

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“ ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL AREA
DE LAMADRID, COAHUILA ”**

FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

ROBERTO AGUILAR MENDEZ



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.

INDICE DE FIGURAS

- I.1 PLANO DE LOCALIZACION
- II.1 PLANO DE PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
- III.1 CUADRO DE PRECIPITACION EN mm. PERIODO 1965-1983
- III.2 CUADRO DE TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS Y EVAPORACION EN mm. PERIODO 1965-1983.
- III.3 PLANO DE ISOYETAS EN mm.
- III.4 PLANO DE ISOTERMAS EN GRADOS CENTIGRADOS
- III.5 PLANO DE EVAPORACION EN mm.
- IV.1 TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA
- IV.2 FIGURA QUE MUESTRA LA DISTRIBUCION LITOFACIAL DE LA SERIE COAHUILA.
- IV.3 PLANO DEL MODELO DE LOS MECANISMOS DE DEFORMACION DEL NORESTE DE MEXICO.
- IV.4 PLANO GEOLOGICO DEL AREA DE ESTUDIO.
- IV.5 PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL TRIASICO TARDIO Y JURASICO MEDIO.
- IV.6 PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL KIMMERIDGIANO TARDIO-TITHONIANO.
- IV.7 PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL BERRIASIANO-VALANGINIANO.
- IV.8 PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL NEOCOMIANO TARDIO
- IV.9 PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL ALBIANO-CENOMANIANO.
- IV.10 PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL TERCARIO.
- V.1 PLANO A DETALLE GEOLOGICO DEL CARON DEL MARQUES DE AGUAYO.
- VI.1 CUADRO DE LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DEL AREA DE LAMADRID COAH.
- VI.2 GRAFICA QUE MUESTRA LA CLASIFICACION GEOQUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA POR MEDIO DEL DIAGRAMA DE PIPER.
- VI.3 DIAGRAMA DE BARRAS DE LA COMPARACION DE CATIONES.

- IV.4 DIAGRAMA DE BARRAS DE LA COMPARACION DE ANIONES
- IV.5 CRITERIO HIDROGEOQUIMICO PARA DELINEAR SISTEMAS HIDROGEOLOGICOS EN CALIZAS.
- IV.6 RELACION ENTRE EL COCIENTE SO_4/Cl Y LA CONCENTRACION DE SULFATOS.

I N D I C E

RESUMEN

I	INTRODUCCION.....	1
	1.1 Trabajos previos.....	1
	1.2 Objetivos.....	1
	1.3 Localizacion.....	1
	1.4 Vias de Comunicaci3n.....	2
	1.5 M3todo de Trabajo.....	2
	1.6 Aspectos Economicos.....	5
	1.7 Vegetacion.....	5
II	FISIOGRAFIA.....	7
	II.1 Provincias Fisiogr3ficas.....	7
	II.2 Geomorfologia.....	7
	II.3 Hidrografia.....	10
III.	HIDROLOGIA SUPERFICIAL.....	11
	III.1 Climatologia.....	11
	III.2 Precipitacion Pluvial.....	11
	III.3 Temperatura.....	15
	III.4 Evaporaci3n Potencial y Evotranspiraci3n.....	15
IV.	GEOLOGIA.....	20
	IV.1 Estratigrafia.....	20
	IV.2 Geologia Estructural.....	50
	IV.3 Geologia Historica.....	55

V.	HIDROGEOLOGIA.....	66
	V.1 Unidades Hidrogeológicas.....	66
	V.2 Características de los manantiales.....	69
VI.	HIDROGEOQUIMICA.....	72
	VI.1 Introducción.....	72
	VI.2 Analisis Químico.....	72
	VI.3 Sólidos Totales Disueltos.....	73
	VI.4 Familias de Aguas.....	75
	VI.5 Interpretación de los Resultados.....	79
VII.	HIDROLOGIA SUBTERRANEA.....	84
	VII.1 Modelo Conceptual.....	84
VIII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
	VII.1 Conclusiones.....	86
	VII.2 Recomendaciones.....	88

PUBLICACIONES

ANEXOS

RESUMEN

El área de estudio se localiza en la parte central del estado de Coahuila, la cual cubre una extensión aproximada de 1000 Km², correspondiendo a la carta topográfica Lamadrid. Fisiográficamente queda comprendida dentro de la provincia de sierras y cuencas, que se caracteriza por una sistema de sierras alargadas y de tipo dómico cuya orientación preferencial es NW-SE.

El análisis climatológico fue realizado a partir de datos registrados en las estaciones, Cuatro Ciénegas, Monclova y Ejido San Blas, para un período comprendido entre 1965 a 1983.

Estratigráficamente en la región afloran rocas cuya edad varía desde el Jurásico Superior al reciente, siendo estas rocas calcáreas o arcillosas, así como depósitos granulares. La historia geológica del área se remonta desde el Jurásico Superior, la cual inicia a partir de la transgresión generalizada que ocurrió en el NE de México y cuyos ambientes de depósitos fueron controlados por los elementos paleogeográficos, dichos sedimentos posteriormente fueron deformados por los esfuerzos producidos por la Orogenia Laramide, ocurrida en la parte inferior del Cenozoico, esto dio como resultado una serie de estructuras anticlinales y sinclinales características del área.

Durante el Terciario, Cuaternario, las partes topográficas positivas, sufrieron erosión y fueron transportadas y depositadas en las parte bajas, como ocurrió con el conglomerado Sabinas, así como los depósitos aluviales en el Cuaternario.

De acuerdo a sus características hidrogeológicas las formaciones depositadas en el área, se dividieron en unidades impermeables cuyo carácter confinante es debido a su naturaleza arcillosa, la que no permite el flujo del agua a través de ellas, las formaciones con estas propiedades son: La Casita, La Mula, La Virgen, La Peña, Kiamichi y del Río. Como unidades semipermeables tenemos a las Formaciones Menchaca, San Marcos, Padilla, Georgetown Buda, Eagle Ford y Austin, algunas de estas han desarrollado cierta permeabilidad, pero debido a la poca área de recarga y espesor que presenta, únicamente pueden formar acuíferos de tipo local y de poca potencialidad.

El acuífero emplazado en calizas de las formaciones Aurora y Cupido son los más importantes para la región ya que las condiciones hidrogeológicas que presentan son buenas, tales como porosidad y permeabilidad primaria, así como secundaria producto de la disolución de la caliza, o por fracturamiento, además una extensa área de recarga y un espesor considerable. Tomando en cuenta que sus propiedades hidrogeológicas son muy semejantes, ambas formaciones se agruparon como un solo sistema acuífero aunque estratigráficamente se encuentra separada por la formación la Peña de naturaleza arcillosa. Otro acuífero de menor importancia es el localizado en los depósitos aluviales. Las muestras de agua analizadas de estos acuíferos presentan una composición calcico-bicarbonatada y calcico-sulfatada, con un promedio de sólidos totales disueltos del orden de los 695 ppm. Para determinar el origen de la recarga de acuíferos en calizas, se empleo el método propuesto por Maxey y Mifflin (1966), en la

que clasifica a los sistemas hidrogeológicos en regionales, locales y muy locales, observamos que los manantiales que afloran a lo largo de cañon del Marques de Aguayo, presentan una tendencia a la recarga regional, estos acuíferos con estas condiciones son susceptibles a ser explotados a largo plazo, ya que se asocia a una trayectoria de flujo larga y aún almacenamiento cuya capacidad es grande.

I. INTRODUCCION

I.1 Trabajos Previos

Instituciones como PEMEX, SARH, INEGI (DETENAL) y la UNAM., principalmente han realizado estudios en la zona Noreste, con diferentes enfoques, petroleros, estructural, tectónico y geohidrológico.

Estudios geohidrológicos en o cerca a nuestra area de estudios tenemos: Estudio Geohidrológico Preliminar de la Zona Cuatro Ciénegas-Ocampo (1980). Estudio Geohidrológico Preliminar de Castaños (1980), llevada a cabo por compañías privadas mediante contrato con la SARH. Otro estudio de interés y que comprende parte de la zona de Lamadrid es el de Geoquímica de los Acuíferos del Noreste (SARH, 1978).

I.2 Objetivos

Para realizar el estudio geohidrológico del área de Lamadrid, Coahuila se propusieron los siguientes objetivos:

- a).- Determinar el funcionamiento hidrogeológico del área.
- b).- Conocer la geoquímica del agua subterránea.
- c).- Determinación del posible funcionamiento de los manantiales.

I.3 Localización

El área de estudio se encuentra situada entre las coordenadas geográficas de 101° 40' a 102° 00' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y 27° 00' a 27° 15' de latitud Norte, se localiza dentro de la parte central del estado de Coahuila, y cubre una región aproximada 1000 Km², área que corresponde a la carta

Lamadrid (G14-A51), escala 1:50,000 editada por DETENAL. Politicamente se ubica en el Municipio de Lamadrid y una porción de los Municipios de Moladones y Sacramento. Figura 1.1.

1.4 Vías de Comunicación

1.4.1 Carreteras.

Existen dos posibilidades de comunicación hacia el área de estudio, por la Carretera Federal No. 57, México-Piedras Negras, pasando por la ciudad de Monclova, se toma el entronque de la Carretera Estatal No. 30, con dirección a Cuatro Ciénegas, aproximadamente a 50 km se toma nuevamente otro ramal la que nos lleva al poblado de Lamadrid Coah. Otra opción es a través de la Carretera Estatal No. 30, que comunica a Torreón, Cuatro Ciénegas y Monclova, a la altura de 30 Km de Cuatro Ciénegas se toma el desvío antes mencionado.

1.4.2 Ferrocarril.

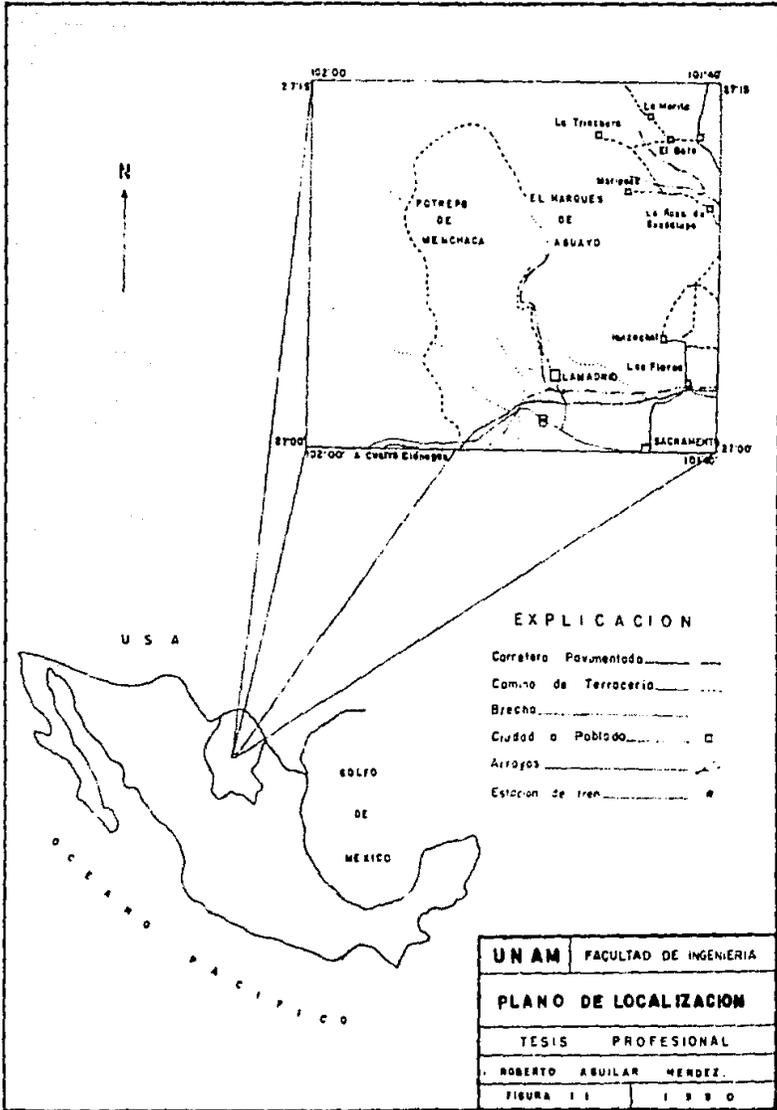
La ruta por tren a la zona de estudio es por medio de la vía México-Salttillo-Piedras Negras, pasando por la Ciudad de Frontera y tomando la ruta hacia la estación Lamadrid. Figura 1.1.

1.4.3 Aérea.

El aeropuerto más cercano al área de estudio se localiza en la ciudad de Monclova y el servicio es a través de pequeñas avionetas.

1.5 Método de Trabajo

Prácticamente se dividió en dos etapas, la realizada en gabinete y la de campo.



1.5.1 Trabajo de Gabinete.

Se recopiló toda la información perteneciente a la zona de estudio y de las zonas aledañas, geológica, topográfica, y geohidrológica disponible, se contó con el apoyo de fotografías aéreas escala 1:75,000 en las que se interpretaron todos los rasgos geológicos posibles, estos datos se vaciaron a la cartografía topográfica de Lamadrid, escala 1:50,000 que se usó como base, para su posterior verificación en el campo, además en ellas se planearon los levantamientos de las secciones geológicas, así como otras actividades de campo complementarias para el estudio.

Se concentraron todos los datos obtenidos en campo y laboratorio y se procedió a realizar su interpretación para elaborar el informe final.

1.5.2 Trabajo de Campo.

Después de revisar la información existente y realizada la interpretación de las fotografías aéreas, se procedió a programar los recorridos de campo, se tomó como base de operaciones el poblado de Lamadrid, Coahuila. Los recorridos se realizaron bajo dos aspectos, el geológico y el geohidrológico, en el primer caso se llevó a cabo la cartografía geológica enfocada al aspecto geohidrológico. En el otro se realizó el censo de aprovechamientos, toma de muestra de agua para análisis físico-químico y finalmente recorridos geohidrológicos para determinar el modelo conceptual del funcionamiento de los acuíferos.

1.6 Aspectos Económicos

Las poblaciones de mayor importancia dentro del área de estudio son: Sacramento y Ciudad. Existen también un número de rancherías pequeñas distribuidas en el zona. Las poblaciones mencionadas cuentan con escuelas como: Jardín de Niños, Primarias y Secundarias. Cuenta también con los servicios públicos como: energía eléctrica, agua potable, teléfono y correo, la densidad de población para cada poblado es del orden de 3000 habitantes.

Las actividades económicas de la zona en orden de importancia son: la agricultura enfocada al cultivo de forrajes, verduras y árboles frutales; otra actividad que se realiza es la ganadería en pequeña escala, la que tiene mayor interés es la caprina y en menor número el bovino, ovino y porcino.

1.7 Vegetación

De acuerdo a las características climáticas de la región la vegetación es propia de zonas desérticas, se distribuye de acuerdo a la topografía del área, para las partes altas se tiene vegetación del tipo del Piñón (*Pinus mono Phycus*); Maguey (*Agave Scobra*); Finos (*Pinus coulteri*); Cedros (*Juniperus Californica*) y Encinos (*Quercus chrysolepis*); en áreas en donde la topografía es más suave, la vegetación es del tipo de la Gobernadora (*Larrea Tridentata*); Cenizo (*Chenopodium*); Sotol (*Dasylirion Durangense*); Nopal (*Opuntia Microdiasys*); Lechuguilla (*Agave Lechuguilla*); Peyote (*Topholhosa Williamsi*) y Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*).

El Nogal Mexicano (*Juglans Regia*); Fresco (*Fraxinus*); Mezquite (*Prosopis Juliflora*); Huicacha (*Acacia Farnesiana*); Ocotillo (*Fouquieria Splendes*); Hidra (*Rhus Eximia*); Uña de Gato (*Olmeya Tesota*), vegetación característicos de los arroyos.

II. FISIOGRAFIA

II.1 Provincias Fisiográfica

El Área de estudio se ubica dentro de la provincia denominada Sierras y Cuencas (E. Raisz, 1954. Modificada por la F.I. UNAM. en el proyecto M. Ocampo-Cuencas, 1977), se encuentra limitada al Norte por el Rio Bravo, al Este por la Provincia de Sierras Tamaulipas y al Sur por la Meseta de Coahuila, así como la Cuenca de Ferras y el Sector Transverso de la Sierra Madre Oriental y al Occidente por la provincia de Mesetas y Cuencas, Figura II.1.

Esta provincia se caracteriza generalmente por sierras alargadas y de tipo dómico de orientación preferencial NW-SE las sierras y valles constituyen anticlinales y sinclinales que se reflejan en formaciones de edad Jurásica Superior y Cretácica.

II.2 Geomorfología

La geomorfología del área está definida por rasgos morfológicos producto de los movimientos orogénicos, fenómenos de diagirismo y procesos exógenos generando un relieve de tipo montañoso y suave de valles sinclinales y sierras anticlinales alargadas dómicas, cuya orientación preferencial es NW-SE, como son la sierra de Manchaca, El Carmen y Cristo, algunas presentan bifurcaciones estructurales, otra estructura que forma, es que su núcleo se encuentra erosionado formando valles interiores denominados "Potreros" (Potrero de Manchaca) en la que afloran formaciones de edad Jurásica Superior y Cretácica. A continuación se describen otras formas de relieves:

Sierras

Como se mencionó anteriormente la región está definida por estructuras anticlinales y sinclinales de forma alargada y dirección preferencial NW-SE.

La sierra de Manchaca, situada al NW de Lamadrid, alcanza alturas de 1500 m. sobre el nivel del valle y de 2100 m.s.n.m., la sierra del Carmen y la de Cristo presentan alturas de 1900 y 1500 m.s.n.m. respectivamente, existen otras unidades morfológicas con elevaciones de 1000 m.s.n.m., como son las sierras de Nadadores y Sacramento y que pertenece a la parte norte de esta.

Cuestas

Se desarrollan, generalmente bordeando las sierras, estas se han formado en materiales de tipo arcilloso, presenta formas redondeadas y poca pendiente, en algunas áreas alcanza alturas de 200 m. sobre el nivel del valle.

Valles

Están dispuestos paralelamente a las sierras anticlinales cuya orientación es NW-SE, topográficamente presenta formas suaves y alturas promedio de los 600 m.s.n.m.

Cañones

Las sierras mencionadas se caracterizan por estar ampliamente disectadas por corrientes fluviales, formando un sistema paralelo-dendrítico, lo que a originado el desarrollo de cañones, cuyos escarpes alcanza alturas de 400 m los más importantes son: El Marqués de Aguayo, La Tórtola y La Escondida.

II.3 Hidrografía

Con base en la distribución determinada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la zona de estudio se localiza en la región hidrológica No. 24, Bravo-Conchos dentro de la Cuenca (D. P.) Falcon R. Salado y la Subcuenca (g. R.) Salado de Nadadores, cuyas aguas drenan hacia el río del mismo nombre.

El Río Salado de Nadadores se forma en las laderas orientales de la sierra de San Marcos, escurre en dirección Noreste atravesando las sierras de Sacramento, Puricima, Nadadores, Cristo, Hermanas y Fajeros Azules, para entrar a la llanura costera del Golfo de México a donde desemboca. Durante su trayecto se le unen otros afluentes como son: el Río Sabinas, Monclova, Arroyo Seco y el Marques de Aguayo.

III. HIDROLOGIA SUPERFICIAL

III.1 Climatología

Para la evaluación climatológica del área de estudio se analizaron los datos disponibles de las estaciones climatológicas de Cuatro Ciénegas, Monclova y el Ejido San Blas, ubicadas en la periferia del área de estudio, se obtuvieron valores de precipitación, temperatura y evaporación, representativas para nuestro objetivo, para el periodo que comprende de 1965 a 1983, ver figura III.1, 2, las que contienen valores medios obtenidos del procedimiento.

III.2 Precipitación

Para formar el plano de Isoyetas del área de estudio se utilizaron los valores medios anuales de las estaciones mencionadas, se analizó el periodo de 1965-1983, Figura III.3.

Para calcular el volumen anual llovido dentro del área de estudio se utilizaron los valores de este periodo, aplicando el método de Isoyetas, el cual consiste en calcular el área de influencia de cada isoyeta, para multiplicarlo por el valor de ésta, el cual nos dará el valor total del volumen llovido, que es de $44,466.2 \times 10 \text{ exp. } 6 \text{ m}^3$.

Para calcular la lámina se divide el valor del volumen total llovido entre el área de estudio.

$$\text{Lámina media anual} = \frac{44,466.2 \times 10 \text{ exp } 6 \text{ m}^3}{911.78 \times 10 \text{ exp } 6 \text{ m}^2} = 0.488 \text{ m} = 488 \text{ m}$$

En el plano de isoyetas se observa que los valores de isoyetas se incrementan hacia el Norte en un rango que va de 300 mm a 600 mm.

PRECIPITACION EN mm, PERIODO 1965-1983

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
CAIRO CIENEGAS	7.2	9.7	5.94	12.0	20.7	34.8	23.1	34.8	41.7	20.4	9.11	13.7	237.1
KOOLMA	9.2	12.6	9.5	31.9	35.4	51.4	52.5	49.0	67.6	30.6	19.9	15.0	405.7
E. SAN BLAS	8.9	39.9	17.7	36.7	50.3	69.7	71.6	53.9	239.0**	85.9	19.2	13.9	745.9

PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm, PERIODO 1965-1983

ESTACION	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
CAIRO																			
CIENEGAS	179.0	207.4	182.4	254.1	1090.0	287.0	354.0	285.3	179.1	143.0	181.1	227.4	242.8	249.0	226.0	269.0	312.0	299.0	305.5
KOOLMA	328.1	406.3	497.3	490.1	239.1	257.5	671.6	377.0	433.6	225.7	289.0	737.2	199.3	568.1	279.6	322.2	532.0	356.1	487.0
E.S. BLAS	792.1	750.1	1135.8	1089.7	711.7	531.0	751.6	333.0	779.0	742.5	761.4	528.3	527.3	641.3	621.3	901.2	1113.2	942.9	771.4

MEDIA MAXIMA MENSUAL **
 MEDIA MINIMA MENSUAL +
 MEDIA MAXIMA ANUAL ..
 MEDIA MINIMA ANUAL .

FIGURA III.1

TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS PERIODO 1965-1983

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
CUATRO CIENEGAS	12.7	13.5	16.8	22.5	26.4	28.3	28.5	28.0	25.9	22.0	18.7	13.3	21.4
MONCLOVA	12.6	14.6	19.7	24.0	28.8	28.6	29.0**	28.3	25.9	21.7	17.2	14.0	21.9
E. SAN BLAS	9.2	11.2	15.2	22.9	24.7	26.9	27.3	26.7	24.9	19.7	15.2	7.8*	19.5

EVAPORACION EN mm PERIODO 1965-1983

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
CUATRO CIENEGAS	85.2	102.3	173.2	221.7	237.6	242.9	284.0	238.0	172.7	143.9	106.8	95.8	2114.2
MONCLOVA	111.7	132.1	110.3	241.4	254.3	285.5	286.3**	254.8	192.9	159.3	112.0	166.0	2353.6
E. SAN BLAS	93.5	99.7	129.3	131.4	171.2	155.9	157.8	163.2	113.4	109.9	81.2	80.9*	1492.4

MEDIA MAXIMA MENSUAL **
 MEDIA MINIMA MENSUAL *
 MEDIA MAXIMA ANUAL ..
 MEDIA MINIMA ANUAL .

FIGURA 111.2

III.3 Temperatura

Las temperaturas medias y anuales de las estaciones se describen en la Figura III.2 para el periodo analizado, con base en esto se configuraron las isotermas media anuales, Figura III.4. Se interpreta que para la región Sur presenta temperaturas más altas del orden de 21 grados centigrados y hacia el Norte temperaturas de 20 grados centigrados promedio.

Si tomamos en cuenta que se trata de una región con clima extremo, vemos que existe una variación en temperatura, registrando temperaturas altas en verano del orden de 44 grados centigrados en todas las estaciones y temperaturas mínimas de 5 grados centigrados en un periodo comprendido entre los meses de diciembre a febrero.

El valor promedio de la temperatura anual es de 20.9 grados centigrados y de acuerdo a la clasificación de climas de Köppen, modificado por E. García, el área de estudio se ubica entre los grupos BWhw (e) y Bshw (x') (e'), correspondiente a un clima seco, semicalido.

III.4. Evaporación Potencial y Evotranspiración

En la figura III.5 se presentan los valores medios anuales, obteniendo un valor medio anual de evaporación de 1986.7 mm. en la figura III.5 se presentan las curvas de menor evaporación, en la parte Norte con valor de 1.800 mm., en esta región la precipitación es alta y al sur se tiene temperaturas mayores y precipitación baja, los valores de las curvas de evaporación son mayores de 2,100 mm.

Para obtener un valor más real del volumen evotranspirado se utilizó la fórmula empírica de Lucieu Turc.

$$E_r = \frac{P}{10.9 + (P / L) 2}$$

donde:

E_r = Evotranspiración real anual en milímetros

P = Altura de precipitación anual en milímetros

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

T = Temperatura media anual en grados centígrados

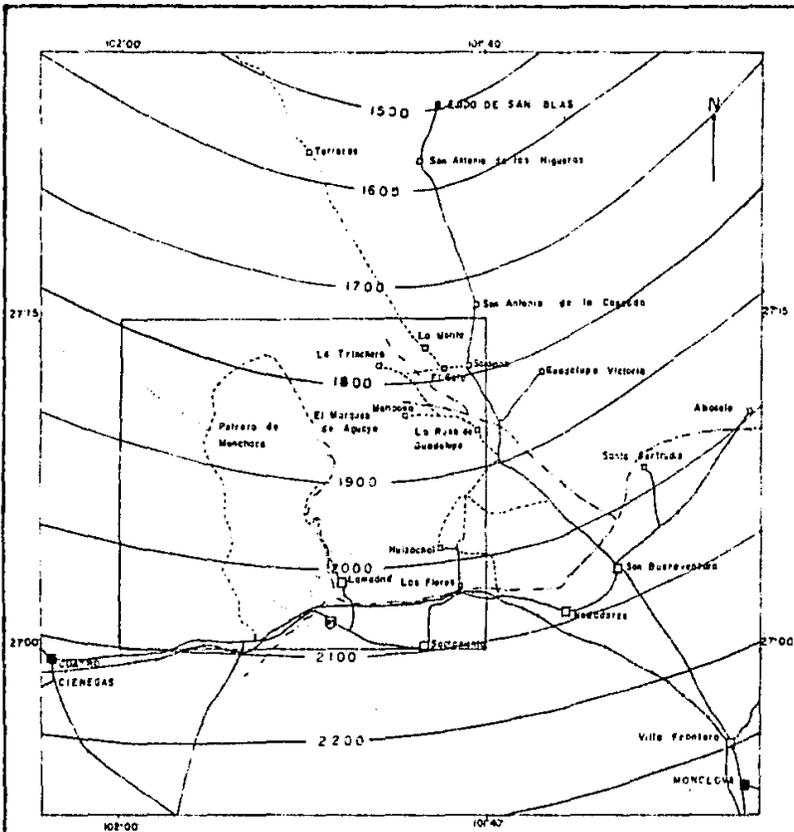
El resultado de esta operación nos proporciona el valor de la evotranspiración que es de 477.2 mm., que se considera más real, como se indica a continuación:

Volumen medio anual precipitado	488 mm
Volumen medio anual evaporado	1968.7 mm
Volumen medio anual evotranspirado	477.2 mm

Observamos que existe un déficit entre el volumen medio anual precipitado y el volumen anual evotranspirado de 10.75 mm., que se puede considerar un valor más real de este proceso.

III.5 Escurrimiento Superficial

Debido a que no existe estaciones hidrométricas dentro del área de estudio, y que no se realizó el aforo de los afluentes que atraviesan la zona, no se logró evaluar el volumen total que escurre.



EXPLICACION

- CARRETERA PAVIMENTADA ————
- CAMINO DE TERRACERIA ————
- BRECHA ————
- CIUDAD O POBLADO ————
- ARROYOS ————
- ESTACION CLIMATOLÓGICA ————



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
P DE EVAPORACION EN mm	
TESIS PROFESIONAL	
ROBERTO AGUILAR MENDEZ	
FIGURA III 5	1 5 9 0

TABLA ESTRATIGRAFICA

ERA		LOCALIDAD		SAN MARCOS	FLANCO OCCIDENTAL ANTICLINAL LA VIRGEN	FLANCO OCCIDENTAL ANTICLINAL DE MENCHACA	FLANCO OCCIDENTAL ANTICLINAL EL CRISTO	
		PERO 50	GRUPO	EDAD	FORMACION	FORMACION	FORMACION	
MESOZOICO	CRETACICO	TERCIARIO		ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	
				CGO SABINAS	CGO SABINAS	CGO SABINAS	CGO SABINAS	
	CRETACICO	CRETACICO SUPERIOR	CRETACICO SUPERIOR	MAESTRICHTIANO				
				CAMPANIANO				
				SANTONIANO				AUSTIN
				CONIACIANO				
				TURONIANO	EAGLE FORD		EAGLE FORD	EAGLE FORD
				CENOMANIANO	GPO	URCA DEL RIO	URCA DEL RIO	URCA DEL RIO
					WASHITA	MCDONALD TOWN	MCDONALD TOWN	MCDONALD TOWN
				SUPERIOR		KIAMICHI	KIAMICHI	KIAMICHI
MEDIO				AURORA	AURORA	AURORA	AURORA	
INFERIOR								
GARGASIANO	LA PEÑA	LA PEÑA	LA PEÑA	LA PEÑA				
BEDGULIANO	CUPIDO	CUPIDO	CUPIDO	CUPIDO				
BAHREMIANO								
HAUTERIVIANO	SAN MARCOS	LA VIRGEN	LA VIRGEN	EQ FM LA VIRGEN				
		SAN MARCOS	SAN MARCOS					
	VALANGINIANO		SAN MARCOS					
	BERRIASIANO		MENCHACA					
JURASICO SUPERIOR	TITONIANO	GPO LA CASITA		GPO LA CASITA				
	KIMERIDIANO	CONGUMERADO						
	OXFORDIANO	LA GLORIA						

TESIS PROFESIONAL ROBERTO AGUILAR MENDEZ, 1980



NO AFLORA



AUSENTE POR EROSION
O NO DEPOSITO

FIG. IV. 1

IV. GEOLOGIA

IV.1 Estratigrafía

Estratigráficamente en el Golfo de Sabinas las rocas sedimentarias depositadas, son de edad Jurásica Superior al Cretácico.

El depósito de estas unidades principalmente corresponden a facies terrígenas, calcáreas, calcáreo-arcillosas y arenopelíticas (tipo flysh), controladas por los elementos positivos y negativos. En la Figura IV.1 se presenta la tabla de correlación de las unidades geológicas.

A continuación se describe la secuencia depositada en el área de estudio:

IV.1.1 Sistema Jurásico Superior

IV.1.2 Grupo La Casita

Definición

Euchhardt, (1906) y Eose, (1923), son los que inicialmente estudiaron a los sedimentos de esta formación, posteriormente Imlay, (1936), define como Formación La Casita a la secuencia constituida por lutitas, areniscas y calizas intercaladas, depositadas en un medio somero y de alta energía (Kimmeridgiano-Tithoniano). Cuya localidad tipo fue ubicada en el Cañon de La Casita de la Sierra de Parras, aproximadamente a unos 45 Km., al SW de Saltillo, Coahuila.

En 1938 Imlay, define, una serie de sedimentos de ambientes profundos, llamándole Formación La Caja, equivalente a la Formación La Casita. Humphrey y Diaz (1956), propusieron elevar

de Formación a Grupo La Casita, debido a la variación litológica que se observa en el Golfo de Sabinas, y en el Sector Transverso de la Sierra Madre Oriental.

Distribución

Dentro del área de estudio esta expuesta en el Potrero de Menchaca, aflora parcialmente como pequeños montículos, debido a que se encuentra cubierto por aluvión o por vegetación, en el Golfo de Sabinas se encuentra distribuida ampliamente.

Litología y Espesor

Se encuentra constituida litológicamente por areniscas calcáreas de grano fino a medio que varían de color, de gris a pardo a verdoso, intercalado con lutitas de color gris oscuro al fresco y gris amarillento al intemperismo y calizas arcillosas de color gris oscuro, intemperiza a gris claro, con abundantes fósiles, de estratificación media a delgada. Se observan amonitas y concreciones calcáreas. El espesor medio en el Potrero de Menchaca es de 122 m.

Relaciones Estratigráficas

En el Área de estudio el contacto inferior es concordante a la Formación Zuloaga y subyace en forma concordante y transicional a las calizas y lutitas de la Formación Menchaca (Potrero de Menchaca), en la sierra de San Marcos subyace de igual manera a la Formación San Marcos.

Edad y Correlación

Por su gran contenido faunístico, y a la presencia de ammonitas del género Duranqites S.P., Salinites (Hildoglochiceras), grasseiocostatum y Subaeonoceras S.P., corrobora que ciertas especies de Duranqites, pueden ser de edad Tithoniano Superior (Cantu, 1968), como posteriormente Imlay (1980) lo ilustra.

De acuerdo al contenido faunístico mencionado, se le ha determinado una edad comprendida entre el Kimmeridgiano al Tithoniano. Se correlaciona con el depósito de cuenca de la Formación La Caja, así como los sedimentos arcillo-calcareos de la Formación Pimienta, así como también para el área de Tampico-Misantla con la Formación Tapan y Pimienta.

Ambiente de Depósito

Por sus características litológicas y contenido faunístico que se observa en esta secuencia terrígena, se considera se depósito en un medio nerítico.

IV.1.3 Sistema Cretácico Inferior

Para el período Neocomiano Aptiano Inferior, se depositaron una serie de sedimentos de facies de plataforma y cuenca, originado por el control de la paleogeografía y del carácter transgresivo de los mares, las formaciones depositadas son: Menchaca, San Marcos, Padilla, La Mula, La Virgen, Cupido, Peña. (Figura IV.2).

A continuación de acuerdo al orden estratigráfico de depósito se describen éstas:

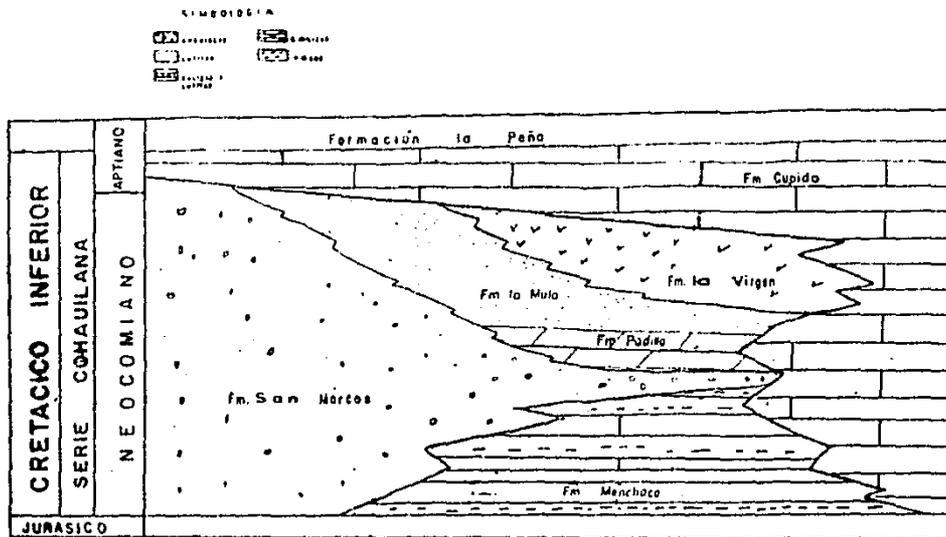


Fig. 1/2 Representación esquemática de la distribución litofacial de la serie Coahuilana, (Charleston, 1973)

Modificado por:

Aguilar M. R.

IV.1.4 Formación Menchaca

Definición

El término "Caliza Menchaca", fue propuesta por Lane (Imley, 1940), para la secuencia de calizas y horizontes arcillosos delgados con abundante microfauna, expuesta en el Potrero de Menchaca a 25 Km., al NE de Cuatro Ciénegas Coahuila, a donde se determinó la localidad tipo.

Se le define como formación, debido a que se observaron finos terrígenos y sedimentos arcillosos en su litología (Charleston, 1974 y Garza 1973), Zarate y Marquez (1976). La Formación Menchaca presenta una predominancia de calizas, sobre los sedimentos arcillosos y gran abundancia de fósiles del tipo Calpionella Alpina, Tintinnopsisella Carpatica y C. Elíptica, grupo que en la Formación Barril Viejo no se observa.

Para el área de estudio principalmente en el Potrero de Menchaca, se tiene cierta divergencia de carácter estratigráfico, entre la secuencia de calizas y lutitas de la Formación Menchaca y las calizas y lutitas de la Formación Barril Viejo, debido a su semejanza litológica y a los cambios de facies que existen hacia sedimentos clásticos de ambientes litorales (Formación San Marcos), de acuerdo a estas características y con base en que en el campo no se observó una diferencia en la secuencia litológica que permitiera establecer una separación entre ambas formaciones, se propone que se debe considerar solamente como Formación Menchaca.

Distribución

Aflora en pequeñas lomas en la falda SW de la sierra de San Marcos así como en el Potrero de Manchaca y Barril Viejo, y en general su distribución se restringe al área del Golfo de Sabinas.

Litología y Espesor

Litológicamente, consta de calizas de color gris oscuro que intemperizan a gris claro, de textura fina, algo acrillosas, dispuesta en estratificación delgada a mediana, se encuentran intercaladas con lutitas y margas nodulares laminares, presenta abundantes moluscos y amonitas.

El espesor de esta secuencia determinada en el Potrero de Manchaca es de 501 m.

Relaciones Estratigráficas

Se encuentra sobreyaciendo a la Formación La Casita y subyace a la Formación San Marcos, en forma concordante y transicional, en el área de Potrero de Manchaca.

Edad y Correlación

Humphrey y Diaz (1956). le designan una edad del Neocomiano Inferior (Berriasiano-Valanginiano), de acuerdo a la fauna colectada de amonitas.

La secuencia de calizas y lutitas de la Formación Manchaca se correlaciona con la Formación Taraises de la Sierra Madre Oriental y la Formación Tamazuchale, S.L.P.

Ambiente de Depósito

De acuerdo a su litología que presenta esta formación se considera que fue depositada en una facie calcarea cercana a la costa en mares someros y de baja energía. (Marquez et. al., 1976).

IV.1.5 Formación San Marcos

Definición

El nombre Arcosa San Marcos fue propuesto por W. G. Kane y citado posteriormente por Inlay (1940). La localidad tipo se ubica en el Cañon de San Marcos, aproximadamente a 50 Km., al Suroeste de Cuatro Ciénegas, Coah.

Distribución

Estos depósitos se encuentran ampliamente expuestos sobre el escarpe de la Sierra de San Marcos, en el Potrero de San Marcos, en el Potrero de Agua Chiquita, Barril Viejo, así como en el Potrero de Menchaca.

Litología y Espesor

Se encuentra constituida por una secuencia clástica de areniscas y conglomerados, intercalado con delgados horizontes de lutitas arenosas. Los conglomerados presentan clastos de diferentes tamaños y de origen ígneo o metamórfico cementados por una matriz areno-pelítica. las areniscas presentan una coloración rojiza-amarillenta, de fragmentos medios a gruesos.

En el Potrero de Menchaca la secuencia observada consiste en una ortocuarcita de color blanco-amarillento de grano medio a grueso, interestratificada con delgados horizontes arcillosos.

Esta unidad presenta un espesor de 48 m, en el Potrero Manchaca.

Relaciones Estratigráficas

En el Cañón San Marcos el contacto inferior de esta secuencia clástica probablemente es concordante y transicional con el Grupo La Casita, mientras que el contacto superior es transicional con la Formación Cupido. Para el Potrero de Manchaca esta unidad está limitada en su parte superior por la Formación Padilla y hacia la parte inferior con la Formación Manchaca, siendo ambos contactos concordantes.

Edad y Correlación

Se le asigna una edad probable que varía desde el Berrisiano al Valangianiano Superior, de acuerdo a su posición estratigráfica.

Se correlaciona con las Formaciones la Virgen, La Mula, Padilla, Patula, Barril Viejo, Manchaca y en el Sector Transverso de la Sierra Madre Oriental con la Formación Taraises.

Ambiente de Depósitos

Se considera que estos sedimentos fueron depositados en la margen de la Isla de Coahuila bajo una rápida subsidencia, y cuyo aporte provenía principalmente de los elementos positivos, constituido principalmente por rocas ígneas ácidas y metamórficas.

IV.1.6 Formación Padilla

Definición

El término de "Caliza Padilla" fue utilizado por Kane y publicado por Imlay quien lo introduce a la nomenclatura estratigráfica del Golfo de Sabinas. La localidad tipo se encuentra en el Potrero de Padilla, en la Sierra de Chapulin, a 70 Km. al NE de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Charleston (1973), clasificó y diferenció a dos miembros de esta Formación, el Miembro Superior y el Miembro Inferior, posteriormente le cambio de nombre a la unidad por Formación Sacramento, debido a que consideró que la litología descrita para la Formación Padilla correspondería más bien a la litología de la Formación Barril Viejo.

Stabler y Márquez, (1976), proponen seguir utilizando el término de Formación Padilla a la litología definida en su localidad tipo, aunque se debe considerar que esta compuesta por dos unidades, el miembro superior propuesto por Charleston (1973), que en el Potrero de Oballos presenta un proceso de dolomitización, y el miembro inferior Borregos propuesto por Stabler y Márquez (1976), formada por una facie arrecifal, cuya resistencia a los procesos exógenos ha originado una erosión diferencial que provoca una división topográfica de la Formación Padilla.

Distribución

Las calizas y lutitas de la Formación Padilla, se encuentra expuesta en el Potrero de Obelios, Menchaca, Agua Chiquita y Padilla y en general su distribución es amplia en el Golfo de Sabinas.

Litología y Espesor

El miembro superior, está compuesto por una litología de dolomías de estratificación gruesa con intercalaciones de lutitas laminares de color gris oscuro en la fractura y gris a pardo al intemperismo, presenta gran cantidad de fauna, ostracodos, foraminíferos, rudista, moluscos y tencacías.

El miembro inferior Barriego, constituido por calizas "pocilstone", de estratificación media a gruesa de color gris claro a la fractura.

Presenta un espesor promedio de 242 m en el Potrero de Menchaca.

Relaciones Estratigráficas

El contacto inferior con la Formación San Marcos es de manera concordante y se encuentra subyaciendo a la Formación La Mula de manera concordante y transicional en el Potrero de Menchaca.

Edad y Correlación

Por su posición estratigráfica y de acuerdo a la fauna colectada por Charleston (1973) y clasificada como Chofatella, se le asigna una edad Barremiana.

La Formación Padilla es correlacionable con el Complejo Anrecifal Cupido, con la Formación San Marcos, La Virgen y en el Mar Mexicano con la Formación Tánaisas, así como al Norte con la Formación Hosston.

Ambiente de Depósito

Por la litología descrita se le ha considerado se depositó en un ambiente de transición, dentro de una facies carbonatada, gradando a un ambiente de facies post-anrecifales.

IV.1.7 Formación La Mula

Definición

La localidad tipo de esta formación fue asignada por Inlay (1940), a una secuencia arcillo-calcareá localizada a 30 km. al Noroeste de Ocampo, Coahuila. Originalmente fue denominada como "Lutitas La Mula" por Kane (Inlay, 1940), Posteriormente Humphrey y Diaz (1956), la definieron como Formación La Mula.

Distribución

La secuencia arcillo-calcareá de la Formación La Mula, se encuentra expuesta en varias localidades de la Cuenca de Sabinas, principalmente en los Potreros de Barril Viejo, Oballos, Padilla y sus mejores exposiciones se encuentran en el Potrero de Menchaca.

Litología y Espesor

Litológicamente está integrada principalmente de lutitas fisiles, algo arenosas de color gris claro, pardo rojizo intercaladas con calizas mudstone, areniscas y dolomías de estratos delgados, presenta microfósiles. Su espesor varía de acuerdo al cambio lateral a otras facies.

En el Potrero de Manchaca presenta un espesor de 201 m.

Relaciones Estratigráficas

El contacto superior es concordante con la Formación Cupido en el área de la Sierra La Gavia, La Purísima, San Marcos y La Madera, alejándose de la Isla de Coahuila se interdigita con las anhidritas y carbonatos de la Formación La Virgen, como ocurre en el Potrero de Manchaca. Para el área de estudio se encuentra sobreyaciendo a las dolomías de la Formación Padilla de manera concordante y transicional.

Edad y Correlación

Imlay (1940), le asignó una edad de Hauteriviense Superior al Barremiano, se le ha determinado foraminíferos bentónicos, ostracodos Choffatoladicipina, que lo ubica en el Hauteriviense.

Al Suroeste se correlaciona con las facies de la Formación San Marcos y al oriente de la Formación Cupido.

Ambiente de Depósito

De acuerdo a la litología y a la fauna determinada se considera se depositó en un medio nerítico, cuyo aporte de sedimentos proviene de los elementos positivos.

IV.1.8 Formación La Virgen

Lane, define a una secuencia evaporítica que denominó "Yesos La Virgen" (Inlay, 1940) y considera que los yesos expuestos en el Potrero de Manchaca eran equivalentes al miembro inferior de la Formación La Peña en la Sierra de Parras.

Humphrey y Diaz (1956), proponen el término de la Formación La Virgen y definen como localidad tipo a la porción Oeste del Potrero de la Virgen en la Sierra de Ovejas, situado a 10 Km. al Noroeste de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Distribución

Está ampliamente distribuida en gran parte del Noreste de Chihuahua, así como en el Noroeste de Coahuila, en el área de estudio aflora en el Potrero de Manchaca y La Virgen (Cantú y Sandoval, 1985).

Litología y Espesor

Constituido por yesos y anhidritas, con superficies muy intemperizadas de color gris a blanco de aspecto sacaróide que alternan rítmicamente con calizas wackestone con horizontes fosilíferos, bivalvos, así como intercalaciones de calizas parcialmente dolomitizadas y lutitas de estratificación delgada. Su espesor en el Potrero de Manchaca es de 489 m.

Relaciones Estratigráficas

La Formación La Virgen subyace de forma concordante y transicional a las calizas de la Formación Cupido y sobreyace concordante y transicionalmente a los sedimentos arcillosos de la Formación La Mula, al Occidente del área de estudio se encuentra en contacto con la Formación Padilla (Marqués et. al. 1986).

Edad y Correlación

De acuerdo a su posición estratigráfica y debido a la presencia de fósiles como son la turritelas, pelicipodos, exogiras y foraminíferos, se le ha asignado una edad de Mustriviano Superior a Barremiano.

Presenta un cambio de facies hacia el Oriente interdigitándose con la Formación Cupido, hacia el occidente se extiende lateral y verticalmente hasta constituir, las facies evaporíticas de la Formación Cuchillo Parado de la Cuenca en Chihuahua (Centú y Sandoval, 1985).

Ambiente de Depósito

De acuerdo a las facies que presenta la Formación La Virgen en el Noreste de Chihuahua y Noroeste de Coahuila se infiere que se depositó en ambientes lagunares, formando "Sakhas".

IV.1.9 Formación Cupido

Definición

Imlay (1972), describe dos miembros para la Formación La Peña, un miembro inferior calcáreo y en el miembro superior calcáreo-arcilloso. Imlay (1977), definió por primera vez a la "Caliza Cupido", a la secuencia calcárea ubicada entre los paquetes de rocas de la Formación La Peña y Taraises, cuya localidad tipo se localiza en el escarpe Norte del Cañón del Mumbre a 60 Km. al Sureste de Pannas, Coahuila.

En 1948, Humphrey considera que la parte inferior calcárea de la Formación Peña, corresponde a la "Caliza Cupido", y a la Formación La Peña se restringe al miembro superior calcáreo-arcilloso debido a la presencia de horizontes con amonitas del género Humphreya Justinae (Hill), en su base, por lo tanto, la edad para la Formación Cupido varía del Huateriviense Superior al Aptiano Inferior.

Humphrey y Díaz (1956), redefine el término de "Caliza Cupido" y lo eleva al rango de Formación agrupando a toda la secuencia de rocas carbonatadas (rocas sedimentarias de ambiente de mar abierto, arrecifal y plataforma), que en la sierra de Pannas se encuentra entre las Formaciones Taraises y La Peña.

El Ing. Gustavo Domínguez determinó en la localidad tipo, lo que Imlay definió como Formación Peña es solamente un miembro arcilloso de la Formación Cupido y lo que considero como Formación Aurora Arrecifal es una fase regresiva de la Formación Cupido.

Según Zwansinger (1971), sugiere que se deben considerar tres facies para esta formación: Formación Cupido (Ambiente de plataforma), Arrecife Cupido (Bancos arrecifales) y Formación Tamaulipas Inferior (ambiente de Cuencas), además propone que se debe definir la localidad tipo de la Formación Cupido, debido a que la propuesta no se ajusta al código estratigráfico, y define como localidad tipo al Cañon del Alamo en la Sierra de Pajaros Azules o el Area del Potrero de La Mula.

Distribución

Se encuentra ampliamente distribuida en gran parte del Noroeste de México, en el área de estudio, la Formación Cupido presenta características litológicas arrecifales como se observa en la Sierra de Manchaca y el Cañon del Marqués de Aguayo, así también en las sierras de Oballos, Santa Rosa, Pajaros Azules, La Purísima, La Encantada, Sacramento y La Madera.

Litología y Espesor

Se encuentra constituida por calizas wackestone a packestone en estratos medios a masivos, intemperiza a color gris claro y a la fractura es de color gris oscuro, muy fétido, con numerosas fosiles como rudistas, gasterópodos.

El espesor que presenta esta unidad varia de una localidad a otra, aumentando conforme se aleja de la costa de la Isla de Coahuila, hacia el Golfo de Sabinas.

En el Potrero de Manchaca presenta un espesor de 190 m.

Relaciones Estratigráficas

Para el área de estudio se encuentre en contacto con la Formación La Virgen de manera concordante y esta delimitada por la desaparición de los leños de esta formación, el contacto con la Formación La Peña es también concordante. Para el Estero de Barril Viejo esta formación sobreyace a la Formación Mula y subyace a la Formación La Peña.

Edad y Correlación

De acuerdo a la posición estratigráfica y el contenido faunístico, se le determinó una edad del Huateriviense Superior-Aptiano Inferior.

En muestra colectada en el Cañon del Marques de Aguayo los fósiles identificados son: Restos de Moluscos (Gudistas), escasos gasterópodos así como miliólidos: Spiroloculina Sp; Quinqueloculina Sp; Triloculina Sp; Desecladoccos (Ercuner, 1989).

La parte inferior se correlaciona con las Formaciones Patula, Mula y La Virgen en el área del Golfo de Sabinas y con la Formación Tameulipas Inferior que aflora en partes de Coahuila, Nuevo Leon y San Luis Potosí.

Ambiente de Depósito

Por la variación de los espesores se deduce que el depósito de la Formación Cupido estuvo regido por el arrecife que representa el borde de una plataforma sobre la cual se depositó el Complejo Sedimentario Cupido y se considera transgresiva (Zwanzinger, 1976).

IV.1.10 Formación La Peña

Definición

Propuesta por Imlay (1976), para definir a dos miembros, el inferior, constituido por sedimentos calcáreos y el superior arcillo-calcáreo. La localidad tipo de esta formación se ubica en el flanco norte de la sierra de Taraises aproximadamente a 40 Km. al sureste de Parnes, Coahuila.

Posteriormente, Humphrey y Diaz (1950), redefinieron a la Formación La Peña solamente como un quiebre arcillo-calcáreo fosilífero (Dufrenoyia Justiniae).

Distribución

Las calizas arcillosas y lutitas de la Formación La Peña, afloran en gran parte de las sierras, La Purísima, Sacramento, Santo Domingo, Pájaros Azules, San Marcos, en el Potrero de Menchaca y el Cañón de Marqués de Aguayo, en la Sierra Madre Oriental y en general se distribuye en casi todo el Noreste de México. De acuerdo a sus características litológicas, contenido faunístico y expresión geomorfológica, se utiliza como una guía estratigráfica en toda la región.

Litología y Espesor

Compuesta por calizas arcillosas de textura fina de color gris claro a la intemperie y de gris oscuro a la fractura, dispuesta en estratos delgados a laminares que alterna con lutitas calcáreas de espesores delgados, así como bandas de pedernal

negro, existe una gran abundancia de amonitas del genero Dufrenoya Justinae (Hill), caracteristico de este horizonte arcillo-calcareo.

Para el area de estudio presenta un espesor de 38 m aproximadamente.

Relaciones Estratigráficas

El horizonte arcillo-calcareo de la Formación La Peña es concordante con las calizas arrecifales de la Formación Cupido y se encuentra subyaciendo a la caliza de la Formación Aurora de forma concordante y transicional como se puede observar en el Cañon del Marqués de Aguayo.

Edad y Correlacion

Por su contenido faunístico (Dufrenoya Justinae Sp) y posición estratigráfica se le asigna una edad del Aptiano Superior.

Los fósiles identificados en muestras colectadas en el Cañon del Marqués de Aguayo son: Nannocoelus Iruitti; Nannocoelus Elongatus; Nannocoelus Minutus; Globigerinelloides Sp; Globachaete Alpina; Capsina Sp; Coloniella Mexicana; Coloniella Recta; espinas de equinodermos y abundantes ostracodos (Fronner, 1959).

En la Sierra Madre Oriental y la Cuenca de Chicontepec se correlaciona con la Formación Otates, con la Formación Cuchillo para la Cuenca de Chihuahua, así como con la Formación Las Uvas en Acapulco, Coahuila.

Ambiente de Depósito

Las facies de la Formación La Peña se depositaron en un medio de plataforma homogénea con sedimentación pelágica y terrígenos en aguas poco profundas (Humphrey y Diaz, 1956). El depósito de estos sedimentos arcillosos nos indica la mayor transgresión marina iniciada durante el Jurásico Superior, cubriendo totalmente todos los elementos positivos.

IV.1.11 Formación Aurora

Definición

Definida por Burrows (1910), cuya localidad tipo la ubica en la sierra de Cuchillo Parado, situado al Noreste del Estado de Chihuahua y que la definió como una secuencia predominantemente calcárea.

Humphrey y Diaz (1956), propone incluir dentro de esta formación a las diferentes facies calcáreas del Noreste de México, ubicado en contacto con la Formación La Peña y sus equivalentes y a las unidades que subyace como son la Formación Cuesta del Cura, Kiamichi y el Grupo Washita.

Distribución

Se encuentra principalmente dispuesta en la mayor parte de las sierras anticlinales, en general esta ampliamente distribuida en el Noreste de México, para el área de estudio corona las sierra La Menchaca, del Carmen y Cristo.

Litología y Espesor

Constituida principalmente por calizas puras de estratificación gruesa de color gris y que interperiza a color gris claro a estratos masivos, textura fina, con nodulos de pedernal, presenta estiloitas paralelas a la estratificación.

Esta formación tiene un espesor aproximado en el Potrero de Menchaca de 302 m.

Relaciones Estratigráficas

Dentro del area de estudio, su contacto inferior es concordante con los sedimentos arcillo-calcareos de la Formación La Peña, así como con la Formación Miami; para su parte superior, para el Sector Transverso de la Sierra Madre Oriental, esta en contacto concordante con la Formación Cuesta del Cura.

Edad y Correlación

De acuerdo al contenido de macrofauna y microfauna, se le asigna una edad que comprende del Albiano Inferior al Medio (De Cserna, 1956). Los fósiles identificados en muestras colectadas en el Cañón del Marqués de Aguayo son: Favusella Sp; Globochaete Alpina; Saccocoma Sp; Stromiosphaera Similes; Radiolarios calcificados y restos de ostracodos (F. Brouner 1989).

Se correlaciona para la región de la Isla de Coahuila con la Formación Acatita, hacia el Norte de la Formación Glen Rose y Telephone Canyon y para la Sierra Madre Oriental cambia a la Formación Tamaulipas Superior, al sur cambia a los sedimentos de las Formaciones Abra y Tamabra.

Ambiente de depósito

El depósito de los sedimentos calcáreos de la Formación Aurora se considera se depositó en un ambiente nerítico de aguas tranquilas y poco profundas.

IV.1.12 Formación Kiamichi

Definición

En 1891, Hill definió esta unidad como las "arcillas Kiamitia", ubicando la localidad tipo en las planicies del Río Kiamichi, cercano a Fort Towson Oklahoma, cuya litología definida consiste en una secuencia de margas y calizas arcillosas.

Imlay (1944), define a los sedimentos arcillo-calcáreos de estratificación delgada en cuyo horizonte se presenta la amonita *Oxytropidoseas*, como la Formación Kiamichi y que aflora en gran parte del Golfo de Sabinas.

Reebeck (1956) utiliza el término de Formación Grayson a una secuencia arcillo calcárea que se localiza sobre la caliza Aurora, para el área del Potrero de Oballos, Barceló (1986), emplea el término de Formación Benavides para esta misma unidad. Ambas Formaciones Kiamichi y Benavides están definidas en localidad tipo muy lejanas al lugar donde son utilizadas, por lo que Pintado, 1985 sugiere designar una localidad tipo para la secuencia de rocas arcillo-calcáreas, finalmente Barceló propone el término de Formación Cuatro Ciénegas, ubicando su localidad tipo en el flanco occidental de la Sierra de Menchaca, entre los cañones El Azufre y La Virgen.

Distribución

Se encuentra aflorando principalmente en los flancos de la sierra formando pequeños puertos de erosión, en las sierras a donde se observa esta formación; La Gloria, Sacramento, Santo Domingo, Azul, Purísima, Cristo y Menchaca y en general en todo el Golfo de Sabinas.

Litología y Espesor

consiste de la base a la cima de una alternancia de lutitas y calizas arcillosas, textura fina de color pardo claro alintemperismo y a la fractura gris, de estratificación delgada, presenta concreciones de fierro.

Presenta un espesor promedio de 125 m en el área de estudio.

Relaciones Estratigráficas

Las lutitas y calizas arcillosas de la Formación Kiamichi sobreyacen a la unidad de calizas de la Formación Aurora siendo su contacto concordante y transicional, definiéndose a donde desaparecen los sedimentos arcillosos de la Formación Kiamichi y empieza el escarpe de los sedimentos de la Formación Aurora. El contacto superior es concordante con los sedimentos carbonatados de la Formación Georgetown.

Edad y Correlación

Con base a su posición estratigráfica y de acuerdo a la fauna colectada en los afloramientos del Golfo de Sabinas se le ha asignado una edad de fines del Albiano Medio a principios del Albiano Superior.

La fauna identificada en muestras colectadas en el Cañon del Marqués de Aguayo está caracterizado por: Calcisphaerula inopinata; Faorsella Sp; Bisbopella Diazii; Risbopella Alata; Saccocoma Sp; Globarchaete Alpina y escasos bonetacardiella Fonce de Leon (P. Brouner, 1989).

La Formación Kiamichi se correlaciona con la Formación Cuesta del Cura y Temaulipas Superior de la Sierra Madre Oriental principalmente.

Ambiente de Depósito

Los sedimentos arcillosos, indican un depósito de plataforma con sedimentación pelágica y terrígena de aguas de poca profundidad y una continua subsidencia de la plataforma.

IV.1.13 Grupo Washita

Definición

Definido por Humphrey y Diaz (1956), para definir a las diferentes unidades compuesta por la Formación Georgetown, cuya localidad tipo se ubica en Austin Texas. La localidad tipo de la Formación del Río se localiza en el Cerro de La Cruz a 3 Km., al sur de la Ciudad del Río, Condado de Valverde, Texas y la Formación Ruda, cuya localidad tipo se ubica en Shoal Creek, Austin Texas, para la secuencia de detritos finos y rocas carbonatadas impuras del Albiano superior depositados en el Golfo de Sabinas.

Distribución

Aflora en los flancos de la sierra dentro de la Cuenca de Sabinas, su expresión topográfica es en forma de pequeños montículos, como son en los flancos de la sierra de Menchaca, Cristo, del Carmen, Agua Chiquita, Hermanas, Tullio, Sardinas, Pájaros Azules, Santa Rosa, La Gavia y Santa Gertrudis.

Litología y Espesor

El Grupo Washita se integra en tres Formaciones Georgetown, del Río y Buda.

Formación Georgetown.- Compuesta por una secuencia de calizas y calizas arcillosas de estratificación delgada a media, de textura fina de color gris al intemperismo y gris oscuro al fresco, presenta además bandas y nodulos de padernal.

Formación del Río.- Definido por un horizonte de lutitas de color pardo-verdoso al intemperismo y gris oscuro en la fractura, de estratificación delgada.

Formación Buda.- Litológicamente compuesta por calizas de color gris al intemperismo y gris al fresco, de textura fina, de estratificación media a gruesa, con intercalaciones de calizas arcillosas.

Relaciones Estratigráficas

Los sedimentos arcillosos calcáreos del Grupo Washita sobreyacen a los sedimentos arcillosos de la Formación Kiamichi de manera concordante y subyacen a los sedimentos de la Formación Eagle Ford de igual forma.

Edad y Correlacion

Con base a su posición estratigráfica y por la fauna colectada para las diferentes formaciones del grupo, se le ha asignado una edad que varía del Albiano Superior-Denomaniano Inferior.

El contenido faunístico identificado para el Grupo Washita es: Pithonella Oxalis; Pithonella Trejoi; Calcisphaerula innominata; Favusella Washitensis; Bonetocardiella Sp; Bonetocardiella conoidea; Globigerinelloides; además Stomiosphaera Conoide y Hedbergella Washitensis.

Ámbito de Depósito

Se considera se depositó en una plataforma abierta de sedimentación predominantemente pelágica con una subsidencia lenta y continua (Humphrey y Diaz, 1956).

IV.1.14 Sistema Cretácico Superior

Durante este período se produce un cambio en la sedimentación en el Golfo de Sabinas, de sedimentación pelágica-calcareá a sedimentación terrígena, este cambio a sido asociado al probable levantamiento de la secuencia vulcano-sedimentaria del Occidente de México, generando una cuenca con rápida subsidencia, depositándose sedimentos terrígenos tipo pre-flysh calcáreos y flysh arenopelitico (Tardy, 1974). Las formaciones depositadas durante este período corresponden a la serie denominada del Golfo, a continuación describimos las que se observan en el Área de estudio.

IV.1.15 Formación Eagle Ford

Definición

La Formación Eagle Ford, fue descrita inicialmente por Roemer (1952), Hill (1932), definió esta formación con una alternancia de estratos delgados de lutitas y calizas, ubicando su localidad tipo en el Condado de Dalla a 90 Km. al Oeste de Eagle Ford, Texas.

Distribución

Las calizas y lutitas de la Formación Eagle Ford se encuentra ampliamente dispuesta en todo del Golfo de Sabinas como es en las Sierra de Pajaros Azules, Santa Rosa, La Gavia, Sardinas, Cristo, Sacramento, Santo Domingo, La Gloria, topográficamente forma lomeríos de poca altura.

Litología y Espesor

Compuesta por una alternancia de calizas arcillosas y lutitas calcáreas, presenta una estructura laminar y laxosa así como margas de color gris claro dispuesta en estratos delgados, con gran cantidad de fósiles, amonitas y pelecipodos, un fósil característico de esta formación es el Inoceramus Labiatus, el espesor es incompleto aflorando solo pequeñas porciones de estas, aunque se considera presenta un promedio de 320 m.

Relaciones Estratigráficas

Para el Área de estudio sobreyace al Grupo Washita y subyace a los sedimentos arcillo-calcáreos de la Formación Austin, el contacto con ambas es de manera concordante.

Edad y Correlacion

Por la presencia del fósil índice Inoceramus Labiatus y por su posición estratigráfica se le ha asignado una edad del Cenozoico-Turoniano superior, el contenido fósil identificado en esta secuencia arcillo-calcareas es: Calvinedbergella Moremani; Rotalipora Sushmani; Calvined Simplex; Hedbergella Washitensis; Flabellamina y la amonita del género Inoceramus Labiatus. Se correlaciona con la Formación Agua Nueva en la cuenca de Tampico-Misantla y las Formaciones Indidura y Soyatal.

Ambiente de Depósito

Los sedimentos terrígenos finos, se depositaron en un medio de cuenca de sedimentación terrígena tipo flysh, lo cual indica el relleno progresivo de la cuenca recientemente formada (Tardy, 1974).

IV.1.16 Formación Austin

Definición

El nombre de "Caliza Austin", fue usado por primera vez por Shumard (1860). La Formación Austin, esta integrada por una alternancia de calizas arcillosas (creta) y estratos de margas limosas con algunos horizontes de margas, arcillosas. La localidad tipo la ubicaron en Austin Texas.

Distribucion

Se observa en los valles sinclinales cercanos a la serranía formando pequeños montículos, como en los valles formados por la Sierra La Gloria, Azúl, Santo Domingo o en los alrededores de las Sierras de Sacramento y de Cristo.

Litología y Espesor

Consiste de una secuencia arcillo-calcareo a margozas no presenta estructura laminar, se interpenetra en fragmentos de formas ovoides y de diferentes tamaños, se le ha determinado un espesor promedio de 60 m dentro del área de estudio.

Relaciones Estratigráficas

Sobreyace los sedimentos arcillo-calcareos de la Formación Eagle Ford de manera concordante y transicional y subyace a la Formación Upson de igual forma.

Edad y Correlación

Con base al fósil Inoceramus Undulatoplicatus, Roemer, y la Baculites 50; siendo estos dos fósiles los que han definido la edad del Ceniaciano-Santoniano (Humphrey, 1956). Las calizas y lutitas de la Formación Austin es correlacionable con la Formación Caracol en el área de Chihuahua, con el Grupo Taylor en Texas y con la Formación Mendez y San Felipe en la Cuenca de Tampico-Misantla.

Ambiente de Depósito

Se considera que los sedimentos depositados de esta formación fue en un ambiente nerítico, con gran aporte de terrígenos.

IV.1.17 Sistema Terciario

En el área de estudio esta representado por depósitos clásticos continentales, como a continuación se describen.

IV.1.18 Conglomerado Sabinas

Definición

Definido por Potocki, et. al. (1936), con una serie clástica de conglomerados, calizas en la región carbonífera de Sabinas.

Distribución

El Conglomerado Sabinas se distribuye en los valles que se desarrollan paralelo a las sierras anticlinales, como en el valle de Reforma, en forma de lomas y mesetas de topografía suave.

Litología y Espesor

Conglomerado compuesto por guijarros, gravas y arenas cementadas por carbonatos de calcio.

Relaciones Estratigráficas

Descansa discordantemente con las formaciones del Cretácico Superior como son: Eagle Ford, Lutita Farras, Austin, Upson, San Miguel, Olmos y Escondido.

Edad y Correlación

Se le ha asignado una edad del Terciario Inferior (Eoceno-Oligoceno), se correlaciona con el Conglomerado Anuichila de la Sierra Madre Oriental.

Ambiente de Depósito

Se depositó en las cuencas generadas por las estructuras sinclinales, siendo un depósito continental de tipo molasse (Humphrey y Diaz, 1956).

IV.1.19 Sistema Cuaternario Aluvion

IV.1.20 Aluvion

Se encuentra expuesta en los valles, constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas, poco cementadas, formando cuencas de depositos intermontanos, rodeando en ocasiones por abanicos aluviales, cuyo espesor que se le ha calculado en algunos lugares de 70 m.

IV.2. Geología Estructural

Las deformaciones producidas por la Orogenia Laramide se desarrollaron en la parte inferior del Cenozoico. Varios autores han relacionado este evento al origen de las estructuras del Noreste de México, como el producto de esfuerzos coaxiales compresionales que actuaron en direccion Suroeste y que deformaron a los sedimentos Mesozoicos contra las areas positivas estables (Hearman, 1917; Imlay, 1939; Humphrey, 1956; De Cerna, 1956; González, 1976 y Tardy, 1980).

Otros consideran que la deformación Laramide es originada por el desplazamiento sinistral en direccion Este-Oeste, producto de los esfuerzos de placas convergentes, generando un arco magmatico que migró hacia el continente, debido posiblemente a la disminucion del angulo de incidencia, entre la placa subcrida (Plano de Benioff) y la placa continental (Murray, 1961; Millan, 1978; Livaraccari, 1981).

El modelo de deformacion analizado, es el propuesto por Padilla (1986), propone que el origen de las estructuras expuesta en el Noreste de México es producto de dos mecanismos. Un sistema de

cizalla de fuerzas en dirección Este-Oeste y el otro de fuerza coaxiales compresionales en dirección Noreste-Suroeste, según Padilla se originaron dos tipos de estructuras resultantes que caracteriza al área, pliegues en echelon, desarrolladas en el Golfo de Sabinas y fallas que se orientan sobre antiguas trazas de fallas normales, originando cierto lineamiento (Boquilla Sabinas, Sierra Mojada-China).

En la figura IV.3 Padilla analiza el mecanismo de deformación comparando este modelo con el mapa de estructuras del Noreste de México, se observa una similitud entre las estructuras resultantes al aplicar un sistema de fuerza Este-Oeste y las existentes en el Noreste del País.

Para explicar el origen de las fuerzas que provocaron las estructuras y lineamientos, se presume que existió un movimiento en el Sureste de los Estados Unidos (hacia el Oeste), respecto al Noreste de México (hacia el Este), originando componentes compresionales en dirección Noreste-Suroeste que provocaron movimientos recumbentes a lo largo de antiguas fallas normales.

Contemporáneamente tenemos el desarrollo regional de un decollement producto de la inclinación hacia el Noreste del continente sin nombre (Humphrey, 1956), o Geanticlinal Occidental (Alfonso, 1976). En el área de Torreon-Monterrey, se tiene evidendencia de corrimientos de la Sierra Madre Oriental como resultado de este fenómeno.

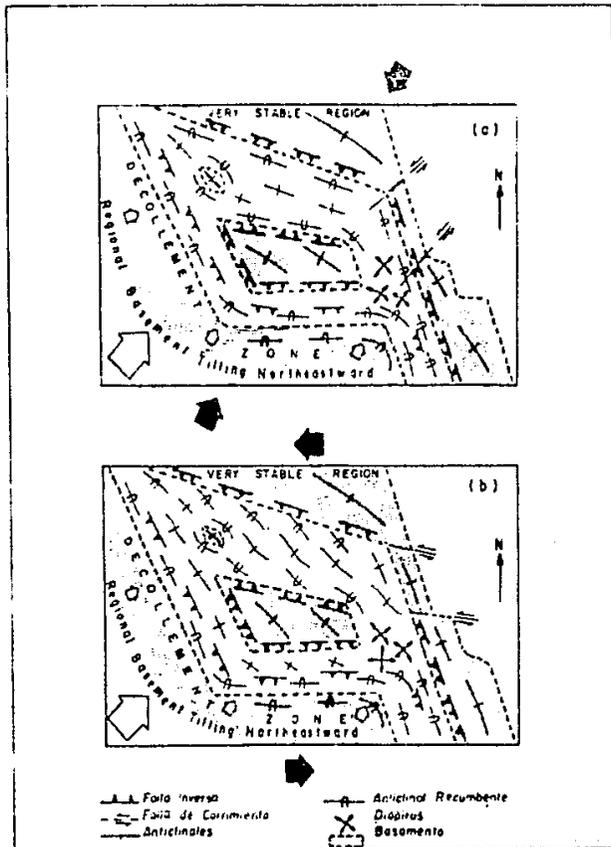


FIG. IV.3. MODELO DE LOS MECANISMOS DE DEFORMACION DEL NORESTE DE MEXICO

PADILLA 1988

IV.2.1 Descripción de las Estructuras

IV.2.2. Anticlinal de Menchaca

Expresión Topográfica

Se localiza al NW de Lanadrid, Coahuila, forma parte del alineamiento estructural Menchaca, Sacramento, la expresión topográfica es de una sierra alargada cuyo centro se ha erosionado, dando origen a una estructura denominada Potrero, en la que se reflejan formaciones de edad Jurásica Superior, se encuentra delimitada por dos sierra La de Menchaca y la del Carmén, las cuales constituyen los flancos erosionados del anticlinal, las alturas medias sobre el nivel del mar son: en la parte noroeste y sureste se tiene alturas de 1000 m.s.n.m. en la parte central de la estructura es del orden de los 2100 m.s.n.m.

Dimensiones

La longitud aproximada es de 40 Km. y una amplitud máxima de 15 Km.

Simetría

La simetría a lo largo de toda la estructura se conserva, aproximadamente a partir del centro de la estructura, hacia el sureste se origina una bifurcación, generando dos anticlinales, asimétricos y un sinclinal buzante entre ambas estructuras, de echados suaves (Plano Geológico, anexo), Figura IV.4.

Orientación

Preferentemente presenta una orientación Noroeste-Sureste.

Sedimentos que afloran en la parte axial

Son principalmente sedimentos arcillo-calcareos de la Formación Casita y en orden estratigráficamente ascendente, afloran también calizas, lutitas y areniscas de las Formaciones Menchaca, San Marcos y Padilla.

Echados

Los datos estructurales a lo largo de toda la estructura varían entre los 35 a 50 grados aproximadamente.

IV.2.3 Anticlinal del Cristo

Expresión Topográfica

Fisiográficamente esta representada por una sierra alargada, en la cual se han desarrollado una serie de cañadas, con escarpes pronunciados y cuya dirección principal es de Este-Deste, alcanza una altura de 1500 m.s.n.m. esta estructura se ubica al Noreste de Lamadrid.

Dimensiones

Las dimensiones presentes en el área de estudio de esta estructura es del orden de 24 Km., de longitud, prolongándose dicho anticlinal mas hacia el Norte, la amplitud en su parte central es de aproximadamente 3 Km.

Simetría

La estructura hacia el Noroeste se comporta como un anticlinal recumbente, no así hacia el Sureste donde la estructura es asimétrica y buzante, en esta área se bifurca, proyectándose uno de sus ejes en dirección del anticlinal de Manchaca.

Orientación

Conserva una orientación preferencial Noroeste-Suroeste que corresponde a la tendencia estructural regional.

Sedimentos que afloran en su parte axial

En el núcleo y en la mayor parte de la sierra están aflorando rocas de las Formaciones Cupido, Peña y Aurora.

Echados

Los datos estructurales, en la parte anticlinal recumbente, presentan valores de pendientes de los 45 y 70 grados, al sureste de la estructura los echados son más suaves y son del orden de los 20 y 50 grados.

IV.3 Geología Histórica

El basamento Paleozoico sobre la cual se depositó toda la secuencia sedimentaria Mesozoica a sido interpretada como una continuación del Cinturón Ouchita del Sureste de los Estado Unidos (Denisson, 1970).

Durante el Triásico-Jurásico Medio ocurren períodos de emersión y fallamiento normal asociado a una tectónica de distensión, estos eventos han sido asociados por algunos autores a la disgregación del Supercontinente denominado Pángea. los que condicionaron la

paleografía para este periodo, definido por cinco elementos positivos, la Península de Tamaulipas, la Isla de Coahuila, la Isla de Monclova, la Isla de La Mula y el Archipiélago de Tamaulipas (Isla de Lampazos, Sabinas, Fichacos, San Carlos), éstas áreas fueron cubiertas durante el Mesozoico pero influyeron tanto en la sedimentación como en el estilo de deformación en el Terciario. Figura IV.5.

Durante este periodo (Triásico-Jurásico Medio), se depositaron sedimentos continentales (Lechos Rojos), de la Formación Hixachal, reportado por algunos autores en diferentes localidades del Noreste de México.

En el Oxfordiano Superior-Kimmeridgiano Inferior se depositaron facies conglomeráticas (Fm. La Gloria), en la periferia de la Península de Tamaulipas, Isla de Coahuila y Archipiélago de Tamaulipas (González, 1976). Carbonatas de aguas poco profundas y evaporitas (Fm. Culcaga, Novillo, Olvido y Minas Viejas), fueron depositadas sobre plataforma al Sur de la Península de Tamaulipas e Isla de Coahuila y al Este del Archipiélago de Tamaulipas (Aguayo, 1978). Hacia el Kimmeridgiano-Tithoniano, prosigue la fase transgresiva con depósitos de areniscas, lutitas y calcarenitas en las márgenes de los elementos positivos (Fm. La Casita), con un cambio de facie hacia el sur de la Isla de Coahuila de sedimentos terrígenos finos y calcareos de la Formación La Caja, para este periodo el Archipiélago de Tamaulipas se encontraba cubierto. Figura IV.6.

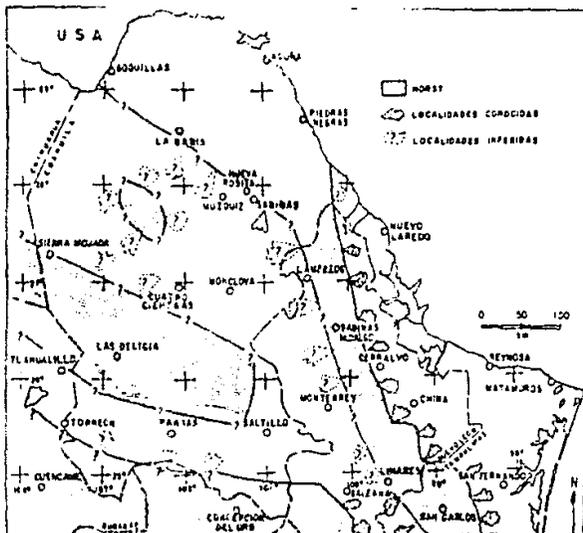


FIG IV 3 PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL TRIASICO TARDIO-JURASICO

MEDIO

Padilla, 1986

Al inicio del Cretácico Inferior se depositó una delgada secuencia de carbonatos con una continua subsidencia, se depositaron sedimentos terrígenos en el borde de la Península de Tamaulipas y las Islas de Coahuila y Mula (Arcosa San Marcos y Fm. Houston). En el Golfo se depositaron lutitas y carbonatos (Fm. Menonaca) y lutitas (Fm. Barril Viejo), contemporaneamente se deposita una secuencia intercalada de lutitas y carbonatos (Fm. Taraises), al Sur y Este y Sureste, carbonataso con nodulos de pedernal (Fm. Tamaulipas Inferior), Humphrey, 1956 (Perriasio-Valangianiano). Figura IV.7.

Del Huateriviano al Aptiano Inferior, la Península de Tamaulipas e Isla de Coahuila continuaron emergidas, mientras la Isla de La Mula fue cubierta por las lutitas de la Formación Mula y carbonatos (Fm. Padilla) Figura IV.8.

La Península de Tamaulipas e Isla de Coahuila se encontraba parcialmente emergidas, en sus bordes se depositaron sedimentos clásticos gruesos (Arcosa Patula) y terrígenos finos (Fm. La Mula). En la parte central Este del Golfo de Sabinas se depositaron facies evaporíticas en un medio de circulación restringida debido al desarrollo Arrecifal Cupido al Oriente (Marques et. al., 1975).

Al Sur, al Este y Oeste del desarrollo Arrecifal Cupido se depositaron una secuencia de carbonatos de aguas profundas. Stabler y Marques, 1977, sugieren que la secuencia desarrollada a

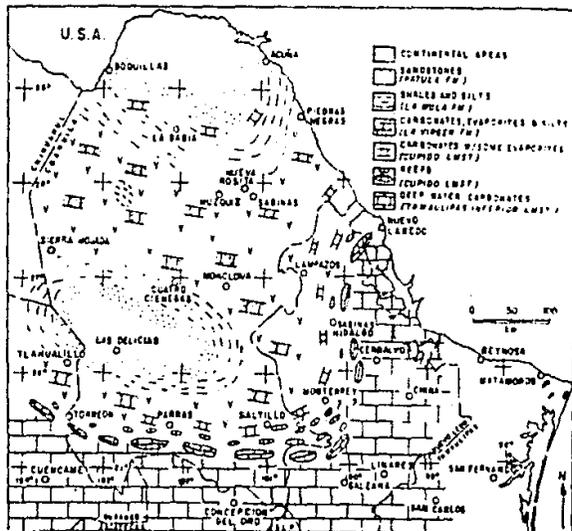


FIG. IV B PLANO PALEOGEOGRAFICO DURANTE EL NEOCOMIANO TARDIO

Padua, 1996

partir del Jurásico Superior (Grupo La Casita) y la base del Cretácico (Fm. Menchaca), podrían ser la causa de levantamientos locales asociados a fenómenos de diapirismo, a donde se formaron los arrecifes.

Para el Aptiano Superior el área fue cubierta por mares profundos, tenemos un aporte generalizado de terrígenos finos y materiales vulcanoclásticos que dan origen a la Formación La Peña en el Golfo de Sabinas y el mar Mexicano (Fm. Otates). Este aporte pudo haber ocurrido como resultado de un levantamiento epirogénico de los elementos positivos o un descenso estático del nivel del mar (Smith, 1970; Charleston, 1973).

Durante el Albiano Inferior, Cenomaniano Superior se desarrollan arrecifes en los bordes de la Isla de Coahuila, (Fm. Aurora, Pailla), así como en la Península de Tamaulipas ya sumergidas se depositaron evaporitas (Fm. Acatita), detras del desarrollo arrecifal (Gonzalez, 1976). Para todo el resto del Noreste de México se depositan carbonatos con nódulos de pedernal de la Formación Tamaulipas Superior, también para está época se depositan los últimos sedimentos pelágicos con aportes significativos de clásticos finos (Fm. Kiamichi y Grupo Washita), así como carbonatos interestratificados con bandas de pedernal (Fm. Cuesta del Cura). figura IV.9.

Para el Turoniano se origina un cambio en las condiciones de sedimentación predominantemente pelágica, lo cual es reemplazada por depósitos terrigenos tipo pre-flysh calcáreos y calcáreo margoso de la Formación Eagle Ford.

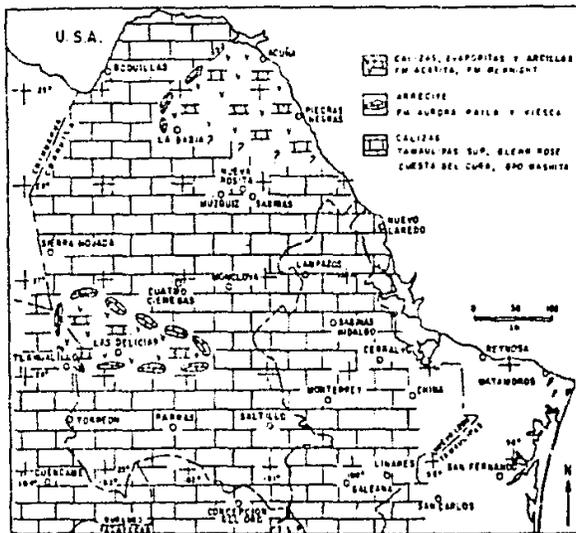


FIG. V. 9 PLANO PALEOGEOGRÁFICO DURANTE EL ALBIANO-CENOMANIANO

Fadilo, 1986

Durante el Coniaciano y Santoniano el modelo de la sedimentación cambia ligeramente, hacia el norte, se depositan carbonatos y lutitas en un medio de aguas someras, correspondientes al Grupo Austin (López Ramos, 1980). Para el área entre Torreón y Monterrey se depositaron potentes espesores de lutitas calcáreas intercaladas con areniscas (Fm. Parras), Padilla, 1986.

Finalmente, durante el campaniano-Maestrichtiano se depositó una secuencia tipo flysch, arenopelítica (Grupo Difunta), mientras en el Golfo de Sabinas se depositó una secuencia flysch arenopelítica de las Formaciones Úlmas y Escondido. Este cambio en la sedimentación es asociado a movimientos orogénicos ocurridos en el centro y occidente del país, dando como resultado una progradación hacia el oriente de los sedimentos deltaicos por el continuo levantamiento.

Para el Terciario la secuencia Mesozoica depositada en el Noroeste de México es deformada por la Orogenia Lanamida. Durante el Cenozoico Superior continúa la emersión gradual del continente y la progradación de las líneas de costa hacia el Oriente (Padilla, 1986), Figura IV.10.

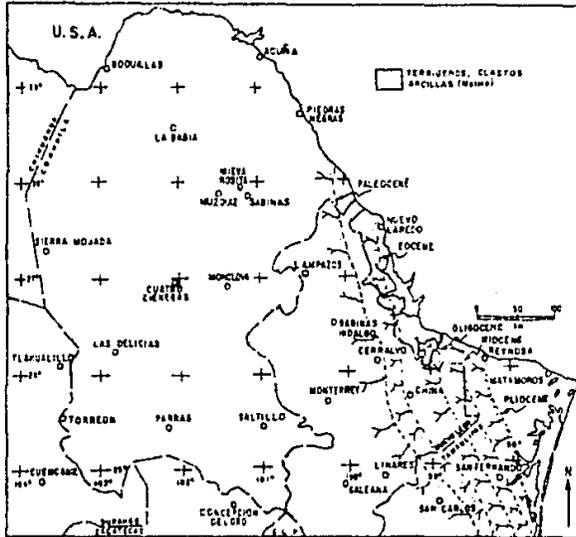


FIG 14 10 PLANO PALEGEOGRAFICO DURANTE EL TERCARIO

Pad. No. 1986

V. HIDROGEOLOGIA

V.1 Unidades Hidrogeológicas

De acuerdo a las características hidrogeológicas que presenta las diferentes unidades, en el área de estudio, se dividieron con base a su permeabilidad en: Unidades Impermeables, Semipermeables y Permeables, a continuación se describen estas.

Unidades Impermeables.

Las formaciones cuya naturaleza litológica se compone de sedimentos arcillosos, actúan como una barrera al flujo descendente, las unidades con estas características son:

Las Formaciones La Casita, La Mula, La Virgen, La Peña, Kiamichi y del Río.

Los sedimentos arcillosos de las Formaciones La Casita, Mula se consideran que actúan como unidades confinantes para las formaciones que se encuentran en contacto con estas unidades.

La Formación La Virgen compuesta por evaporitas e intercalaciones de calizas y calizas arcillosas, impiden el flujo vertical y lateral debido a los cambios de facies con otras formaciones, es importante mencionar que esta unidad por su composición evaporítica y por la gran solubilidad de estas, se le considera como posible fuente de contaminación.

Las Formaciones La Peña, Kiamichi y del Río de composición arcillosa funcionan como unidades confinantes, para las formaciones que se encuentran en contacto con estas, aunque debe hacerse mención que la Formación La Peña en la región en estudio

se considera integrada a la unidad acuífera compuesta por las Formaciones Cupido y Aurora, debido a los grandes espesores y condiciones geohidrológicas similares de estas y al poco espesor de la Formación La Peña (38 m).

Unidades Semipermeables.

Algunas unidades como son las Formaciones Menchaca, San Marcos, Padilla, Georgetown, Buda, Eagle Ford y Austin, constituidas principalmente por calizas pueden presentar cierta permeabilidad por disolución, lo que origina que en ocasiones forma acuíferos, aunque por lo general son de tipo local y de muy poco gasto.

Las calizas y dolomias de la Formación Menchaca y Padilla, presenta cierto fracturamiento y permeabilidad como consecuencia de la disolución y poco espesor. La posición estratigráfica que guardan con formaciones de composición arcillosa puede dar origen a acuíferos de características locales de poca potencialidad.

Los sedimentos terrígenos de la Formación San Marcos, puede llegar a constituir buenos acuíferos de tipo local, debido a que su área de recarga es mínima y restringida por lo que la potencialidad es baja.

Las Formaciones Georgetown, Buda, Eagle Ford y Austin cuya litología está constituida de lutitas, calizas arcillosas y calizas arenosa que les ha considerado como unidades semiconfinantes, pueden llegar a desarrollar permeabilidad por disolución y formar acuíferos de tipo local debido al poco espesor y a la poca área de recarga.

Unidades Permeables.

Para la región tenemos dos acuíferos, uno confinado en calizas y el otro en aluvión de tipo libre.

De acuerdo a la gran similitud en sus propiedades hidrogeológicas de las Formaciones Cupido y Aurora, se agrupo en una sola unidad acuífera, tomando en cuenta que estratigráficamente se encuentra dividida por la Formación La Peña, constituida por una secuencia arcillo-calcareá que actua como una unidad semiconfinante.

Las Formaciones Cupido y Aurora se componen litológicamente de calizas, cuya porosidad primaria es intergranular, intercrystalina e intraesqueletal, como se observa en la Formación Cupido, que aflora a lo largo de Cañon de Marqués de Aguayo, lo cual se desarrollo en una facie arrecifal (F. Brounner, 1989). Otras condiciones geohidrologicas importantes en estas formaciones son el amplio fracturamiento originado por movimientos orogénicos y postorogénicos, disolución de la caliza la que le confiere capacidad de infiltración y desarrollo de permeabilidad secundaria alta, esta característica y debido a que esas formaciones se encuentran expuestas en las partes altas de las sierras se convierten en excelentes receptores de recarga para el acuífero, cuando estan cubiertos por sedimentos arcillosos de las formaciones subyacentes, se convierten en acuíferos confinados de gran potencialidad.

El depósito aluvial se integra por clastos cuyo tamaño varia desde arcillas a cantos rodados, su distribución ocupa las partes bajas o depresiones formado por las estructuras (sinclinales),

asi como en los valles intermontanos, las condiciones texturales del material permiten la recarga ya sea através del flujo superficial o de la infiltración directa del agua de lluvia, lo que origina acuíferos libres contenidos en estos sedimentos.

Uno de los factores desfavorables de esta unidad acuífera es el poco espesor que presenta, así como la posible contaminación del acuífero debido a la presencia de sales. Actualmente en el área de estudio se tienen perforados pozos en esta unidad obteniendo un gasto promedio de 20 lps.

VI.2 Características de los Manantiales

Un manantial puede definirse como un punto o zona de la superficie del terreno en la que, por medio natural, fluye a la superficie una cantidad considerable de agua procedente de un acuífero o embalse subterráneo (Custodio, 1976).

Los manantiales que afloran en el área de estudio fueron clasificados de acuerdo al criterio referente al gasto promedio que presentan estos, para ello se utilizó la clasificación propuesta por Meinzer en 1923 y que a continuación se presentan:

Primero:	superiores a 2500	lps
Segundo:	entre 200 y 2000	lps
Tercero:	entre 29 y 280	lps
Cuarto:	entre 6.67 y 28	lps
Quinto:	entre 0.67 y 6.67	lps
Sexto:	entre 0.067 y 0.67	lps

Séptimos: entre 0.0008 y 0.067 lps
Octavos: menor de 0.0008 lps

Los manantiales aflorados fueron clasificados entre los grupos, según el gasto estimado que va del orden de 3-240 lps, quedando comprendido entre los grupos tercero cuarto y quinto, cuyo rango varía entre los 0.67 a 280 lps.

Los manantiales que afloran en el Potrero de Menchaca, por lo general son de poca importancia con gastos de 5 lps, afloran como material aluvial, por lo que su recarga es a través de estos.

En el flanco Noroeste de la Sierra Cristo existe una serie de manantiales, así como en el puerto del Carmen cerca de la Ciudad de Sacramento, cuyo gasto promedio es del orden de 10 lps, estos a su vez fluyen sobre material aluvial, y se considera que su recarga es local y a través de estos sedimentos. Figura IV.4.

A lo largo del Cañon del Marques de Aguayo afloran una serie de manantiales sobre las Formaciones Cupido y Aurora, y que son de gran interés debido al gasto que se obtiene de ellos. Los manantiales de mayor importancia son: La Higuera con un gasto aflorado de 88 lps, la Casita con un gasto promedio de 140 lps y el Ahuacate, 20 lps. Se encuentran aflorando en el pie de monte, pero debido a su ubicación respecto a la Formación Aurora se considera que el flujo proviene de esta Figura V.1.

Otros manantiales, cuyo flujo proviene de la Formación Aurora y que afloran en el flanco buzante del sinclinal, delimitado por el flanco Noroeste del anticlinal de Manchaca y el flanco Suroeste del anticlinal de Cristo, son los manantiales de Ojo Grande (154 lps) y del Marques de Aguiayo (15 lps). Figura V.1.

En esta misma formacion tenemos espiazada la corriente subterranea denominada Zumbadora, que para tener acceso a estas, es a traves de una pequena grieta ubicada al pie del escarpe sobre el Cañon Marqués de Aguayo. La corriente subterranea de la Caverna Zumbadora presenta gran interes, debido que se quiere aprovechar su caudal, por tal motivo es necesario determinar si existe una posible relacion con los otros manantiales. Se considera que la direccion de la corriente Zumbadora es en la direccion preferencial de las estructuras cuya orientacion es Noroeste-Sureste, se estima un gasto aforado para esta corriente de 240 lps.

VI. HIDROGEOQUIMICA

I.1 Introducción

Uno de los objetivos del presente trabajo es conocer la geoquímica de las aguas, que se tienen en el área de estudio, para determinar, contenido, composición y fuente de origen de las sales del agua subterránea y por lo tanto la calidad del agua y en parte el funcionamiento hidrogeológico de la zona.

VI.2 Análisis Químico

Para realizar la interpretación hidrogeoquímica se obtuvieron un total de 20 muestras de agua, correspondientes tanto a pozos, manantiales y una de las corrientes subterráneas de la Caverna Zumbadora, de las cuales once fueron seleccionadas para análisis químico.

Los iones analizados de las muestras son los que a continuación se enlistan (Figura VI.1):

Dureza de calcio

Dureza de magnesio

Dureza total

Calcio

Magnesio

Sodio

Carbonatos

Bicarbonatos

Sulfatos

Cloruros

Sólidos totales disueltos

Alcalinidad total

Conductividad eléctrica.

VI.3 Sólidos Totales Disueltos

Los sólidos totales disueltos son la suma de todos los elementos que el agua ha incorporado durante su trayectoria.

El agua de lluvia al precipitarse, lleva consigo sustancias disueltas en concentraciones bajas, al tener contacto con la superficie terrestre, inicia de inmediato su acción disolvente y de intercambio iónico, proceso por los cuales aumenta su contenido de sales, es en el suelo donde el agua adquiere sus características geoquímicas, a medida que se infiltra en las capas del subsuelo y al entrar en contacto con las rocas, las disuelve y origina cambios en su composición química.

En general la composición química del agua depende de factores como: solubilidad y composición de las rocas, aunado a la composición química previa del agua, además del tiempo y área de contacto con las formaciones.

En el área de estudio las concentraciones de sólidos totales disueltos es baja, del orden 675 ppm. promedio.

En la zona de manantiales del Cañon del Marques de Aguayo, las concentraciones de sales detectadas son bajas, del orden de los 612 ppm. Hacia el valle Lamadrid-Sacramento, observamos un ligero incremento en los sólidos totales disueltos con un promedio de 663 ppm.

**RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICO DE LAS MUESTRAS DEL AREA
DE LAMADRID, COAHUILA**

NOMBRE	NUMERO	TIPO	TEMP. °C	P H	ALCALI- NIDAD TOTAL ppm	DUREZA TOTAL ppm	DUREZA Ca ppm	DUREZA Mg ppm	S.T.D ppm	CATIONES			ANIONES										
										Ca ++	Mg ++	Na +	HC03-	CO3 =	Cl-	SO4 =							
										ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm						
MENCHACA	A1	M	23	7.5	360	650	400	250	1028	160	7.98	60	4.54	43	1.69	384	6.29	27	0.90	34	0.96	320	6.66
-----	A2	P	26	7.6	360	250	200	50	557	80	7.99	12	0.99	51	2.24	364	6.00	0	0	30	0.80	18	0.36
F. DEL CARMEN	A3	M	25	7.8	315	320	230	90	645	92	4.57	22	1.81	49	2.12	384	6.25	0	0	32	0.90	64	1.33
-----	A4	P	22	7.5	225	550	370	180	616	148	7.37	44	3.62	22	0.91	274	4.45	0	0	88	2.48	240	5.00
-----	A5	P	26	7.8	210	360	280	80	625	112	5.55	19	1.56	39	1.71	256	4.20	0	0	41	1.16	188	3.50
HIGUERA	A6	M	23	7.0	360	290	210	70	604	84	4.19	17	1.40	63	2.74	311	5.10	27	0.90	28	0.79	74	1.54
CASITA	A7	M	25	7.5	360	410	320	90	719	128	6.39	22	1.81	34	1.47	366	6.00	0	0	21	0.59	148	3.08
OTO GRANDE	A8	M	22	7.4	285	310	180	130	529	72	3.59	31	2.55	21	0.92	348	5.70	0	0	23	0.65	34	0.71
ZUMBADORA	A9	C	25	7.4	240	410	320	80	653	132	6.59	19	1.56	19	0.64	293	4.80	0	0	32	0.90	159	3.29
M. DE AGLAYO	A10	M	22	7.4	230	220	180	50	586	72	3.59	12	0.99	66	2.66	473	6.60	0	0	23	0.65	10	0.21
MORITA	A11	M	24	6.9	300	610	470	140	875	168	9.36	34	2.80	0	0	366	6.00	0	0	27	0.76	250	5.41

M = MANANTIAL

P = POZO

C = CORRIENTE SUBTERRANEA

Figura VII

VI.4 Familias de Aguas

Para realizar la clasificación de las muestras de agua con base a su composición se utilizó el método de diagramas triangulares, este diagrama está constituido por dos triángulos equiláteros inferiores y un rombo central superior. En el triángulo izquierdo se graficaron las concentraciones en por ciento, de los principales cationes y en el derecho las concentraciones en por ciento de los aniones, obteniendo una representación puntual en ambos triángulos, estos puntos deben proyectarse en el rombo central, la intersección de estos nos dará, considerando a los aniones y cationes predominantes, el tipo de familia de agua a que pertenece la muestra.

De acuerdo a este método se clasificaron las muestras obteniendo el tipo de familia a que pertenece, como se puede observar en la figura VI.2. Se presenta también una comparación de los iones (cationes-aniones) de manera gráfica como se observa en la figura VI.3, 4 que junto con los resultados mencionados se utilizaron para delimitar las áreas en las que predominan familias de agua, como son las del Cañon del Marqués de Aguayo, que se clasificó como Calcico-Bicarbonatada, lo que indica que corresponden a acuíferos emplazados en calizas únicamente.

En el valle de Lamadrid-Sacramento, en el Potrero de Manchaca y el flanco Noroeste a la sierra Cristo el agua del subsuelo pertenece a las familias, Calcico-Bicarbonatada y calcico sulfatada, esta última es debido a la presencia de yesos y anhídritas que existen entre los rellenos de los valles.

CLASIFICACION GEOQUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA POR MEDIO DEL DIAGRAMA DE PIPER

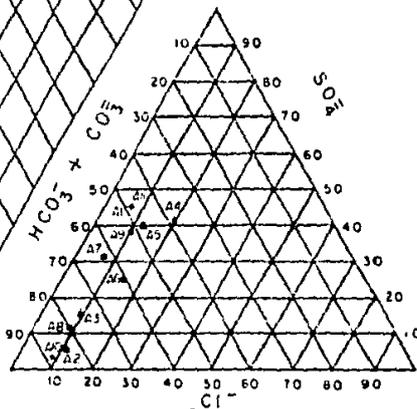
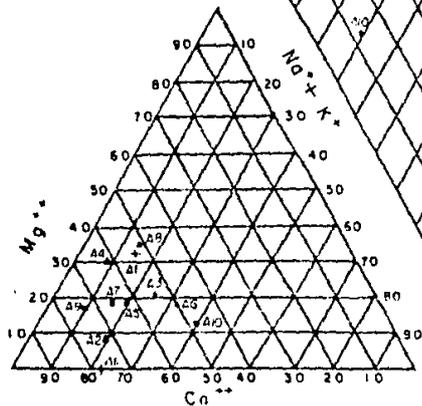
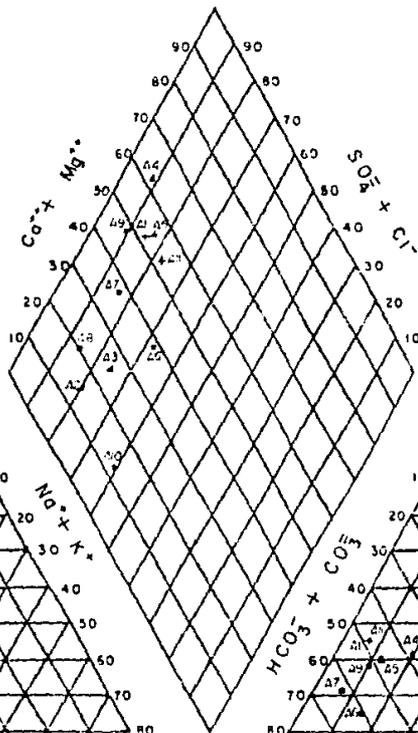
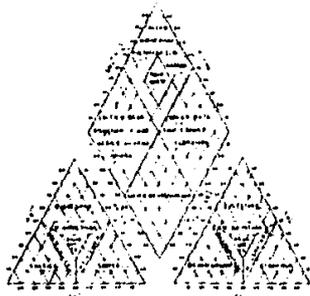


FIGURA VI 2

• Cabon del Marqués de A
 ▲ Yope Lamadri-Sacramento
 + P de Manchaca-H.E. de
 o S. Cristo

COMPARACION DE IONES CACIONES

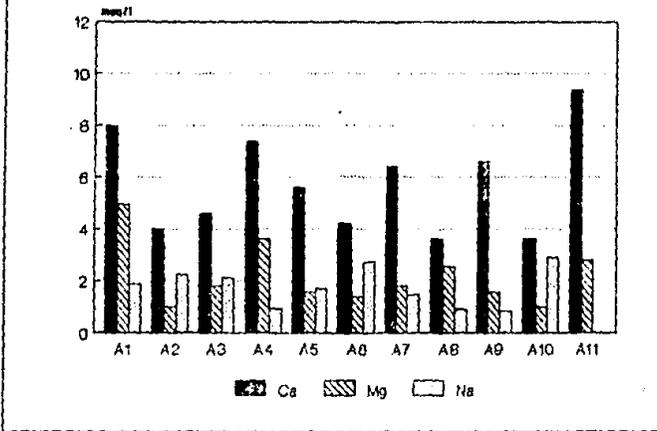


FIG. VI.3

COMPARACION DE IONES ANIONES

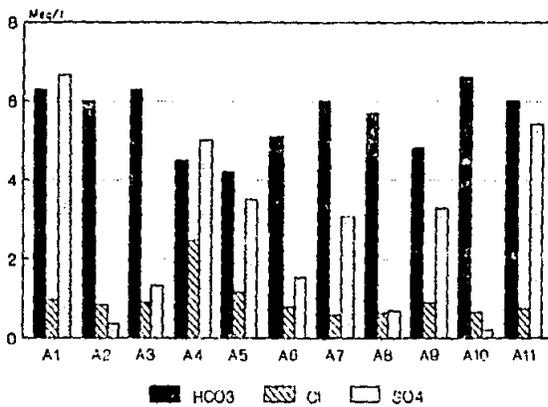


FIG VI. 4

VI.5 Interpretación de los Resultados

En el valle de Lamadrid-Sacramento predominan dos familias de agua, Calcico-Sulfatada, debido a la presencia de horizontes de yesos y anhidritas que existen entre los rellenos del valle, esta se localiza al Norte del poblado de Lamadrid.

Para el tipo de agua calcico-Bicarbonatada, su distribución es al pie de la sierra de Nadadores, cercano al poblado de Sacramento, ambas familias de aguas presentan un porcentaje bajo de sólidos totales disueltos del orden 657 ppm de acuerdo al contenido de sólidos totales disueltos el agua analizada puede ser utilizada como potable, así como para uso de riego.

En el Cañon del Marqués de Aguayo como se menciono anteriormente pertenece a la familia de agua, Calcio-Bicarbonatada, la concentración de sólidos totales disueltos es del orden de los 618 ppm, con base a estos índices el agua estudiada de esta región puede ser destinada como potable así como para riego.

Utilizando también el método descrito por Makey y Miffilin (1966) que utiliza para clasificar el sistema de recarga, considera que al circular el agua a través de las calizas, disuelve principalmente carbonatos y calcio de manera que las concentraciones de cloruros y sulfatos son bajas, por lo que los acuíferos con recarga de tipo local se caracterizan por presentar bajos contenidos de Na+K y Cl+SO₄, debido a la poca distancia que recorren.

Los valores de $\text{Na}+\text{K}$ y $\text{Cl}+\text{SO}_4$, se van incrementando de acuerdo al agua recorre mayor distancia lo que se ha utilizado como base para diferenciar sistemas de recarga.

En la figura VI.5 se graficaron los valores de $\text{Na}+\text{K}$ contra $\text{Cl}+\text{SO}_4$, se marcaron dos líneas para diferenciar los sistemas, los cuales se clasifican como recarga de tipo muy local, local y regional.

Como se puede observar en la figura las muestras del Cañón, del Marqués de Aguayo presentan una tendencia de recarga de tipo regional, con excepción de la muestra A10 que presente una recarga de tipo local, de acuerdo a estos resultados, estos manantiales, son susceptibles de explotarse, ya que la permanencia del agua en estos, se asocia con grandes trayectorias de flujo, independientemente del grado de permeabilidad.

Otro tipo de grafica utilizada es la propuesta por C.T. RIGTHMIRE, 1974 (en Bach y Zoetl, 1975), y consiste en la relación entre el cociente SO_4/Cl y la concentración de sulfatos, debido a que estos iones no se observan con frecuencia en la composición mineralogica de las rocas carbonatadas, por lo que se infiere que se observan valores altos tanto en el cociente del SO_4/Cl o concentración del sulfato.

Los valores bajos del cociente SO_4/Cl menores a 0.2 y contenidos altos de sulfatos mayores a 2000 ppm., indican una influencia de agua marina, por el contrario valores menores a estos índices, manifiestan agua de reciente infiltración.

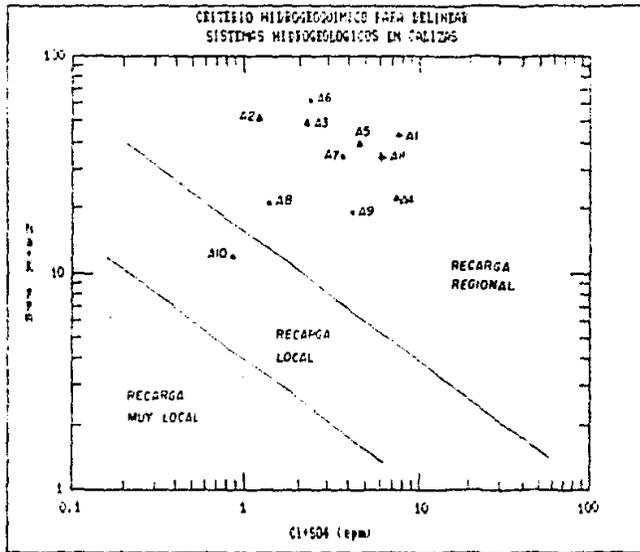


FIG. VI 5

- CAÑON DEL MARQUES DE A.
- ▲ VALLE LAMADRO-SALTIMENTO
- ◆ P. DE MENCHACA - F. NE DE LA S CRISTO

En la figura VI.6 se pueden observar dos líneas las cuales representan la trayectoria de evolución de estos iones, la que se localiza en la parte superior izquierda nos indica la tendencia de disolución del yeso, la que se ubica en la parte inferior derecha representa, mezcla con agua de mar.

Como se observa, de esta manera puede diferenciarse los procesos geoquímicos de dilución, disolución y mezcla.

Para las muestras del Cañón de Marques de Aguayo se observa una tendencia de evolución sobre la línea de disolución del yeso, como se ven con las muestras A6, A7, A8, A9, A10 lo cual indicaría en esta dirección, disolución de la calcita y sentido del flujo subterráneo.

Las muestras A2, A3, A4 y A5 presentan un proceso geoquímico de incremento de sales por disolución a lo largo de la trayectoria de flujo, debido a un enriquecimiento producido por la presencia de depósitos evaporíticos altamente solubles, principalmente en las muestras A1 y A11.

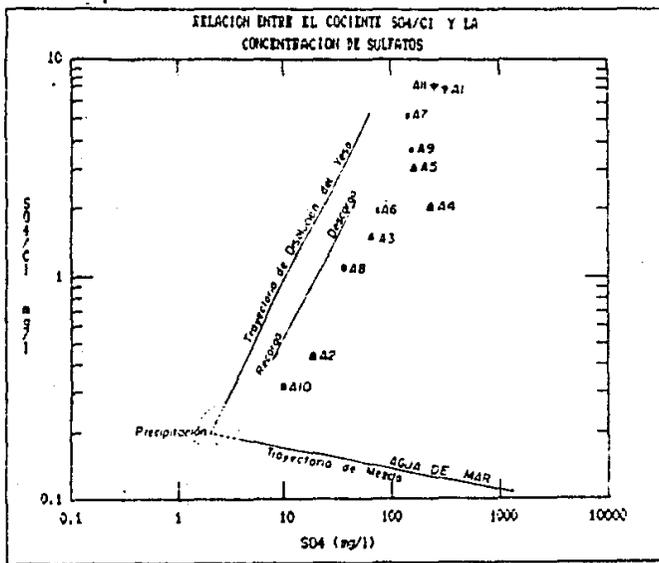


FIG VI.6

- CAJON DEL MARQUES DE A
- ▲ VALLE LAMADRID-SACRAMENTO
- † P DE MENCHACA - F NE DE
- L C S CRISTO

VII. HIDROLOGIA SUBTERRANEA

VII.1 Modelo Conceptual

En el área de estudio se diferenciaron dos tipos de acuíferos, uno, libre que se localiza en materiales aluviales que rellenan a los valles, se caracterizan por presentar un mayor contenido en el porcentaje de sólidos totales disueltos, con predominio de iones de calcio, sulfatos así como bicarbonatos lo que determina que el tipo de agua es calcita-sulfatada y calcio-bicarbonatada como se presenta en la región de Sacramento.

Los acuíferos granulares dispuestos en los valles, se componen de clastos de diversos tamaños, lo que permite la recarga directamente por el agua de lluvia, así como las descargas de las calizas a través de los manantiales, que posteriormente se infiltra a los rellenos. Este acuífero es de poca potencialidad, debido al poco espesor que presenta, así como al contenido de iones de sulfatos la que afecta la calidad del agua.

El acuífero en rocas calizas de la Formación Aurora y Cupido, se caracterizan por tener bajas concentraciones de sales, por lo general predominan los iones de calcio y bicarbonatos. Su recarga es a partir de los afloramientos que en las partes altas afloran y en la que se infiltra a través de las fracturas y conductos de disolución de las rocas calizas, por lo que posteriormente circula hacia porciones topográficas de menor altura, a donde aflora en forma de manantiales, o son explotados por medio de pozos.

Este acuífero es de tipo confinado, teniendo como confinante en la parte superior los sedimentos arcillosos de la Formación Hiamichi, se considera que en la parte inferior la unidad confinante es una serie de cambios de facie entre las Formaciones La Virgen y La Mula.

Debido al poco espesor que presentan los sedimentos arcillo-calcáreos de la Formación la Peña, la que se encuentra dividiendo a ambas formaciones se le considera que funciona como una unidad impermeable, aunque por las condiciones antes mencionadas y debido a la gran potencialidad de ambas formaciones (Aurora y Cupido), puede permitir el flujo entre ambas unidades acuíferas.

La heterogeneidad en la permeabilidad de las rocas calizas origina zonas impermeables, así como áreas de permeabilidad alta, debido al grado de fracturamiento, además presenta una porosidad primaria intergranular o intraesquelética de acuerdo a las condiciones de depósito (Medio ambiente arrecifal), otras de las características de las calizas es su gran solubilidad lo que da origen a oquedades de disolución dando como resultado una porosidad, secundaria, como se mencionó anteriormente estas condiciones no son homogéneas, lo que ocasiona que se presenten pozos con cantidades considerables o pozos con menor gasto o inclusive secos, debido a estos aspectos es importante delimitar zonas arrecifales ya que ofrecen mayores perspectivas para obtener un mayor gasto.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VIII.1 Conclusiones

PRIMERA.- El área de estudio pertenece a la región hidrológica No. 24 Brevo-Donchos, ubicada dentro de la cuenca, D.F., Falcón R. Salado y a la Subcuenca g. R. Salado de Nadadores y comprende una extensión aproximada de 1000 kilómetros cuadrados, con una lámina de precipitación media de 488 mm y un volumen llovido de $44466.2 \times 10 \text{ exp. } 6 \text{ m}^3$, una temperatura media de 20.9 grados centígrados, y evaporación potencial de 1986.7 mm.

SEGUNDA.- En la región del Cañon del Marques de Aguayo se cartografiaron las Formaciones Cupido, Fefa, Aurora, y Mianichi, lo que nos define de acuerdo a los datos estructurales una ventana erosional.

TERCERA.- Se determinaron dos tipos de acuíferos el primero corresponde a la de los materiales que rellenan el valle y el segundo acuífero ubicado en rocas calizas.

CUARTA.- El acuífero aluvial que se localiza en el Valle Lamadrid-Sacramento, presenta poca permeabilidad, por lo tanto poca recarga, alto contenido de arcillas y sales que afectan la calidad del agua.

QUINTA.- El acuífero calizo localizado en las Formaciones Aurora y Cupido, presenta alta permeabilidad y por lo tanto agua de buena calidad, en donde predominan los iones de calcio y bicarbonatos.

SEXTA.- La Formación Aurora ocupa principalmente las partes altas de las sierras, convirtiéndola en excelente receptor para la recarga, por lo que lo convierte en uno de los acuíferos más importantes para la región, al igual que la Formación Cupido.

SEPTIMA.- El resultado de los estudios geoquímicos indican que las aguas de los manantiales en calizas son de buena calidad y que los aprovechamientos en el acuífero aluvial tienden a tener mayor concentración de sales, por lo que afecta la calidad del agua.

OCTAVA.- Con base en el criterio hidrogeoquímico para delinear sistemas hidrogeológicos en calizas, se observa que los manantiales que afloran a lo largo del Cañón del Marqués de Aguayo, pertenecen a un sistema regional de recarga, asociada a una trayectoria de flujo largo.

NOVENA.- De acuerdo a las características antes mencionadas estos manantiales pertenecen a un acuífero cuya capacidad de almacenamiento es grande, por lo que su explotación a largo plazo es prometedor.

DECIMA.- Es importante tomar en cuenta que existe una diferencia en los gastos aforados de la corriente de la Caverna Zumbadora (240 lps) y el manantial de La Casita (140 lps).

DECIMA PRIMERA.- Debido a que no se tiene localizado el sitio o estructuras favorables, para la perforación de un pozo exploratorio, es importante delimitar áreas para realizar está, para aprovechar el acuífero en calizas.

VII.2 Recomendaciones

PRIMERA.- Es importante realizar un muestreo geoquímico del agua de las diferentes fuentes, uno programado durante la época de estiaje y la otra posterior a la temporada de lluvia, con el objeto de determinar las variaciones ocurridas en los sistemas acuíferos.

SEGUNDA.- Se sugiere explotar los flujos regionales, como es el caso de la Caverna Zumbadora, así como las fuentes asociadas a flujos de recarga local, teniendo en cuenta su evolución piezométrica.

TERCERA.- Considerando que ambas fuentes (Zumbadora y la Casita), son alimentadas por el mismo sistema acuífero, sería más atractivo explotar el gasto de la corriente Zumbadora.

CUARTA.- Se recomienda que antes de planear explotar la corriente de la Caverna Zumbadora es necesario aplicar un trazador ambiental para establecer la posible relación que pudiese existir entre la corriente de la Zumbadora y los demás manantiales que afloran a lo largo del Cañón del Marqués de Aguayo, principalmente con el manantial La Casita.

QUINTA.- Se sugiere como otra alternativa, realizar una prueba de bombeo en la Caverna Zumbadora para conocer el efecto de abatimiento sobre los otros manantiales, principalmente con el manantial La Casita.

SEXTA.- Por las características estructurales que presenta el área al NW de Lamadrid, esta se recomienda como posible zona de la ubicación para la perforación de un pozo exploratorio.

SEPTIMA.- Se recomienda llevar a cabo sondeos eléctricos en el área propuesta para definir la posible ubicación del pozo exploratorio.

OCTAVA.- Para un mejor aprovechamiento y planeación en la distribución del agua se recomienda construir un depósito con mayor capacidad de almacenamiento, para suministrar agua al poblado de Lamadrid, Coah.

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

AGROGEOLOGIA, S.A.

Estudio Geohidrológico Preliminar de la zona Carbonífera, Estado de Coahuila, S.A.R.H. 1977.

AGROGEOLOGIA, S.A.

Estudio de la Prospección en la zona de Las Cuevas-La Partida, en el Estado de Coahuila. S.A.R.H. 1986.

BACK W. AND HANSHAW.

Hydrogeochemistry of the Northern, Yucatan Peninsula, México. 1974

CANTU, SANDOVAL, ARENAS.

Evolución Sedimentaria del Cretácico Inferior en el Norte de México. Revista IMP., Vol. XVIII, No. 2. 1985.

CDNEY F.J.

Un Modelo Tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. Rev. IMP. Vol. 15, No. 1, pp. 6-16. 1983.

CORTES ALEJANDRA.

Hidrología Isotópica. Instituto de Geofísica. UNAM.

CUEVAS LEERE JUAN A.

Etapas de Exploración en la Región con
posibilidades Petrolíferas (Área Golfo Mesozoico
de Sabinas) Tesis Profesional. UNAM. 1979.

CUSTODIO Y LLANAS.

Hidrología Subterránea (2 tomos). Ed. Omega. 1976.

CHARLESTON SANTIAGO.

Stratigraphy, Tectonics, and Hydrocarbon Potential
of the Lower Cretaceous, Coahuila Series. Coahuila
México University of Michigan, 1973.

FLORES LOPEZ ROBERTO.

Análisis Tectónico-Estructural del Golfo de
Sabinas a partir de datos del subsuelo, superficie
y satélite. Rev. I.M.P. 1980.

GARCIA ENRIQUETA.

Modificaciones al Sistema de Clasificación
Climática de Köppen. Instituto de Geografía UNAM.

BARZA GONZALEZ ROMERO.

Modelo Sedimentario del Albiano-Cenomaniano en la
porción Sureste de la Plataforma de Coahuila.
AMGP. Vol. 25. pp. 311-329. 1973.

HIDROGEOLOGIA, S.A.

Servicios de Prospección y Levantamientos
Geológicos y Geofísicos en la zona de Castaños,
Estado de Coahuila. S.A.R.H. 1980.

HARMON, R. S.

Chemistry of Carbonate Denudation in North America. Trans Cave Research Group of Great Britain. Vol. 14. No. 2. pp. 96-103. March 1972.

HUMPHERY E. W., and DIAZ.

Jurassic and Lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonic of Northeast México. 1956.

IMLAY R.W. Neocomian Faunas of Northern México. Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 51. pp. 117-190. 1940.

ININSA, S.A. Estudio Geohidrológico Preliminar de la zona de Cuatro Ciénegas, Coahuila. S.A.R.H. 1981.

ININSA, S.A. Estudio Geohidrológico Preliminar de la zona de Mondulova, S.A.R.H. 1981.

HEINS LESSER J.

Acumulación de Agua Dulce en las Calizas del Cretácico en el area de Monterrey, N. L. AMGF. Vol. X No. 11 y 12. 1958.

LESSER J. M. Hidrogeoquímica de las Aguas Subterráneas. Isotopos ambientales en la Geohidrología. 1989.

MARQUEZ, et. al.

Evolución Petrolera de la Serie Coahuila, NE de México. III Simposium de Geología del Subsuelo, Zona Norte. PEMEX Reynosa Tamp. 1978

MOXEY, D. G. y MIFFLIN, D. N.

Occurrence and Movement of groundwater in Carbonated rocks of Nevada, National Speleol. Soc. Bull. Vol. 28, No. 3.

PADILLA Y SANCHEZ, R. J. (1986).

Post-Paleozoic of Northeast Mexico and its role in the evolution of the Gulf of México. Rev. Geofísica Internacional. Vol. 25 No. 1 pp. 157-206.

PEMEX 1973. IV Excursión Geológica al NE de México. Torreon Coahuila, Monterrey N. L. Anecife Cupido Area Monterrey N.L. Pag. 95-105.

TINAJERO, G. J. A. y VELAZQUEZ A. L.

Comportamiento geohidrológico del sistema de pozos cerritos Monterrey, N.L. Ingeniería Hidráulica en México. 1986. TINAJERO G.J.A. Y VELAZQUEZ A. L. Geoquímica de los acuíferos del Noreste. Comisión del Plan Nacional Hidráulico. S.A.R.H. 1978.

VELAZQUEZ A. L.

Aplicación de Principios geoquímicos en la hidrología karstica de la Península de Yucatán. S.A.R.H. 1986.

VELAZQUEZ AGUIRRE LUIS.

Definición del Funcionamiento Hidrogeológico de los Sistemas Karsticos del Area de Monterrey, N. L. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. 1985.

WILSON T.S. Deriva Continental y Tectónica de Placas. Scientific American 2a. Edición. Ed. Blume Madrid. 1965.

ZWANZINGER A. J.

Geología Regional del Sistema Sedimentario Cupido. III Simposium de Geología del Subsuelo, Zona Norte. FEMEX., Reynosa Tamps. 1978.

