Ver Carta Geológica 3.1.

6.- Equipar el Pozo Mier y Noriega 3 (PNLE-313) que actualmente está siendo desaprovechado.

7.- Realizar análisis químicos a las aguas de pozos que actualmente se encuentran en operación con el objeto de conocer la distribución de la calidad de las mismas y establecer criterios de explotación.

8.- Realizar análisis isotópicos (Tritio) del agua de los pozos que explotan el acuífero calcáreo con el objeto de inferir la procedencia del agua subterránea.

## B I B L I O G R A F I A

Aguayo, C. J. Eduardo., 1978, Diagénesis en Nódulos de Pedernal de la Formación Tamaulipas Superior. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XXXIX, No. 2, pp. 5-13.

Aguayo, C.J. Eduardo., 1978, Sedimentary Enviroments and Diagenesis of Cretaceous Reef Complex, Eastern Mexico. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, Vol. 5, No. 1, pp. 83-131.

Aguilar García, A., et. al., 1982, Estudio Geológico del Area San Luis Potisi-Santa Catarina, S.L.P. Tesis Profesional ESIA-IPN.

Anderson, T. H., and Schmidt, V.A., 1983, A Model of the evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean sea region during Mesozoic time. Geologic Society of America Bulletin, V. 94 pp. 941-966.

Araujo Mendieta, Juan., 1978, Litofacies y Diagénesis de la Formación Tamaulipas Inferior (Cretácico Inferior) en el Subsuelo de las Areas Bejuco-La Laja, Estado de Veracruz. Boletín de las Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XXXIX, No. 2, pp. 14-24.

B. Contreras y Montero., 1977, Bioestratigrafía de las Formaciones Taraises y La Peña (Cretácico Inferior), de la Goleta, Coahuila y Minillas, Nuevo León, Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. IX, Num. 1, pp. 8-29.

Becerra H, A., 1970, Estudio Bioestratigráfico de la Formación Tamabra del Cretácico en el Distrito de Poza Rica. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. II, No. 3, pp. 21-39.

Bullard, E.C., J. E. Everett y A. G. Smith., 1965, The fit of the continents around the Atlantic. In. Blacket, Bullard and Runcorn (Eds.) A Symposium on continental drift. Roy. Soc. London Phylas. Trans. Ser. A., 258, pp. 41-51.

Buffler, R. T., J. S. Watkins, J. Swaub y J. L. Morzel., 1980, Structure and early geologic history of the deep central Gulf of Mexico Basin, In. R. H. Pilger (Ed.) The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of the central North Atlantic Ocean. Proceedings of a Symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, pp. 3-16.

Cabrera, R. y S. Menes., 1973, Aplicación e Importancia Económica de las Microfacies en la Formación El Abra. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. 25, pp. 237-307.

Cañas, M. F., 1970, Clasificación de las Rocas Carbonatadas Sedimentarias y su Aplicación en un Area de Poza Rica. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. II, No. 1, pp. 5-37.

Carrasco, V. B., 1977, Albian Sedimentation of Submarine Autochthonous and Allochthonous Carbonates, East Edge of the Valles-San Luis Potosi Platform, Mexico. In: Deep Water Carbonate Environments. Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ. 25, pp. 263-272.

Carrasco, V. B., 1970, La Formación El Abra (Formación El Doctor) en la Plataforma de Valles-San Luis Potosí. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. II, pp. 97-99.

Carrasco, V. B., 1973, Catodoluminiscencia y Diagénesis de Rudistas Dolomitizados y su Relación con Desarrollos de Porosidad. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. V, No. 1, pp. 5-14.

Carrillo, M., 1980, Geología en los Alrededores del Banco Calcáreo El Doctor, Gro. Resúmenes, V Convención Geológica Nacional.

Carrillo Bravo, J., 1961, Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. XIII, No. 1 y 2.

Carrillo Bravo, J., 1971, La Plataforma Valles-San Luis Potosí. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. 23, No. 1.6, pp. 1-112.

Coney, D. J., 1978, Mesozoic-Cenozoic Cordilleran Plate Tectonics. Geol. Soc. America Memoir 152, pp. 33-50.

Coney, P. J., 1983, Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. Revista Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. 15, No. 1, pp. 6-16.

Coogan, A. H., D.G. Debout, and C. Maggio., 1972, Depositional environment and geologic history of Golden Lane and Poza Rica Trend, Mexico, an alternative view. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, V. 56, pp. 1491-1447.

CSerna, Z. de., 1956, Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey.

XX Congreso Geológico Internacional 87 p.

Dickinson, W. R. y P. J. Coney., 1980, Plate tectonics constraints on the origin of the Gulf of Mexico, In: R. H. Pilger (Ed.) The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of central North Atlantic.

Proceedings of a Symposium at Louisiana State University, Baton Rouge.

Dietz, R. S. y J. C. Holden, 1970, Reconstruction of Pangea, In: Breakup and dispersion of continents.

Journal Geophysical Research, 75, pp. 4939-4956.

Enos, Paul., 1974, Reef, platforms and basins of middle Cretaceous in northeast Mexico.

American Association of Petroleum Geologist Bulletin, Vol. 58, pp. 800-809.

Estudios Geotécnicos, S. A., 1986, Exploración Geológica Petrolera del Prospecto El Canelo, Estado de Nuevo León.

Informe Geológico No. 594, Inédito PEMEX.

Fresland, George L., Dietz, Robert S., 1971, Plate Tectonic Evolution of Caribbean-Gulf of Mexico Region.

Nature, Vol. 232, p. 20-23.

Gamper, M. A., 1977, Estratigrafía y Microfacies Cretácicas del Anticlinorio Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental)

Boletín Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XXXVIII, No. 2, pp. 1-17.

Garza-González, Romero., 1973, Modelo Sedimentario del Albiano-Cenomaniano en la porción sureste de la Plataforma de Coahuila.

Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. 25, pp. 311-329.

González, R., 1975, Bosquejo Geológico de la Zona Noreste.

Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. 28, No. 1-2, pp. 2-49.

Gose, W. A., R. C. Belcher y G. R. Scott., 1982, Paleomagnetic results from northeastern Mexico: Evidence for large Mesozoic rotations.

Geology, 10, pp.50-54.

Graham, S. A., W. R. Dickinson y R. V. Ingersoll., 1975, Himalayan-Bengal model for flysch dispersal in the Apalachian-Quachita System.

Geological Society of America Bulletin, 86, pp. 273-286.

Griffith, L.S., M.G. Pitcher, and G. Wesley Rice., 1969, Quantitative Environmental Analysis of Lower Cretaceous Reef Complex. En *Depositional Environments in Carbonate Rocks*. Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ. 14, pp. 120-138.

Guzmán, A. E., 1974, Diagénesis de la Caliza Cupido del Cretácico Inferior, Coahuila, Mexico. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Vol. VI, Num. 2, Abril de 1974.

Ice, R.G., 1979, Geology of the Northmost Sierra de Catorce and Stratigraphy and Biostratigraphy of the Cuesta del Cura Formation in Northeastern and Northcentral, Mexico. University of Texas (Arlington), M.S. Thesis. (Unpublished)

Ladd, J. W., 1976, Relative Motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 87, pp. 969-976.

Lee Wilson, James., 1973, Characteristics of Carbonate-Platform Margins. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol. 58, No. 5, pp. 810-824.

Lee Wilson, James., 1969, Microfacies and Sedimentary Structures in "Deeper Water" Lime Mudstones. In *Depositional Environments in Carbonate rocks*. Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ. 14, pp. 4-19.

López Ramos, G., 1981, Paleogeografía y Tectónica del Mesozoico en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Inst. Geología, Revista, Vol. 5, No. 2, pp. 156-177.

López-Ramos, E., 1983, Estratigrafía Cretácica y Tectónica de una porción del Centro y Noreste de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo XLVI No. 1 pp. 21-31.

Longoria, J.F., 1975, Estratigrafía de la Serie Comancheana del Noreste de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, V. 36, pp. 31-59.

Madrid-Solis, Alejandro., 1976, Consideraciones Geológico-Económicas del Jurásico Superior-NE de México. III Simposio de Geología del Subsuelo.

Maldonado-García, V., Tello-Estrada, D., 1976, Identificación del Modelo Geológico del Arrecife Cupido a partir de Información Sismológica. III Simposio de Geología del Subsuelo.

Mckee, J. W., Jones, N. W., and Long, L. E., 1984, History of recurrent activity along a major fault in northeastern Mexico. *Geology*, Vol. 12, pp. 103-107.

Morán-Zenteno, D.J., 1986, Breve Revisión Sobre la Evolución Tectónica de México. *Geofísica Internacional*, Vol. 25, No. 1, pp. 9-39.

Nigra, John, O., 1951., El Cretácico Medio de México, con especial referencia a la Facies de Caliza Arrecifal del Albiano-Cenomaniano en la Cenobahía de Tampico-Tuxpam.. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, Vol. III, No. 3-4, pp. 107-175.

Padilla y Sánchez, R., 1982., Geologic Evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo and Monterrey, Mexico. Ph. D. Dissertation. Faculty of the Graduate School of the University of Texas at Austin, 217 p.

Padilla y Sánchez, R., 1985., Las estructuras de la Curvatura de Monterrey, Estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí. *Revista Instituto de Geología*. Vol. 6, No.1 U.N.A.M. p. 1-20

Padilla y Sánchez, R.J., 1986., Post-Paleozoic Tectonics of Northeast Mexico and its role in the evolution of the Gulf of Mexico. *Geofísica Internacional Volumen 25 No. 1* pp 157-206

Parra-Samano, J.F., 1983., Estudio Geohidrológico de la zona Vanegas-Cedral-Matehuala, S.L.P. Tesis profesional, ESIA-IPN

Rzedowski, Jersy., 1965., Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Vol. V, No. 1 y 2, pp. 1-291.

Quintero Legorreta, O., et. al., 1985., Relaciones estructurales entre el Anticlinorio de Parras y el Anticlinorio de Arteaga (Sierra Madre Oriental), en la región de Agua Nueva, Coahuila. *Revista del Instituto de Geología*, Vol. 6, No. 1, pp.21-36

Silver, L.T. y Anderson, T. H., 1974, Possible left lateral Early to Middle Mesozoic disruption of the southwestern North American craton margins. *Geological Society of America, Abstract with Programs*, 6, pp.955.

Suter, Max., 1981., Hidalgoan deformations at the eastern edge of the Valles-San Luis Potosí carbonate platform (Sierra Madre fold-thrust belt, Central Mexico). *Geologic Society of America Abstract with Programs*, Vol. 13, pp. 109.



Buter, Max., 1980, Tectonics of the external part of the Sierra Madre Oriental foreland thrust-and-fold belt between Xilitla and the Mocrézuma River (Hidalgo and San Luis Potosí States). Revista del Instituto de Geología, Vol. 4, No. 1, pp. 19-31.

Tardy, M., J. Sigal y G. Glaçon., 1974a, Bosquejo sobre la estratigrafía y la paleogeografía de los flysch cretácicos del Sector Transversal de Parras, Sierra Madre Oriental, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Serie Divulgación, No. 2, pp. 13-30.

Tardy, M. y Ruiz-B. R., 1974b, Sobre la observación directa del "Décollement" de la cobertura mesozoica del Sector Transversal de Parras, sobre el flanco oriental del Anticlinal de San Julián, Sierra Madre Oriental, Estado de Zacatecas, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Serie Divulgación, No. 2, pp. 30-41.

Tardy, M. Longoria, J. F., et. al., Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental: Aloctonía del Conjunto Cadena Alta-Altiplano Central, entre Torreón, Coahuila y San Luis Potosí, S.L.P., México. Revista del Instituto de Geología, UNAM, No. 1 pp. 1-11.

Trujillo-Candelaria, J.A., 1977, Posibilidades acuíferas en sedimentos Continentales Terciarios de la República Mexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XXXVIII, No. 2, pp.34-51.

Van der Voo, R., E.J. Mauk and R.B. French., 1976, Permian Triassic Continental configuration and the origin of the Gulf of Mexico. Geology, No. 1, pp. 177-180.

Wenzens, Gerd., 1973, Investigaciones geomorfológicas en la región cárstica del norte de San Luis Potosí y sur de Nuevo León. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XXXIV, No. 1 y 2, pp. 71-91.

Zárate del Valle, P. F., 1982, Geología y análisis metalogenético de la Sierra de Catorce, S.L.P. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XLIII, No. 1, pp.1-20.

## APENDICES

No. de Muestra: ED - 1      Formación: La Casita

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (40 %):

Ortoquímicos (60 %):

Bioclastos: 25 %

Micrita: 45 %

Dtz. detrítico,

Microesparita: 15 %

Feld. y min. arc.: 13 %

Materia orgánica: 2 %

WACKSTONE DE GLOBIGERINIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Globigerinidos

Valvas de ostrácodos

IV. Diagénesis:

Las cámaras de los microfósiles se encuentran recristalizadas y constituidas por microesparita.

Compactación - Fracturamiento - Relleno de calcita microesparítica.

V. Ambiente:

Facies 1 de Wilson

VI. Nombre:

BIDMICRITA DE GLOBIGERINIDOS

No. de Muestra: ED-2      Formación: La Casita

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alcoquímicos (30 %):                      Ortoquímicos (70 %):

Bioclastos: 30 %                              Micrita: 50 %  
Microesparita: 20 %

WACKSTONE - PACKSTONE DE GLOBIGERINIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Globigerinidos

Globochaete alpina

Valvas de ostrácodos

Stomiosphaera sp.

IV. Diagénesis:

Cámaras de fósiles recristalizadas; vetillas de calcita rellenas de fracturas, lo cual indica una segunda etapa de cementación. Dos etapas de fracturamiento; en la segunda etapa de fracturamiento el relleno es de calcita o silice.

V. Ambiente:

Es una roca originada en una facies de cuenca. Facies 2 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-3      Formación: Tariases

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (30 %):                      Ortoquímicos (70 %):

Bioclastos: 29 %                      Micrita: 55 %  
Min. arcillosos: 1 %                      Microesparita: 15 %

WACKSTONE - PACKSTONE DE RADIOLARIOS

III. Constituyentes fósiles:

Radiolarios calcificados

Pythonella ovalis

Pythonella trejoi

Cámaras de globigerinidos

Ronethocardiella conoidea

Cadocina sp.

Valvas de ostrácodos

IV. Diagénesis:

Es una roca que presenta una alta compactación y un evento de recristalización.

Deposición - Compactación - Fracturamiento - Relleno de calcita espática - Recristalización.

V. Ambiente

Su origen esta asociado a una facies de cuenca. Facies 2 (profunda) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-4      Formación: Taraises

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alcoquímicos (35 %):	Ortoquímicos (65 %)
Bioclastos: 30 %	Micrita: 50 %
Min. arc. y óxidos: 5 %	Microesparita: 15 %

WACKESTONE - PACKSTONE DE GLOBIGERINIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Pithonella ovalis  
Pithonella treioi  
Calciophaerula inominata  
Placas de equinodermos  
Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

En general toda la muestra presenta un evento de recristalización.

V. Ambiente:

Es una roca que se origino en una facies de cuenca. Facies 2 de Wilson.

VI. Nombre:

**BIOMICRUDITA**

No. de Muestra: ED-25      Formación: Post-arrecife El Abra

Sección o Localidad: La Taponá

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (30 %):	Ortoquímicos (70 %):
Bioclastos: 30 %	Microesparita: 60 %
	Esparita: 8 %
	Cuarzo autígeno: 2 %

WACKSTONE DE BIOCLASTOS RECRISTALIZADOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos (principalmente rudistas)  
Fragmentos de equinodermos  
Fragmentos de gasterópodos

IV. Diagénesis:

Son muy evidentes procesos de recristalización en toda la muestra; la presencia de microestilolitas implica un evento de presión - solución.

V. Ambiente:

Es una roca que debido al tipo de partículas presentes se originó en una facies postarrecifal en que aún es evidente la influencia de la masa arrecifal.  
Probable Facies 5 (postarrecifal o planicie arrecifal) o Facies 7 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOESPARRUDITA

No. de Muestra: ED-26      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Taponá

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquimicos (70%):	Ortoquimicos (30 %):
Bioclastos: 60 %	Microesparita: 15 %
Intraclastos: 10 %	Micrita: 10 %
	Esparita: 5 %

PACKSTONE - WACKSTONE DE BIOCLASTOS parcialmente recristalizados

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos (principalmente rudistas)  
Fragmentos de equinodermos  
Fragmentos de algas

IV. Diagénesis:

Es muy notable un proceso de recristalización en toda la muestra.

V. Ambiente:

Es una roca originada en una facies Lagunar donde aún existía la influencia del crecimiento arrecifal.  
Facies 5 (postarrecifal) de Wilson.

VI. Nombre:

BIDESPARRUDITA



No. de Muestra: ED-27      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (40 %):	Ortoquímicos (60 %):
Bioclastos: 35 %	Micrita: 28 %
Intraclastos: 5 %	Microesparita: 25 %
	Esparita: 5 %
	Cuarzo autígeno: 2 %

WACKESTONE DE BIOCLASTOS parcialmente recristalizados

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos (principalmente rudistas)  
Fragmentos de equinodermos  
Miliólidos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una alta compactación, es muy evidente una recristalización en toda la muestra.

V. Ambiente:

Es una roca cuyo origen está asociado a una facies Lagunar aún con influencia del arrecife.  
Facies 5 (postarrecifal) de Wilson.

VI. Nombre:

**BIOESPARRUDITA**

No. de Muestra: ED-28      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (55 %):

Ortoquímicos (45 %):

Bioclastos: 25 %

Micrita: 28 %

Intraclastos: 25 %

Microesparita: 10 %

Pelras fecales: 5 %

Esparita: 10 %

Cuarzo autígeno: 2 %

PACKSTONE - WACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Miliólidos

Foraminíferos bentónicos biserials y uniserials

Fragments de moluscos

Fragments de equinodermos

Valvas de ostrácodos

IV. Diagénesis:

Es evidente una alta compactación, recristalización acentuada en los bioclastos e intraclastos. Un periodo de disolución y por lo menos un periodo de cementación. Silicificación en forma de cuarzo autígeno.

V. Ambiente:

Es una roca típica de facies Lagunar en que la influencia de la masa arrecifal aun es ligeramente evidente. Facies 7 de Wilson.

V. Nombre:

INTRABIOMICRITA

No. de Muestra: ED-29

Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (50 %):

Ortoquímicos (50 %):

Bioclastos: 48 %

Micrita: 25 % óxidos: 2 %

Microesparita: 25 %

BOUNDSTONE (Bundstone)

III. Constituyentes fósiles:

Carpetas de algas azul - verdes

Fragmentos de moluscos

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

Compactación, recristalización parcial en forma de laminas, dolomitización (en láminas) y reemplazamiento de nódulos y bandas evaporíticas por carbonatos. Fracturamiento y cementación por calcita.

V. Ambientes:

Su origen esta asociado a una facies Lagunar.

Facies 9 (postarrecifal) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRUDITA

No. de Muestra: ED-30      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alloquímicos (50 %):                      Ortoquímicos (50 %):

Bioclastos: 45 %

Micrita: 38 %

Intraclastos: 5 %

Microesparita: 8 %

Esparita: 2 %

Qtz. reemplazando

rudistas: 2 %

WACKSTONE - PACKSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de rudistas con perforaciones

Fragmentos de equinodermos

Fragmentos de coral

Miliólidos

IV. Diagénesis:

Algunos bioclastos presentan una silicificación parcial. Se observa una alta compactación y una ligera recristalización. Neomorfismo agradable y micritización de algunos intraclastos durante una etapa diagenética temprana.

V. Ambiente:

Es una roca típica que su origen está asociado a una facies de plataforma en donde aún hay la influencia del crecimiento arrecifal, lo anterior se ve reflejado en los bioclastos que presentan una forma subredondeada.

Facies 6 (arenas postarrecifales) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRUDITA

No. de Muestra: ED-31      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (40 %):	Ortoquímicos (60 %):
Bioclastos: 40 %	Micrita: 39 %
	Esparita: 15 %
	Microsparita: 5 %
	Cuarzo autígeno: 1 %

PACKSTONE - WACKSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Miliólidos  
Fragmentos de algas  
Fragmentos de equinodermos  
Otros foraminíferos bentónicos  
Dicyclina sp.

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una alta compactación; estuvo sujeta a eventos de recristalización, esto es más evidente en los bioclastos y el relleno de las fracturas. Las fracturas de mayor amplitud están rellenas por calcita espática. Silicificación que produce la formación de cuarzo autígeno en la matriz.

V. Ambiente:

Debido a la presencia de foraminíferos bentónicos es una facies típicamente Lagunar.  
Facies 7 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRUDITA

No. de Muestra: ED-32

Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (70 %):

Ortoquímicos (30 %):

Bioclastos: 60 %

Micrita: 20 %

Intraclastos: 10 %

Microesparita: 7 %

Esparita: 2 %

Cuarzo autigeno: 1 %

PACKSTONE - GRAINSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de rudistas

IV. Diagénesis:

Muestra que presenta: - Proceso de recristalización avanzada -  
Silicificación en forma de cristales autigenos en la matriz.

V. Ambiente:

Es una roca que tuvo su origen en una facies de plataforma  
externa, en que hubo un aporte considerable de bioclastos  
provenientes del desarrollo arrecifal.  
Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOCRUDITA

No. de Muestra: ED-33      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Fol: - Dunham:

Alloquímicos (80 %):

Ortoquímicos (20 %):

Intraclastos: 50 %

Micrita: 12 %

Bioclastos: 30 %

Esparita: 5 %

Microesparita: 2 %

Cuarzo autigeno: 1 %

PACKSTONE - GRAINSTONE DE INTRACLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Miliólidos

Fragmentos de moluscos

Microgasterópodos

IV. Diagénesis:

Evidente compactación. Recristalización en los bioclastos.  
Disolución con cementación posterior y recristalización.  
Silicificación en forma de cristales autigenos.

V. Ambiente:

Es una roca que tuvo su origen en una facies de plataforma.  
Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

INTRABIOMICRUDITA

No. de Muestra: ED-34

Formación: Postarrecife EL Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (40 %):

Ortoquímicos (60 %):

Bioclastos: 30 %

Micrita: 50 %

Intraclastos: 10 %

Microsparita: 10 %

WACKSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Algas verdes

Fragmentos de moluscos

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta alta compactación, recristalización; esto se ve relegado en las microfracturas rellenas por microsparita.

V. Ambiente:

Su origen esta asociado a a una facies de plataforma.

Facies 7 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA



No. de Muestra: ED-35      Formación: Tamasopo Inferior

Sección o Localidad: La Taponá

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (40 %):	Ortoquímicos (60 %):
Bioclastos: 30 %	Micrita: 40 %
Intraclastos: 5 %	Microesparita: 20 %
Min. arc. y óxidos: 5 %	

WACKSTONE - PACKSTONE DE GLOBIGERINIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Globigerinidos  
Foraminíferos bentónicos uniseriales y biseriales a uniseriales  
Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

Compactación. Las cámaras de los microfósiles sufrieron un evento de recristalización. Estilolitas poco desarrolladas.

V. Ambiente:

Es una roca que tuvo su origen en una facies de plataforma en donde existió aporte de fracción terrígena.  
Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-36      Formación: Tamasopo Inferior ?

Sección o Localidad: La Tabona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alcoquímicos (40 %):

Ortoquímicos (60 %):

Bioclastos: 25 %

Micrita: 48 %

Intraclastos: 15 %

Microsparita: 10 %

Cuarzo autígeno: 2 %

WACKESTONE DE MILIOLIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Miliólidos

Algas verdes

Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

Presenta una alta compactación; se observan evidencias de recristalización en una microfractura cementada por microsparita.

V. Ambiente:

Es una roca que tuvo su origen en una facies Lagunar, en que hubo un ligero aporte de bioclastos derivados de la masa arrecifal. Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-37      Formación: Tamasopo Inferior ?

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dumham:

Aloquímicos (70 %):

Ortoquímicos (30 %):

Bioclastos: 64 %

Micrita: 20 %

Intraclastos: 5 %

Microesparita: 10 % óxidos: 1 %

PACKSTONE DE MILIOLIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Miliólidos

Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta alta compactación y un evento de recristalización.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen esta asociado a una facies Lagunar, en que hubo una ligera influencia de la masa arrecifal.  
Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

BIONICRUDITA

No. de Muestra: ED-38      Formación: Tamayo Inferior

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (35 %):	Ortoquímicos (65 %):
Bioclastos: 19 %	Micrita: 40 %
Intraclastos: 10 %	Microesparita: 5 %
Min. arcillosos: 5 %	óxidos: 1 %

WACKSTONE DE GLOBIGERINIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Globigerinidos  
Escasos foraminíferos bentónicos  
Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta considerable compactación y una recristalización incipiente.

V. Ambiente:

Es una roca cuyo origen está asociado a una facies de plataforma.  
Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

BIDMICRITA

No. de Muestra: ED-39      Formación: Tamazopo Inferior

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (60 %):                      Ortoquímicos (40 %):

Bioclastos: 60 %                      Micrita: 30 %  
Microesparita: 10 %

PACKSTONE - WACKSTONE DE ORGANISMOS PLANCTONICOS

III. Constituyentes fósiles:

Pythoneilla cf. ? ovalis  
Globigerinidos  
Calcisphaerula sp.  
Fragmentos de moluscos  
Fragmentos de equinodermos  
Foraminíferos bentónicos

IV. Diagénesis:

Alta compactación, recristalización, lo anterior es evidente en microfracturas rellenas por microesparita.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen se encuentra asociado a una facies de plataforma.  
Facies 7 de Wilson.

VI. Nombre:

BIDOMICRITA

No. de Muestra: ED-40      Formación: Tamasopo Superior

Sección o Localidad: La Taponá

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (60 %):                      Ortoquímicos (40 %):

Bioclastos: 60 %                      Micrita: 25 %  
Microesparita: 15 %

PACKSTONE - WACKSTONE DE ORGANISMOS PLANCTONICOS

III. Constituyentes fósiles:

Pithonella sp.  
Cámaras de globigerinidos  
Stomiosphaera sp.  
Fragmentos de equinodermos  
Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

Alta compactación, recristalización, lo cual es más evidente en las microfracturas. Dos periodos de fracturamiento.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen se encuentra asociado a una facies de plataforma.

Facies 5 de Wilson

V. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-41      Formación: Tamasopo Superior

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alloquímicos (75 %):

Ortoquímicos (25 %):

Intraclastos: 55 %

Microesparita: 20 %

Bioclastos 15 %

Micrita: 5 %

Granos envueltos: 5 %

PACKSTONE DE INTRACLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de rudistas

Foraminíferos bentónicos

Pithonella sp.

IV. Diagénesis:

En la muestra se observa una alta compactación, recristalización en los bioclastos y matriz; estilolitas poco desarrolladas y una cementación de calcita espática.

V. Ambiente:

Su origen está asociado a una facies de plataforma.

Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

INTRABIODESPARRUDITA

No. de Muestra: ED-42      Formación: Tamasopo Superior

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (85 %):                      Ortoquímicos (15 %):

Oolitos: 60 %

Microesparita: 15 %

Intraclastos: 20 %

Granos envueltos: 5 %

PACKSTONE - GRAINSTONE OOLITICO

III. Constituyentes fósiles:

Forman parte del núcleo de otras partículas (fragmentos de moluscos y fragmentos de equinodermos).

IV. Diagénesis:

Algunas partículas presentan un evento de recristalización. En la muestra se observan dos periodos de cementación (uno temprano vadoso y otro tardío en soterramiento). Fracturas rellenas por calcita microesparítica.

V. Ambiente.

Debido al alto contenido de partículas oolíticas, es una roca que su origen se encuentra asociado a una facies de plataforma de alta energía.

Facies ó de Wilson.

VI. Nombre:

OOESPARRUDITA



No. de Muestra: ED-43      Formación: Tamasopo Superior

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (82 %):                      Ortoquímicos (18 %):

Oolitos: 60 %                              Microesparita: 13 %

Granos envueltos: 15 %                  Esparita: 5 %

Intraclastos: 5 %

Bioclastos: 2 %

GRAINSTONE - PACKSTONE OOLITICO

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de equinodermos, fragmentos de moluscos, ambos casos, formando al núcleo de otras partículas. También se observan muy escasos miliólidos, igualmente constituyendo al núcleo de otras partículas.

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una serie de microfracturas más o menos paralelas entre sí, rellenas por microesparita. Se observan dos periodos de cementación (uno temprano vadoso y otro tardío en condiciones de soterramiento).

V. Ambiente:

Es una roca típica de facies de plataforma de alta energía.  
Facies 6 de Wilson.

VI. Nombre:

OEESPARITA

No. de Muestra: ED-44      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Pedrera

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (40 %):

Ortoquímicos (60 %):

Bioclastos: 40 %

Micritas: 30 %

Cuarzo autígeno: 15 %

Microesparita: 10 %

Esparita: 5 %

WACKESTONE - PACKSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de rudistas

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta un evento de recristalización; los bioclastos han sufrido una silicificación parcial, lo cual propició la formación de cuarzo autígeno.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen está asociado a una facies de plataforma de alta energía.

Facies 5 (postarrecifal) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRUDITA

No. de Muestra: ED-45      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Pedrera

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (20 %):

Ortoquímicos (80 %):

Bioclastos: 18 %

Micrita: 70 %    óxidos: 2 %

Microesparita: 8 %

Esparita: 2 %

WACKESTONE - MUDSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de rudistas

Algunos miliólidos y otros foraminíferos bentónicos

Fragmentos de equinodermos

Gstrácodos

Fragmentos de algas

IV. Diagénesis:

Presenta un evento de recristalización, esto es muy evidente en las microfracturas rellenas por microesparita. Probable periodo de disolución.

V. Ambiente:

Está asociado a una facies de Planicie Arrecifal.  
Facies 5 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRUDITA

No. de Muestra: ED-46      Formación: Postarrecife El Abra

Sección o Localidad: La Pedrera

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquimicos (67 %):

Ortoquimicos (33 %):

Bioclastos: 55 %

Dolomita: 15 %

Intraclastos: 12 %

Micrita: 10 %

Microesparita: 5 %

Cuarzo autigeno: 3 %

PACKSTONE DE MILIOLIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Miliólidos

Fragmentos de moluscos

Valvas de ostrácodos

Algas

IV. Diagénesis:

En la muestra se observa una alta compactación; se observa que ocurrió un evento parcial de dolomitización.  
Cuarzo autigeno ligado a una silicificación.

V. Ambiente:

Es una roca cuyo origen se encuentra asociado a una facies de plataforma de aguas someras, típicamente Lagunar, con cierto contenido en magnesio.  
Facies 7 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOINTRAMICRITA PARCIALMENTE DOLOMITIZADA

No. de Muestra: ED-47

Formación: Postarrecife EL Abra

Sección o Localidad: La Pedrera

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alcoquímicos (60 %):

Ortoquímicos (40 %):

Intraclastos: 25 %

Micrita: 25 %

Bioclastos: 25 %

Microesparita: 8 %

Películas fecales: 10 %

Cuarzo autígeno: 5 %

Esparita: 2 %

PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos

Fragmentos de algas

Válvulas de ostrácodos

IV. Diagénesis:

En la muestra se observa una alta compactación, recristalización, cementación y fracturas rellenas de calcita microesparítica.

V. Ambiente:

Su origen está asociado a una facies de plataforma de tipo Lagunar.

Facies 7 de Wilson.

VI. Nombre:

INTRABIOMICRITA

No. de Muestra: ED-48

Formación: Postarrecife El Abra

Esta muestra presenta dos zonas

Sección o Localidad: La Pedrera

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (80 %):

Ortoquímicos (20 %):

Bioclastos: 40 %

Micrita: 10 %

Intraclastos: 30 %

Microesparita: 10 %

Pelras fecales: 5 %

Mín. arcillosos: 5 %

Zona 1: BINDSTONE DE ALGAS

Zona 2: PACKSTONE DE BIOCLASTOS E INTRACLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Miliólidos

Carpetas de algas

Fragmentos de moluscos

Foraminíferos bentónicos biserials

IV. Diagénesis:

En la muestra se observa un evento de recristalización; fracturas rellenas por calcita microesparítica. Nódulos reemplazados a calcita y/o dolomita.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen está asociado a una facies de plataforma de aguas someras, en donde existió un aporte de fracción terrígena y en condiciones evaporíticas.

VI. Nombre:

Zona 1: BIOLITITA

Zona 2: BIOINTRAMICRUDITA

No. de Muestra: ED-49      Formación: Taraises

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (10 %):

Ortoquímicos (90 %):

Cuarzo detritico: 6 %

Microesparita: 80 %

Min. arcillosos: 3 %

Esparita: 10 % óxidos: 1 %

MUDSTONE

III. Constituyentes fósiles:

Esta muestra no presenta fósiles.

IV. Diagénesis:

Recristalización total de la muestra; esta recristalización lo es también evidente en las fracturas rellenas por esparita.

V. Ambiente:

Imposible dar una interpretación, debido al alto grado de recristalización.

VI. Nombre:

CALIZA MICROCRISTALINA

No. de Muestra: ED-50      Formación: Olvido

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (10 %):	Ortoquímicos (90 %):
Cuarzo detrítico: 10 %	Dolomita calcificada: 50 %
	Microesparita: 40 %

DEDOLOMIA

III. Constituyentes fósiles:

Esta muestra no presenta fósiles.

IV. Diagénesis:

Es notable la presencia de una dolomitización en la muestra, en que aún es posible observar microesparita.  
Dolomitización - Fracturamiento - Relleno y Recristalización -  
Calcificación - Dedolomitización.

V. Ambiente:

Debido a la presencia del evento de dolomitización, anterior a la dedolomitización, es una roca típica de plataforma cercana a la costa. La presencia de cuarzo detrítico nos indicaría una Facies B de Wilson.

VI. Nombre:

DEDOLOMIA



No. de Muestra: ED-51      Formación: Tamaulipas Inferior

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (22 %):                      Ortoquímicos (78 %):

Bioclastos: 10 %	Micrita: 66 %
Cuarzo detrítico: 10 %	Microesparita: 10 %
Intraclastos: 2 %	Cuarzo autógeno: 2 %

WACKESTONE - MUDSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Pithonella sp.  
Fragmentos de equinodermos  
Cámaras de globigerínidos  
Lenticulina sp.

IV. Diagénesis:

Es muy evidente que la muestra tuvo una alta compactación. En orden cronológico presenta los siguientes procesos diagenéticos: Compactación - Dolomitización - Fracturamiento - Relleno - Recristalización - Silicificación - Dedolomitización.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen está asociado a una facies de cuenca. Facies 2 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-52      Formación: Tamaulipas Inferior

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (30 %):

Ortoquímicos (70 %):

Bioclastos: 30 %

Micrita: 65 %

Cuarzo autígeno: 5 %

WACKSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Valvas de ostrácodos

Cámaras de globigerinidos

Fragmentos de moluscos

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

Es notable una alta compactación en la muestra; recristalización y silicificación (cuarzo autígeno). Un periodo de fracturamiento y relleno de calcita microesparítica.

V. Ambiente:

Es una roca típica que su origen está asociado a una facies de cuenca, en que hubo aporte de bioclastos.

Facies 2 (alta) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-53      Formación: Tamaulipas Inferior

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (35 %):

Ortoquímicos (65 %):

Bioclastos: 30 %

Micrita: 53 % óxidos: 5 %

Microesparita: 10 %

Cuarzo autígeno: 2 %

WACKESTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de equinodermos

Valvas de ostrácodos

Globigerínidos

Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

Es notable la presencia de una alta compactación; una ligera recristalización a microesparita, tanto de los organismos como de la matriz. Formación de cuarzo autígeno; fracturas rellenas de calcita.

V. Ambiente:

Es una roca que se originó en una facies de cuenca, en donde ocurrió ligero aporte de bioclastos.

Facies 2 (alta) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-55      Formación: Tamaulipas Superior

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (50 %):                      Ortoquímicos (50 %):

Bioclastos: 30 %

Micrita: 50 %

Pelras fecales: 10

Intraclastos: 5 %

Min. arcillosos: 3 % óxidos: 2 %

WACKSTONE A PACKSTONE DE GLOBIGERINIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Globigerinidos

Valvas de ostrácodos

Fragmentos de equinodermos

Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una alta compactación; una recristalización incipiente. Cuarzo autígeno en muy poca proporción.

V. Ambiente:

Es una roca formada en una facies típica de cuenca, en que hubo ligero aporte de fracción terrígena.  
Facies 2 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOMICRITA

No. de Muestra: ED-56      Formación: Tamaulipas Superior

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (57 %):                      Ortoquímicos (43 %):

Bioclastos: 35 %

Micrita: 38 %

Intraclastos: 10 %

Microesparita: 5 %

Pelotas fecales: 10 %

Min. arcillosos: 2 %

PACKSTONE - WACKSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos

Globigerinidos

Calcisphaerula innominata

Fragmentos de equinodermos

Radiolarios calcificados

Miliólidos retrabajados

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una alta compactación. Sin embargo, presenta microfracturas en donde se observa un evento de recristalización, e incluso, algunos de los aloquímicos tienen el mismo aspecto.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen se encuentra asociado a una facies de cuenca, en donde existió aporte de material de la plataforma.  
Facies 3 de Wilson.

VI. Nombre:

BIOINTRAMICRUDITA

No. de Muestra: ED-57      Formación: Cuesta del Cura

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (21 %):	Ortoquímicos (79 %):
Pelas fecales: 10 %	Micrita: 74 %
Bioclastos: 5 %	Microesparita: 5 %
Oxidos y min.	
arcillosos: 5 %	
Intraclastos: 1 %	

MUDSTONE - WACKESTONE PELOIDAL

III. Constituyentes fósiles:

Calcisphaerula innominata  
Colomiella recta  
Stomiosphaera sphaerica  
Radiolarios calcificados  
Foraminíferos biseriales  
Fragmentos de equinodermos  
Fragmentos de moluscos  
Miliólidos retrabajados

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una alta compactación, y un evento de recristalización incipiente.

V. Ambiente:

Su origen se encuentra asociado a una facies de cuenca, a la que hubo ligero aporte de material de plataforma.  
Facies 3 de Wilson.

VI. Nombre:

PELMICRITA

No. de Muestra: ED-52      Formación: Cuesta del Cura

Sección o Localidad: Arroyo Las Peñas

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alcoquímicos (35 %):

Orcoquímicos (65 %):

Bioclastos: 30 %

Micrita: 40 %

Min. arcillosos  
y óxidos: 5 %

Microesparita: 25 %

WACKSTONE DE GLOBIGERINIDOS

III. Constituyentes fósiles:

Cámaras de globigerinidos

Stomiosphaera sp.

Calciophaerula inopinata

Radiolarios calcificados

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una etapa de recristalización y un periodo de cementación.

V. Ambiente:

Es una roca típica de una facies de cuenca, en donde hubo ligero aporte de fracción terrígena.  
Facies 2 de Wilson.

VI. Nombre:

BIMICRITA

No. de Muestra: EC-60 Formación: Frearrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapa

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (70 %): Ortoquímicos (30 %):

Elciastos: 60 % Esparita: 25 %  
Intraclastos: 10 % Microesparita: 5 %

PACKSTONE DE FRAGMENTOS DE MOLUSCOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos (principalmente rudistas).

IV. Diagénesis:

Es una muestra que presenta una etapa de recristalización muy avanzada; esto es más evidente en algunos de los aloquímicos. Varias etapas de cementación.

V. Ambiente:

Su origen se encuentra asociado a una facies de talud arrecifal. Facies 4 (talus proximal) de Wilson.

VI. Nombre:

DIOESPARRUDITA



No. de Muestra: ED-61      Formación: Prearrecife El Abra

Sección o Localidad: La Tapona

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Alloquímicos (80 %):

Ortoquímicos (20 %):

Intraclastos: 40 %

Esparita: 15 %

Bioclastos: 40 %

Microesparita: 3 %

Micrita: 2 %

GRAINSTONE - PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Foraminíferos bentónicos retrabajados

Fragmentos de moluscos

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta un evento de recristalización avanzado. Probablemente dos etapas de cementación y una de disolución. Un período de fracturamiento, el cual se observa relleno por calcita esparítica.

V. Ambiente:

Su origen se encuentra asociado a una facies de talud arrecifal. Facies 4 (talus distal) de Wilson.

VI. Nombre:

INTRABIDESPARRUDITA

No. de Muestra: ED-63      Formación: Prearrecife El Abra

Sección o Localidad: San Antonio.

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (75 %):                      Ortoquímicos (25 %):

Intraclastos: 60 %                      Microesparita: 15 %

Bioclastos: 15 %                      Micrita: 10 %

PACKSTONE DE INTRACLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Globigerinidos

Pithorella ovalis

Calcisphaerula innominata

Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una alta compactación. Periodo de fracturamiento, que se ve relleno por calcita.

V. Ambiente:

Es una roca típica de una facies de talud arrecifal.  
Facies 3 de Wilson.

VI. Nombre:

INTRAMICRUDITA

No. de Muestra: ED-64      Formación: Prearrecife El Abra

Sección o Localidad: San Antonio.

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (80 %):                      Ortoquímicos (20 %):

Bioclastos: 60 %                      Microesparita: 20 %

Intraclastos: 20 %                      Qtz. reemplazando  
rudistas: < 1 %

PACKSTONE - GRAINSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos (principalmente rudistas)

Fragmentos de equinodermos

Miliólidos retrabajados

IV. Diagénesis:

Es una muestra que presenta una alta compactación, una recristalización muy avanzada en toda la muestra y posiblemente dos etapas de cementación.

V. Ambiente:

Su origen se encuentra asociado a una facies de talud arrecifal. Facies 1 (proximal) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOESPARRUDITA.

No. de Muestra: ED-65      Formación: Prearrecife El Abra

Sección o Localidad: San Antonio.

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (80 %):

Ortoquímicos (20 %):

Bioclastos: 65 %

Microesparita: 10 %

Intraclastos: 15 %

Micrita: 5 % óxidos: < 1 %

Qtz. autigeno: 1 %

PACKSTONE - GRAINSTONE DE BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos (principalmente rudistas)

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta una alta compactación; una recristalización muy avanzada. Silicificación parcial de algunos bioclastos. Dos etapas de cementación.

V. Ambiente:

Es una roca que su origen se encuentra asociado a una facies de talud arrecifal.

Facies 4 (talud proximal) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOESPARRUDITA

No. de Muestra: ED-66      Formación: Prearrecife El Abra

Esta muestra presenta dos zonas

Sección o Localidad: San Antonio.

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquimicos, Zona 2 (70 %):      Ortoquimicos, Zona 2 (30 %):

ZONA 2:

Intraclastos: 40 %

Micrita: 20 %

Bioclastos: 20 %

Esparita: 10 %

Granos envueltos: 10 %

PACKSTONE DE INTRACLASTOS Y BIOCLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

ZONA 2:

Fragmentos de moluscos, formando el núcleo de otra partícula

Miliólidos y otros foraminíferos bentónicos

Escudos globigerinidos

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

Es evidente un evento de recristalización, fracturamiento y cementación por calcita.

V. Ambiente:

Es una roca cuyo origen está asociado a una facies de talud arrecifal, con gran aporte por corrientes de densidad.

Facies 4 (talud proximal) de Wilson.

VI. Nombre.

ZONA 2: INTRABIOMICRUDITA

Y en conjunto: T U R B I D I T A   P R O X I M A L

No. de Muestra: ED-67      Formación: Prearrecife El Abra

Sección o Localidad: San Antonio.

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación: Folk - Dunham:

Aloquímicos (70 %):

Ortoquímicos (30 %):

Biolastos: 40 %

Microesparita: 20 %

Intraclastos: 10 %

Esparita: 10 %

PACKSTONE DE BIOLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de rudistas

Fragmentos de equinodermos

Fragmentos de moluscos

IV. Diagénesis:

La muestra presenta un evento de recristalización avanzado. Por lo menos, un periodo de cementación. Estilolitas poco desarrolladas.

V. Ambiente:

Es una roca cuyo origen se encuentra asociado a una facies de talud arrecifal.

Facies 4 (talus proximal) de Wilson.

VI. Nombre:

BIOESPARRUDITA

No. de Muestra: ED-68      Formación: Prearrecife El Abra

Sección o Localidad: San Antonio.

I. Descripción de la muestra de mano:

II. Clasificación Folk - Dunham:

Aloquímicos (80 %):                      Ortoquímicos (20 %):

Intraclastos: 50 %                      Microesparita: 10 %

Bioclastos: 30 %                      Esparita: 10 %

PACKSTONE - GRAINSTONE DE INTRACLASTOS

III. Constituyentes fósiles:

Fragmentos de moluscos (rudistas principalmente)

Miliólidos retrabajados y dentro de intraclastos

Fragmentos de equinodermos

IV. Diagénesis:

En algunos de los aloquímicos, se observa una etapa de recristalización; una etapa de fracturamiento y por lo menos un periodo de cementación.

V. Ambiente:

Es una roca típica de una facies de talud arrecifal, donde el sedimento estuvo sujeto a corrientes de moderada a alta energía.

VI. Nombre:

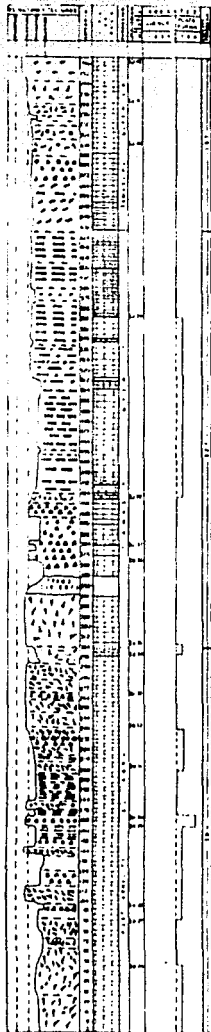
INTRAESPARRUDITA

PROYECTO	CLAVE	AÑO	DEPENDENCIA	ESTADO	MUNICIPIO	COORDENADAS	DEFINICIÓN	CORTE LITOLÓGICO	N.S.M.N.	P.T.	N.E.	N.B.	g	S.T.	OBSERVACIONES
						LATITUD	LONGITUD								
PEL Jairo 1	PML-27A	1962	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 42' 15"	100° 29' 10"	10-100 Ksf 100-175 km 175-270 Sin recuperación	1800	270.00				19 5/8	Pozo negativo
Boquillas 2	PML-70	1963	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-220 Km 220-300 Kcc	1610	300.00	32.00	256.00	.30 14"		
El Antigua	ML-4	1971	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Hier y Moriega			10-300 Kcc	1525	300.00	160.00	162.00	12.00	19 7/8	
El Nitote 1	ML-1	1971	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-291.3 Kcc	1720	291.30				19 3/4	Pozo negativo
Ref. Viejas	1a0 1970	1970	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 40' 40"	100° 13' 21"	10-675 Km	1725	675.00	340.00			6.00	19 7/8
Alvaro B.	PML-27	1975	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 43' 05"	100° 25' 25"	10-4 Bollano 10-300 Kcc 1200-430 Kts	1705	430.00	231.00	394.50	1.00	14"	
S.A. Valdez	PML-34	1974	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-343 Km	1600	343.00	208.00	290.00	.10	14"	
S.L. Torres	PML-78	1960	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 34' 00"	100° 21' 05"	10-300 Km	1680	300.00				14"	Pozo negativo
S.P. Salanca 2	PML-242	1963	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-225 Km 225-300 Kcc	1700	300.00				16 1/2	Pozo negativo
S.P. Salanca 1	PML-242	1963	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-10 Bollano 10-31 Km	1700	31.00				16"	Pozo negativo
El J. de Luz 1	PML-12	1973	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-300 Kcc	1685	300.00	283.00			18 3/4	
El J. de Luz 2	PML-76	1960	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-250.6 Kcc	1685	250.60					Pozo negativo
Pto. Dolores	PML-25	1970	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 33' 29"	100° 26' 30"	10-60 Bollano 60-145 Ksf	1665	145.00				115 1/2	Pozo negativo
Pto. Dolores 2	PML-241	1962	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 34' 10"	100° 20' 31"	10-300 Ka	1740	300.00				18 1/2	Pozo negativo
Vallejuela 1	PML-310	1965	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 41' 00"	100° 26' 30"	10-260 Kcc	1600	260.00					Pozo negativo
L. Catorce	PML-245	1963	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 23' 00"	100° 21' 33"	10-35 Bollano 125-300 Kcc	1715	300.00				16 1/2	Pozo negativo
C. Blancos	PML-47	1979	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 26' 45"	100° 15' 26"	10-301 Kcc	1305	301.00				13"	Pozo negativo
El J. Flores	PML-3	1972	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo			10-250 Kcc	1575	250.00				16 3/4	Pozo negativo
S.A. Bertinez	PML-127	1979	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Dr. Arroyo	123° 31' 15"	100° 18' 25"	10-100 Bollano	1300	100.00				112"	Pozo negativo
Hier y B. 3	PML-315	1963	S.A.R.H.	Nuevo Leon	Hier y Moriega			10-300 Kcc	1560	300.00				15.00	112"
Tapetes 1	PML-5	1971	S.A.R.H.	S.L.P.	Matamoros	123° 37' 10"	100° 33' 00"	10-56.4 Cq. calcareo	1490	56.40					Pozo abandonado
Tapetes II	PML-26	1971	S.A.R.H.	S.L.P.	Matamoros	123° 37' 09"	100° 33' 45"	10-11 Cq. de ca y lu 11-32.3 Ka	1300	32.30					Pozo negativo
El J. del Pico	PML-131	1979	S.A.R.H.	S.L.P.	Matamoros	123° 25' 15"	100° 35' 10"	10-300 Cq. calcareo	1300	300.00	56.00	110.00	2.50		



POZO	NOMBRE	AÑO	DEPENDENCIA	ESTADO	MUNICIPIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		CORTE LITOLÓGICO	N.S.N.M.	P.T.	N.E.	N.B.	O	D.T.	OBSERVACIONES
						LATITUD	LONGITUD								
PMo. Palmar	PSLS-4	1971	S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 41' 10"	100° 33' 30"	10-171 Ka	1250	171	---	---	---	---	Pozo negativo
Carbonera	PSLS-77	1979	S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 38' 20"	100° 34' 33"	10-200 Cg. calcareo	1495	200	32.00	120.00	4.50	---	
St. Rafael	PSLS-94	1979	S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 41' 45"	100° 39' 01"	10-70 caliza 170-76 arcilla 176-100 basalto 1100-120 conglomerado 1120-200 lutita	1402	200	35.50	41.24	34.70	---	
Humavista	PSLS-15	1971	S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 34' 30"	100° 31' 15"	10-5.5 caliche 15.5-400 Ka	1400	400	---	---	---	---	Pozo negativo
St. Palmas	PSLS-177	1984	S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 35' 10"	100° 38' 33"	10-32 limo y arcilla 32-90 conglomerado 100-300 le-ar	1250	300	42.00	114.00	23.00	---	
St. de Mayo	PSLS-176	1983	S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 32' 00"	100° 34' 30"	10-8 arcilla 18-30 yesos 130-170 Ka	1448	170	---	---	---	---	Pozo negativo
St. Olivos	12-500		Particular	S.L.P.	Matehuala	23° 37' 47"	100° 38' 42"	10-125 Balleno	1575	125	47.31	79.34	3.85	---	
TP. Blanca	PSLS-95	1979	S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 41' 30"	100° 39' 00"	10-180 le-ar	1522	180	48.00	83.68	34.00	---	
St. Angeles	12-504		Comunidad	S.L.P.	Matehuala	23° 37' 36"	100° 34' 02"	10-30 Balleno	1490	30	29.10	26.15	6.45	---	
St. Rafael	12-505		Comunidad	S.L.P.	Matehuala	23° 42' 02"	100° 38' 54"	10-15 Balleno	1610	15	11.00	---	---	---	
St. J. Ipoa	12-520		S.S.A.	S.L.P.	Matehuala	23° 28' 18"	100° 37' 32"	10-92 Balleno	1470	92	83.14	89.00	1.00	116°	
Sta. Lucía 1	12-513		S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 32' 33"	100° 35' 43"	10-150 Balleno	1395	150	13.56	---	---	114°	Pozo inactivo
Sta. Lucía 2	12-514		S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 32' 30"	100° 35' 37"	10-78 Balleno	1395	78	9.91	14.45	46.25	114°	
La Concepcion	12-520 A		S.S.A.	S.L.P.	Matehuala	23° 28' 45"	100° 39' 51"	10-60 Balleno	1510	60	29.70	---	---	---	Pozo inactivo
St. J. del Plan	12-539		S.S.A.	S.L.P.	Matehuala	23° 25' 37"	100° 34' 45"	10-210 Balleno	1390	210	50.00	110.00	1.70	118°	
TH. Las Palmas	12-548		Particular	S.L.P.	Matehuala	23° 39' 29"	100° 38' 07"	10-200 Balleno	1560	200	17.49	---	---	112°	Pozo inactivo
St. Las Palmas	12-549		Particular	S.L.P.	Matehuala	23° 39' 23"	100° 38' 07"	10-200 Balleno	1560	200	14.90	24.73	4.00	112°	
Rcho. Angeles	12-601		S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 37' 29"	100° 36' 09"	10-125 Balleno	1490	125	22.73	---	12.00	112°	
Rcho. Sarabia	12-602		INDU	S.L.P.	Matehuala	23° 33' 39"	100° 37' 09"	10-60 Balleno	1465	60	12.32	---	5.00	112°	
St. de Arriba	12-604		Particular	S.L.P.	Matehuala	23° 32' 12"	100° 36' 40"	10-100 Balleno intercalado con yesos 100-120 caliza	1425	120	41.00	27.00	12.00	112°	
San Carlos	12-606		S.A.R.H.	S.L.P.	Matehuala	23° 30' 38"	100° 38' 54"	10-94 Balleno	1520	118	94.00	107.00	.75	110°	





**DESCRIPCION LITOLÓGICA**

Mudstone de intraclastos gris claro a gris crema.  
 Calizas de aspecto masivo packstone-grainstone de bioclastos gris claro con esporádicos rudistas.  
 Macestone a packstone gris crema en estratos gruesos, líneas estrofolíticas, macestone de bioclastos gris ligeramente oscuro con fragmentos de rudistas en estratos gruesos.  
 Macestone a packstone gris crema bioclastico con fragmentos de rudistas.  
 Macestone a packstone de bioclastos gris crema en estratos medios a gruesos. Aparecen touceles en forma dispersa así como algunos gastropodos no identificados.  
 Macestone a packstone gris a gris claro ligeramente arcillosos en estratos de 40 centímetros de espesor.  
 Macestone gris a gris oscuro, ligeramente arcillosos en estratos de 30 a 40 centímetros de espesor y numerosas fracturas regularmente espaciadas.

Lutitas calcáreas laminares en estratos de espesor delgado.

Mudstone a macestone gris ligeramente pardo en estratos delgados.  
 Mudstone gris crema en estratos de 20 y 30 centímetros de espesor.  
 Mudstone a macestone gris a gris oscuro en estratos gruesos en la parte inferior y delgados en la parte superior.  
 Horizontes arcillosos.

Mudstone a macestone gris claro.  
 Horizonte calcáreo arenoso gris pardo.  
 Mudstone laminar arcilloso.  
 Horizontes arcillosos de color gris verdoso amarillento.  
 Mudstone ligeramente arcilloso gris pardo en estratos de 40 a 80 centímetros de espesor.

Lutitas calcáreas de color ocre muy delgadas ocurriendo en estratos laminares y horizontes ligeramente arenosos.  
 Mudstone ligeramente arcilloso, macestone arcillosos gris crema en estratos de 5 a 10 centímetros de espesor, el contenido arcilloso se incrementa hacia la parte alta de este tramo.  
 Areniscas calcáreas y macestone arcilloso de coloración rojiza con notables laminaciones.

Packstone bioclastico gris crema con escasos alijolidos y un horizonte de rudistas dentro de la secuencia.  
 Packstone bioclastico gris crema con abundantes alijolidos en estratos de hasta 30 centímetros de espesor.

Macestone bioclastico con ocasionales horizontes de macestone de alijolidos así como de pequeñas formas de gastropodos.  
 Macestone de alijolidos en estratos de hasta 30 centímetros de espesor.

Macestone a packstone de alijolidos gris oscuro.  
 Packstone de alijolidos en estratos de espesor mediano.  
 Macestone de alijolidos gris oscuro en estratos delgados.

Intervalo cubierto.  
 Packstone bioclastico con horizontes de touceles.  
 Mudstone a macestone gris oscuro en estratos delgados de 5 a 8 centímetros de espesor con laminaciones rojizas y aislados nódulos de pedernal gris claro.

Mudstone gris ligeramente oscuro al golpearla despide fuerte olor fétido.  
 Mudstone de rudistas, en la cima se cubre en un macestone bioclastico.  
 Packstone bioclastico gris crema a crema amarillento escasos fragmentos de rudistas, principalmente touceles que gradúa a macestone de alijolidos.  
 Packstone-grainstone de bioclastos gris crema a crema amarillento en estratos gruesos. En la cima existe un horizonte con gastropodos.

Macestone de alijolidos gris claro a gris oscuro, horizonte estromatolítico.  
 Packstone bioclastico. Hacia la cima ocurren horizontes de rudistas.  
 Macestone en estratos delgados, ocurren horizontes estromatolíticos.  
 Packstone bioclastico y horizontes de rudistas en estratos gruesos.

Macestone gris claro a crema en estratos delgados, en la cima ocurren horizontes estromatolíticos, en los cuales se distinguen los bioclastos.  
 Packstone de rudistas embosados en un matriz de bioclastos de color gris crema a crema amarillento. Al golpearla despide un olor fétido.  
 Macestone gris claro a crema con horizontes estromatolíticos.

Packstone de touceles, con matriz micrítica, y numerosas bioturbaciones.  
 Macestone gris claro a gris crema en estratos delgados de hasta 20 cm de espesor. En la parte superior ocurren horizontes estromatolíticos.

Packstone bioclastico gris claro a gris oscuro con bioturbaciones de rudistas.  
 Macestone en estratos delgados con laminaciones estromatolíticas.

Grainstone gris ligeramente oscuro de bioclastos y ocasionales fragmentos de rudistas cohesos, en estratos gruesos y un horizonte arenoso.  
 Macestone gris crema en estratos delgados, con estructura laminar ondulada constituida por bioclastos. Se aprecia estratificación cruzada.  
 Macestone a packstone de alijolidos, gris oscuro.

Packstone a grainstone gris claro. En la base horizontes de bioclastos.  
 Macestone gris oscuro con bioclastos flotando en una matriz micrítica.  
 Macestone a packstone gris crema a gris claro, horizontes bioclasticos.  
 Grainstone bioclastico gris crema y gris claro, fragmentos de rudistas.  
 Macestone a packstone de alijolidos gris a gris oscuro, estratos gruesos.

Packstone (grainstone con bancos de rudistas, siendo estos radiolíticos y caparinos, en estratos gruesos, horizonte bioclastico arenoso).  
 Packstone a grainstone, ocasionales rudistas, en estratos gruesos.

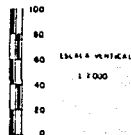
**SIMBOLOGIA**

**ESTRUCTURAS Y TEXTURAS**

- LAMINACIONES
- ESTRATIFICACION CRUZADA
- MUELDAS
- MUELDAS (FLUIDAS)
- MUELDAS DE PLENAS
- FRACASAS
- GASTROPodos
- HORIZONTE ARENOSO
- HORIZONTE ESTROMATOLITICO
- ESTROFOLITAS PLEG. (ESTROMATOLITAS)
- FRAGMENTOS DE MUELDAS

**TIPO DE ROCA**

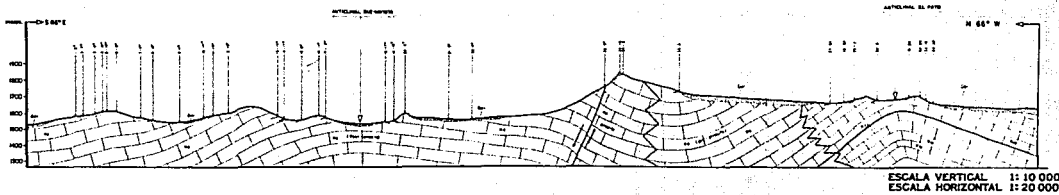
- CALIZA
- CALIZA ARCILLOSA
- LUTITA
- ARENILLA
- MARGA



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	Columna estratigráfica La Tapona
TESIS PROFESIONAL	
EDUARDO ESCALANTE BLAS	FIGURA No 3.2
DANIEL CASTILLO CASTILLO	

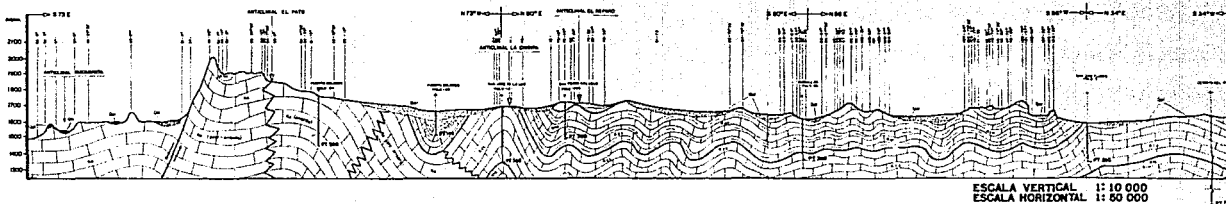


**SECCION ESTRUCTURAL A - A'**

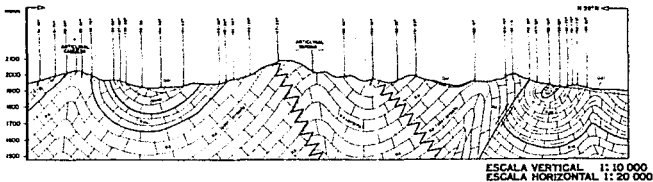


LEYENDA	
<b>CUENCA</b>	<b>PLATAFORMA</b>
ALIFON	ALIFON
FORMACION TAMAROPO MIEMBRO SUPERIOR	FORMACION SAN FELIPE
FORMACION TAMAROPO MIEMBRO INFERIOR	FORMACION ISLA NUEVA DE SAN FELIPE, ARROYO, ARROYO, PRO. (ARROYO)
	CUESTA DEL LOMA
	FORMACION TAMALIPAS SUPERIOR
	FORMACION LA PEÑA
	FORMACION TAMALIPAS INFERIOR
	FORMACION TAMASAS
	FORMACION LA CAJA
	FORMACION OLVIDO

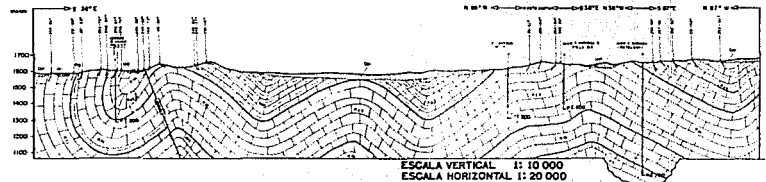
**SECCION ESTRUCTURAL B - B'**



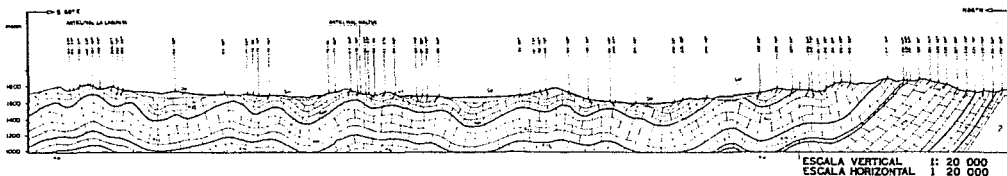
**SECCION ESTRUCTURAL C - C'**



**SECCION ESTRUCTURAL E - E'**



**SECCION ESTRUCTURAL D - D'**



FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

DETERMINACION DEL MARCO GEOMORFOLOGICO DE LA ZONA DE ARROYO-MATEHUALA, ESTADOS DE NUEVO LEON Y SAN LUIS POTOSI A PARTIR DEL ANALISIS GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL.

SECCIONES ESTRUCTURALES  
A - A', B - B', C - C', D - D', E - E'

Edgar Alejandro Escobedo Blas - Daniel Cashio Castillo

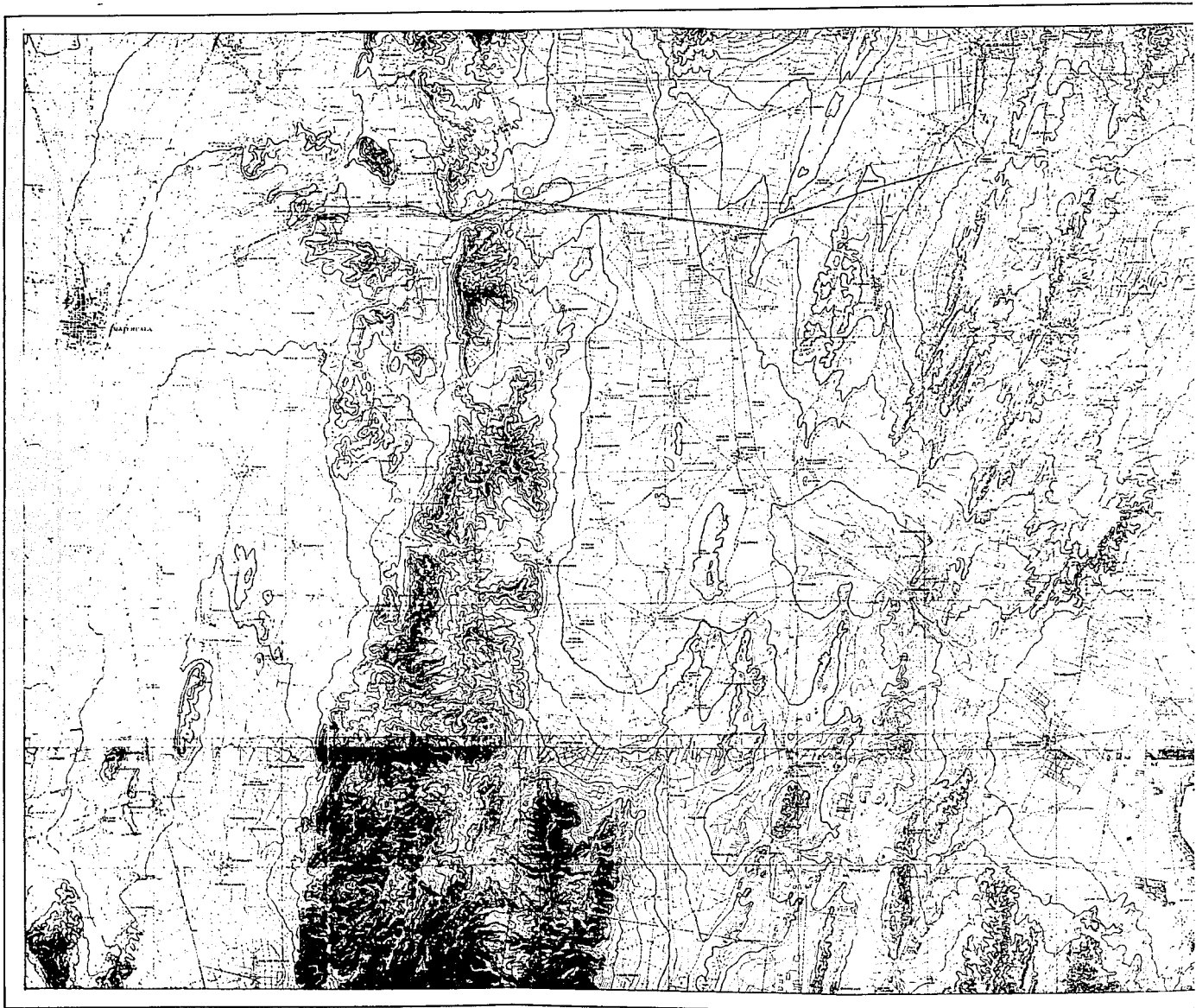
TESIS PROFESIONAL, 1988



- CARRETERA PAVIMENTADA
  - - - - - BIEDAS
  - ..... VEREDAS
  - +--- VIA SENCILLA (ESTACION) / FF CC
  - +--- ALPESITA
  - +--- LINEA ENERGIA ELECTRICA
  - +--- TELEGRANO
  - +--- DEPÓSITO DE AGUA
  - +--- ESTATAL NO VERIFICADO
- PUNTOS DE CONTROL
- △ VERTICE GEODESICO
  - △ APORO HORIZONTAL
  - BANCO DE NIVEL DE PRECISION
  - BANCO DE NIVEL TOPOGRAFICO
  - CURVA DE NIVEL
  - CENITARIO
  - ESCUELA
  - CASA ANEXADA
  - CENCAS, JARDINES, DIVISIONES, ETC

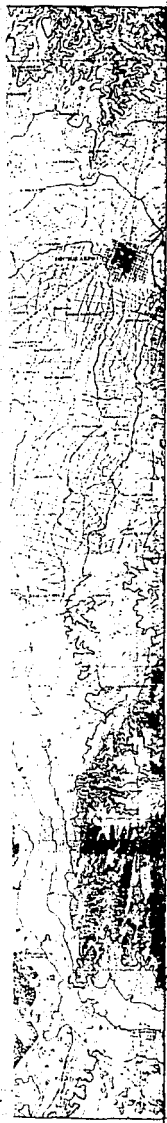


<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	DETERMINACION DEL MARCO GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA DE ARRITO - MATEHUALA, ESTADOS DE NUEVO LEÓN Y SAN LUIS POTOSÍ A PARTIR DEL ANÁLISIS GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL
Edgar Alejandro Escobar Blos    Daniel Castillo Castillo	
TESIS PROFESIONAL 1988	ESCALA 1 : 50 000

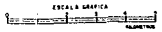


1000000000



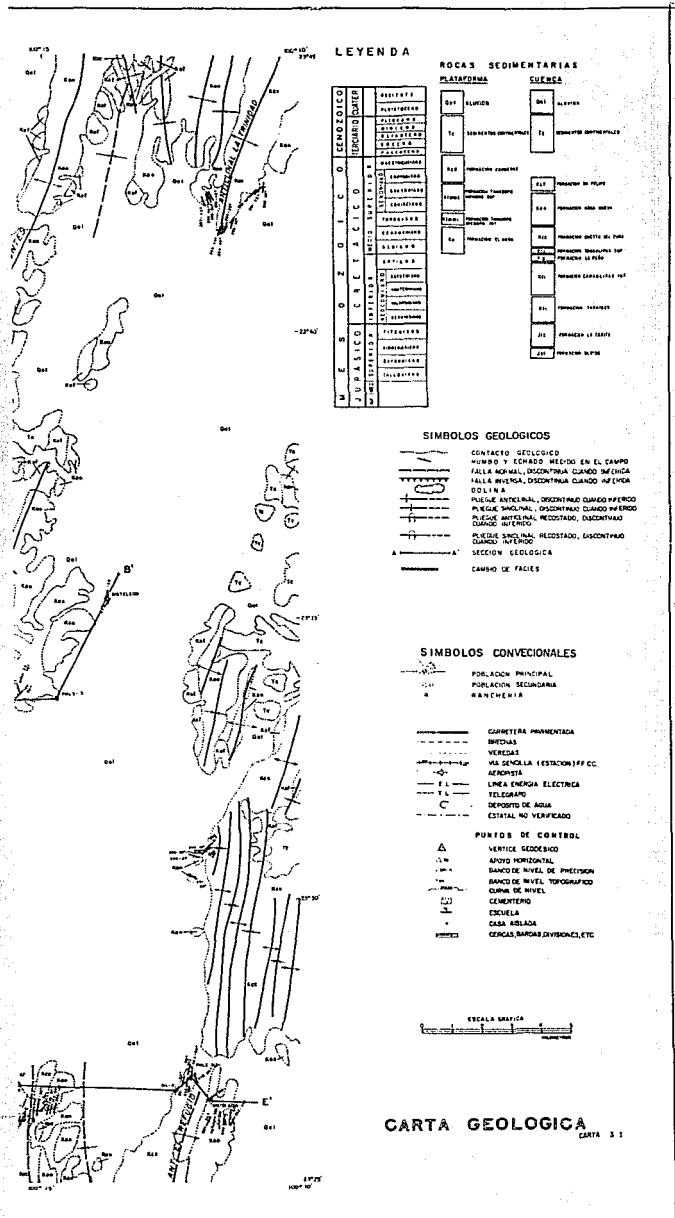


- CARRETERA PAVIMENTADA
  - MEDIDAS
  - VEHIDAS
  - VIA FERROVIARIA (ESTACIONES Y PUNTO)
  - AEROPUERTO
  - LINEA ENERGIJA ELECTRIKA
  - TELEGRAMO
  - DEPOSITO DE AGUA
  - ESTADAL NO VERIFICADO
- 
- △ VERTICE GEODESICO
  - △ ANILLO HORIZONTAL
  - △ BANCO DE NIVEL DE PRECISION
  - △ BANCO DE NIVEL TOPOGRAFICO
  - △ CURVA DE NIVEL
  - △ CEMENTERIO
  - △ ESCUELA
  - △ CASA ANCLADA
  - △ CERCAS, BARRIAS, DIVISIONES, ETC.



<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	DETERMINACION DEL MARCO GEOMORFOLOGICO DE LA ZONA DE ARMATO - MATENALLA, ESTADOS DE NUEVO LEON Y SAN LUIS POTOSI A PARTIR DEL ANALISIS OTOLOGICO - ESTRUCTURAL
Edgrr Alejandro Escobante Blas    Daniel Gonzalo Castro	
TESIS PROFESIONAL 1988	ESCALA 1:50 000





LEYENDA

M E S O Z O I C O		C E N O Z O I C O	
J U R A S I C O		C R E T A C I O	
D E T R I T I C O		D E T R I T I C O	
101	ARENAS Y ARCILLAS	101	ARENAS Y ARCILLAS
102	ARENAS Y ARCILLAS	102	ARENAS Y ARCILLAS
103	ARENAS Y ARCILLAS	103	ARENAS Y ARCILLAS
104	ARENAS Y ARCILLAS	104	ARENAS Y ARCILLAS
105	ARENAS Y ARCILLAS	105	ARENAS Y ARCILLAS
106	ARENAS Y ARCILLAS	106	ARENAS Y ARCILLAS
107	ARENAS Y ARCILLAS	107	ARENAS Y ARCILLAS
108	ARENAS Y ARCILLAS	108	ARENAS Y ARCILLAS
109	ARENAS Y ARCILLAS	109	ARENAS Y ARCILLAS
110	ARENAS Y ARCILLAS	110	ARENAS Y ARCILLAS
111	ARENAS Y ARCILLAS	111	ARENAS Y ARCILLAS
112	ARENAS Y ARCILLAS	112	ARENAS Y ARCILLAS
113	ARENAS Y ARCILLAS	113	ARENAS Y ARCILLAS
114	ARENAS Y ARCILLAS	114	ARENAS Y ARCILLAS
115	ARENAS Y ARCILLAS	115	ARENAS Y ARCILLAS
116	ARENAS Y ARCILLAS	116	ARENAS Y ARCILLAS
117	ARENAS Y ARCILLAS	117	ARENAS Y ARCILLAS
118	ARENAS Y ARCILLAS	118	ARENAS Y ARCILLAS
119	ARENAS Y ARCILLAS	119	ARENAS Y ARCILLAS
120	ARENAS Y ARCILLAS	120	ARENAS Y ARCILLAS
121	ARENAS Y ARCILLAS	121	ARENAS Y ARCILLAS
122	ARENAS Y ARCILLAS	122	ARENAS Y ARCILLAS
123	ARENAS Y ARCILLAS	123	ARENAS Y ARCILLAS
124	ARENAS Y ARCILLAS	124	ARENAS Y ARCILLAS
125	ARENAS Y ARCILLAS	125	ARENAS Y ARCILLAS
126	ARENAS Y ARCILLAS	126	ARENAS Y ARCILLAS
127	ARENAS Y ARCILLAS	127	ARENAS Y ARCILLAS
128	ARENAS Y ARCILLAS	128	ARENAS Y ARCILLAS
129	ARENAS Y ARCILLAS	129	ARENAS Y ARCILLAS
130	ARENAS Y ARCILLAS	130	ARENAS Y ARCILLAS
131	ARENAS Y ARCILLAS	131	ARENAS Y ARCILLAS
132	ARENAS Y ARCILLAS	132	ARENAS Y ARCILLAS
133	ARENAS Y ARCILLAS	133	ARENAS Y ARCILLAS
134	ARENAS Y ARCILLAS	134	ARENAS Y ARCILLAS
135	ARENAS Y ARCILLAS	135	ARENAS Y ARCILLAS
136	ARENAS Y ARCILLAS	136	ARENAS Y ARCILLAS
137	ARENAS Y ARCILLAS	137	ARENAS Y ARCILLAS
138	ARENAS Y ARCILLAS	138	ARENAS Y ARCILLAS
139	ARENAS Y ARCILLAS	139	ARENAS Y ARCILLAS
140	ARENAS Y ARCILLAS	140	ARENAS Y ARCILLAS
141	ARENAS Y ARCILLAS	141	ARENAS Y ARCILLAS
142	ARENAS Y ARCILLAS	142	ARENAS Y ARCILLAS
143	ARENAS Y ARCILLAS	143	ARENAS Y ARCILLAS
144	ARENAS Y ARCILLAS	144	ARENAS Y ARCILLAS
145	ARENAS Y ARCILLAS	145	ARENAS Y ARCILLAS
146	ARENAS Y ARCILLAS	146	ARENAS Y ARCILLAS
147	ARENAS Y ARCILLAS	147	ARENAS Y ARCILLAS
148	ARENAS Y ARCILLAS	148	ARENAS Y ARCILLAS
149	ARENAS Y ARCILLAS	149	ARENAS Y ARCILLAS
150	ARENAS Y ARCILLAS	150	ARENAS Y ARCILLAS

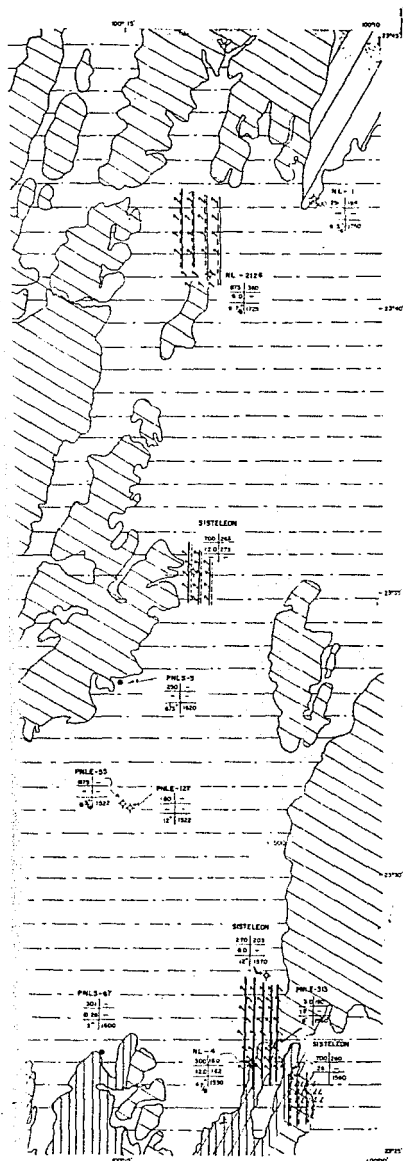
- SIMBOLOS GEOLOGICOS**
- CONTACTO GEOLOGICO
  - HUMBO Y CERRADO HECHO EN EL CAMPO
  - FALLA NORMAL, DIENTRINA CUANDO INFERIOR
  - FALLA INVERSA, DIENTRINA CUANDO SUPERIOR
  - PUELGUE ANTICLINAL, DIENTRINA CUANDO INFERIOR
  - PUELGUE SINCLINAL, DIENTRINA CUANDO SUPERIOR
  - PUELGUE ANTICLINAL, RECENTRADO, DIENTRINA CUANDO INFERIOR
  - PUELGUE SINCLINAL, RECENTRADO, DIENTRINA CUANDO SUPERIOR
  - SECCION GEOLOGICA
  - CAMPO DE FACIES

- SIMBOLOS CONVECIONALES**
- POBLACION PRINCIPAL
  - POBLACION SECUNDARIA
  - RANCHARIA
  - CAMINERA PAVIMENTADA
  - BRIDAS
  - VEREDAS
  - VIA SENCILLA (ESTACION) FFF CC
  - AREOSITA
  - LINEA ENERGIA ELECTRICA
  - TELEGRAMO
  - DEPOSITO DE AGUA
  - ESTATAL NO VERIFICADO
  - PUNTO DE CONTROL
  - VERTICE GEODESICO
  - APOYO HORIZONTAL
  - BANCO DE NIVEL DE PRECISION
  - BANCO DE NIVEL TOPOGRAFICO
  - OPERA DE NIVEL
  - CEMENTERO
  - ESCUELA
  - CASA ABOLADA
  - CERCAS BARRAS DIVISIONALES, ETC.

ESCALA GRAFICA

CARTA GEOLOGICA (CARTA 3.1)





## LEYENDA

### UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

- Material granular de permeabilidad media a alta
- Material granular de permeabilidad baja con lentes de permeabilidad media, permeabilidad alta y/o de permeabilidad muy alta
- Zona microporosamente saturada, predominantemente impermeable, con intermitente o alta permeabilidad y absorción del agua
- Masas form. potosificas
- Materiales naturales de tipo permeable, saturados y compactados estructuralmente, con conductividades irregulares

### CAUDALES EN CALIZAS

- 0.1 - 1.0 l/s
- 1 - 20
- 20 l/s

### CAUDALES DE RELLENO

- 0.1 - 50 l/s
- 5 - 14 l/s
- 25 - 50 l/s
- Caudal en nivel superior de 100 m
- Caudal en nivel inferior de 100 m
- 50-100
- 100

### PROFUNDIDAD DEL NIVEL DEL AGUA EN CALIZAS

- DE 30 - 40 m
- DE 150 - 200 m
- DE 200 - 300
- DE 300 - 400

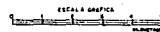
### PROFUNDIDAD DEL NIVEL DEL AGUA EN EL MATERIAL DE RELLENO

- DE 10 - 50 m
- DE 50 - 100 m
- DE 100 - 150 m

### SCM Profundidad de saturación (200 m zona)

### SIMBOLOS CONVENCIONALES

- ISOLACION PRIMARIA
- POBLACION SECUNDARIA
- MANCIPIA
- CARRETERA PR. MANTADA
- RIEGOS
- VEREDAS
- VIA SEMIOLLA (ESTACION) P.F. CC
- AEROPUERTO
- LINEA ENERGIA ELECTRICA
- TELEGRABO
- DEPÓSITO DE AGUA
- ESTACION AD. VEHICULO
- PUNTOS DE CONTROL
- VERTICE GEODESICO
- APORO HORIZONTAL
- BANCO DE NIVEL DE PRESSION
- BANCO DE NIVEL TOPOGRAFICO
- CURVA DE NIVEL
- CEMENTERIO
- ESCUELA
- CASA AISLADA
- CERCAS, BARRICAS, VISORIOS, ETC.



## CARTA HIDROGEOLOGICA

CARTA No. 6.1