

22
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

INTERPRETACION HIDROGEOLOGICA A PARTIR DE
UN ANALISIS GEOLOGICO-ESTRUCTURAL DE LA
ZONA EL HUIZACHE, EDO. DE SAN LUIS POTOSI.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A N :

Rosalina Rocha Cruz
Beatriz Vázquez Sánchez

MEXICO, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1991



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

	pág.
RESUMEN	1
I GENERALIDADES	3
I.1 Antecedentes	3
I.2 Objetivos	4
I.3 Localización del área de estudio	5
I.4 Vías de acceso	5
I.5 Método de trabajo	5
I.5.1 Actividades de campo	5
I.5.2 Actividades de gabinete	7
I.6 Contenido	9
II FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA	11
II.1 Fisiografía	11
II.2 Orografía	11
II.3 Hidrografía	14
II.3.1 Región Hidrológica	15
II.4 Geomorfología	17
II.4.1 Relieve de rocas sedimentarias plegadas	17
II.4.2 Relieve de rocas intrusivas	17
II.4.3 Relieve de rocas volcánicas	18
II.4.4 Relieve Acumulativo	18
II.5 Climatología	18
II.5.1 Análisis de Precipitación Pluvial (1970-1983)	20
II.5.2 Análisis de Temperatura (1970-1983)	23
II.5.3 Cálculo de la Evapotranspiración real	24
III ESTRATIGRAFIA	29
III.1 Descripción General del Marco Estratigráfico	29
III.2 Formación El Abra (Cretácico Medio)	31

III.3	Formación Tamasopo (Cretácico Superior)	34
III.4	Formación Cárdenas (Cretácico Superior)	36
III.5	Conglomerados (Terciario)	38
III.6	Intrusivo (Terciario)	38
III.7	Rocas Igneas Extrusivas (Cuaternario)	38
III.8	Aluvión (Reciente)	42
IV	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	44
IV.1	Interpretación estructural de la imagen de satélite.	44
IV.2	Descripción de Estructuras	46
IV.2.1	Anticlinales	46
IV.2.2	Sinclinales	48
IV.2.3	Fallas	49
IV.3	Roseta de fracturas	51
V	HIDROLOGIA SUBTERRANEA	
V.1	Piezometría	54
V.2	Resultado del Censo de aprovechamientos en 1979 y 1990	54
V.3	Profundidad al Nivel Estático en 1979 y 1990	58
V.4	Elevación al Nivel Estático en 1979 y 1990	60
V.5	Evolución al Nivel Estático 1979-1990	63
V.6	Interpretación de pruebas de aforo	66
V.7	Ecuación de Balance de Aguas Subterráneas	69
VI	HIDROGEOQUIMICA	75
VI.1	Generalidades	75
VI.2	Caracterización Fisico-química del agua y su representación en los diagramas hidrogeoquímicos	75
VI.3	Comparación del muestreo 1979-1990	82
VI.4	Calidad del agua	94

VII	HIDROGEOLOGIA	99
VII.1	Interpretación de las Unidades Hidrogeológicas	
VII.1.1	Acuíferos en rocas porosas con importancia hidrogeológica relativa de grande a pequeña.	99
VII.1.2	Acuíferos en rocas fracturadas con importancia hidrogeológica relativa de grande a pequeña.	103
VII.1.3	Acuíferos en rocas porosas o fracturadas con importancia hidrogeológica muy pequeña o nula.	105
VII.2	Carst	107
VIII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
VIII.1	Conclusiones	109
VIII.2	Recomendaciones	112
	Bibliografía	114
	Anexos:	
	Descripción de Cortes Litológicos	
	Descripción de afloramientos en campo	
	Petrografía	
	Secciones Geológicas	
	Mapas	

FIGURAS

	pág.
FIGURA I.3 Localización del área de estudio y Vías de acceso	6
FIGURA II.1 Provincia Fisiográfica	12
FIGURA II.3.1 Región Hidrológica	16
FIGURA II.5 Clasificación Climatológica de acuerdo a Köppen	21
FIGURA II.5.1 Isotermas del área de estudio y zonas adyacentes	22
FIGURA II.5.2 Isoyetas del área de estudio y zonas adyacentes	22
FIGURA III.1 Plataforma Valles- San Luis Potosí	30
FIGURA III.6 Localización de algunos Xalapazcos en el Edo. de San Luis Potosí	40
FIGURA IV.1 Interpretación Estructural de la Imagen de Satélite	45
FIGURA IV.3 Roseta de Fracturas	53
FIGURA V.3.1 Profundidad al Nivel Estático, Mayo-Junio, 1979.	59
FIGURA V.3.2 Profundidad al Nivel Estático, Julio 1990.	61
FIGURA V.4.1 Elevación al Nivel Estático Mayo-Junio, 1979.	62
FIGURA V.4.2 Elevación al Nivel Estático, Julio 1990	64
FIGURA V.5 Evolución del Nivel Estático (período 1979-1990)	65
FIGURA VI.2.1-VI.2.6 Diagramas de Piper	83
FIGURA VI.2.7-VI.2.9 Diagramas de clasificación del agua para riego	89
FIGURA VI.3 Configuración de S.T.D. (1990)	93

TABLAS

	pág.
TABLA II.5.3 Precipitación media anual (1970-1983)	26
TABLA II.5.4 Temperatura media anual (1970-1983)	26
TABLA III. Correlación Estratigráfica	43
TABLA V.2 Censo de Aprovechamientos de 1990.	55
TABLA V.7 Piezometria y Evaluación	67
TABLA VI.2 Análisis Químico del agua en 1990.	76
TABLA VI.3 Análisis Químico del agua en 1979.	95
TABLA VI.4 Normas de Potabilidad del agua	98

GRAFICAS

Gráfica II.5.1 Estación Climatológica El Huizache	
Precipitación media mensual (1970-1983)	27
Gráfica II.5.1.2 Estación Climatológica Palo Blanco	
Precipitación media mensual (1970-1983)	27
Gráfica II.5.2 Estación Climatológica El Huizache	
Temperatura media mensual (1970-1983)	27
Gráfica II.5.2.1 Estación Climatológica Palo Blanco	
Temperatura media mensual (1970-1983)	27
Gráfica II.5.3 Estación Climatológica El Huizache	
Precipitación media anual (1970-1983)	28
Gráfica II.5.3.1 Estación Climatológica Palo Blanco	
Precipitación media anual (1970-1983)	28
Gráfica II.5.4 Estación Climatológica El Huizache	
Temperatura media anual (1970-1983)	28
Gráfica II.5.4.1 Estación Climatológica Palo Blanco	
Temperatura media anual (1970-1983)	28
Gráfica V.6 Interpolación Qe/T	70

RESUMEN

El área de estudio se localiza en la parte noreste del Edo. de San Luis Potosí, entre las coordenadas geográficas 22°53'-23°10' de latitud Norte y 100°10'-100°37' de longitud Oeste. Está ubicada dentro de la Subprovincia Fisiográfica Sierras y Llanuras Occidentales, la cual a su vez pertenece a la Provincia Sierra Madre Oriental.

En la zona de estudio afloran rocas sedimentarias e ígneas tanto intrusivas como extrusivas, presentando un rango de edad del Cretácico Medio al Reciente. La unidad más antigua corresponde a las calizas post-arrecifales de la Formación El Abra, sobreyacidas discordantemente por las calizas de estratificación mediana de la Formación Tamasopo, ésta última de edad Turoniano-Senoniano Superior. La Formación Cárdenas, constituida por calizas, lutitas y areniscas calcáreas descansa en forma concordante sobre la Formación Tamasopo. De las 3 formaciones Cretácicas La Formación Cárdenas es la más joven, de edad Campaniano-Maestrichtiano.

Las formaciones calcáreas forman estructuras anticlinales y sinclinales, sinclinales, cuyos ejes presentan orientación que varía de NE-SW en la parte sur de la zona a N-S en la parte norte afectados por fallas normales.

Las rocas terciarias están representadas por conglomerados calcáreos que se encuentran en los valles intermontanos y un intrusivo de composición diorítica en la parte norte, cerca del poblado Milagro de Guadalupe.

Las rocas cuaternarias corresponden a derrames basálticos y estructuras volcánicas localizadas junto al poblado la Pólvora. En

la parte sur del área estudiada se presentan 3 depresiones de forma elíptica conocidas como xalapazcos, compuestos tobas basálticas, rocas del manto y corteza superior.

El material aluvial y abánicos aluviales se encuentran ampliamente distribuidos en los valles y al pie de las grandes sierras, respectivamente.

El fracturamiento local preferencial en la zona tiene dirección NE-SW y E-W; las fallas locales y regionales presentan rumbo principalmente N-S.

Existen 3 tipos de acuíferos en la zona de estudiada:

a) El acuífero libre, compuesto por material no consolidado de arenas, gravas y arcillas, intercalado con material yesífero. Actualmente es el más explotado, el nivel estático es de 43 m en promedio, y el gasto de los pozos es de 30 l.p.s.

b) El acuífero libre-semiconfinado que está en las lutitas calcáreas de la Formación Cárdenas, está poco explorado y explotado en la zona de estudio, la calidad del agua en esta unidad es buena.

c) El acuífero semiconfinado-confinado contenido en las calizas de la Formación Abra, está poco explotado, siendo a futuro el más importante en la zona. Los pozos perforados en él proporcionan buenos gastos (de 3 hasta 98 lps), el nivel estático promedio es de 69 m.

El clima de la zona es seco-semiárido, por lo tanto la precipitación es escasa. La recarga del acuífero es principalmente por flujo subterráneo con dirección norte-sur y sur-norte, que viene desde Matehuala y de la parte sur del área estudiada.

EL agua de los acuíferos pertenece a la Familia Sulfatada y/o clorurada cálcica y/o magnésica, el sulfato, cloro y bicarbonatos son los iones que están en mayor concentración.

I GENERALIDADES

I.1 Antecedentes

El agua es un recurso natural necesario para el desarrollo del ser humano, pero su escasez representa un problema latente que afecta a varias partes de la Republica Mexicana, agudizándose en aquellas regiones donde las condiciones geográficas, orográficas y climatológicas provocan la baja existencia de lluvia . El 42% del país presenta precipitaciones medias anuales inferiores a los 500 mm, correspondiendo estos valores a un clima seco-semiárido (Plan Nacional Hidrológico, 1981).

Las condiciones que presenta la zona de estudio se asemejan al marco climatológico antes descrito, teniendo como resultado la difícil búsqueda de lugares que reúnan las condiciones apropiadas para la exploración y explotación de aguas subterráneas.

En lo que se refiere a trabajos anteriores al presente, se pueden mencionar principalmente los de carácter geológico, entre los que destacan los elaborados por PEMEX (1967,1981) y los desarrollados por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (U.A.S.L.P.), con interés petrolero y minero, respectivamente.

El presente trabajo, con enfoque hidrogeológico, se coloca como uno de los primeros en la materia, a excepción del elaborado por Geohidrológica Mexicana (1979), denominado Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en la zona de Charco-Matehuala, San Luis Potosí.

Actualmente la zona cuenta con pocos aprovechamientos destinados para riego y uso doméstico, por lo que algunos poblados tienen la necesidad de conseguir el agua a través de particulares que cuentan con vehículo o a través de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), siendo ésta última la encargada de distribuirla por medio de pipas a las comunidades que carezcan de ella.

Por el marco de estudio que se presenta en la región y por estar enclavada en las zonas marginadas del Edo. de San Luis Potosí, surge el interés de encontrar nuevas fuentes de abastecimiento de agua subterránea para poder satisfacer las necesidades de las comunidades y lograr su desarrollo económico.

I.2 Objetivos

Este trabajo plantea diversos objetivos, todos encaminados a uno principal: la búsqueda de sitios recomendables para la exploración, y si las condiciones fueran favorables, la explotación del agua subterránea.

Entre los objetivos más importantes se tienen:

a) Identificar y cartografiar las unidades litoestratigráficas, así como rasgos estructurales locales y regionales, considerando su influencia en la ocurrencia del agua subterránea.

b) Elaboración de un mapa geológico, mostrando las unidades litoestratigráficas presentes y los rasgos estructurales más importantes de la zona de estudio, teniendo como base el trabajo de campo y gabinete.

c) Determinar la calidad del agua subterránea con base en el estudio hidrogeoquímico, y establecer el uso apropiado de la misma.

d) Definir las unidades hidrogeológicas, tomando como antecedente el marco geológico, y analizando preferencialmente aquellas con posibilidades de almacenar agua de buena calidad.

e) Elaboración del mapa hidrogeológico del área de estudio, mostrando las características de los acuíferos existentes.

I.3 Localización del área de estudio

El Área de estudio se localiza en la porción Noreste del Edo. de San Luis Potosí, cubriendo una extensión aproximada de 1,440 km², que incluye parte de los municipios de Guadalcázar, Villa de Guadalupe y Villa Hidalgo.

Geográficamente se ubica entre las coordenadas 22°53'-23°10'00 de latitud Norte y 100°10'-100°37' de longitud Oeste (Fig. I.3).

I.4 Vías de acceso

La principal vía de acceso a la zona de estudio corresponde a la carretera federal No. 57 "México-Piedras Negras", la cual cruza la mayor parte del Edo. de San Luis Potosí en dirección N-S, entroncando con la carretera federal No. 80 "Cd. Mante-Tamaulipas", ésta última se utilizó para visitar principalmente los poblados de la parte oriental y norte del presente trabajo.

La mayoría de los poblados se encuentran comunicados por caminos de terracería y brechas, transitables la mayor parte del año y que para el recorrido del área de estudio fueron de gran utilidad (Fig. I.3).

I.5 Método de trabajo

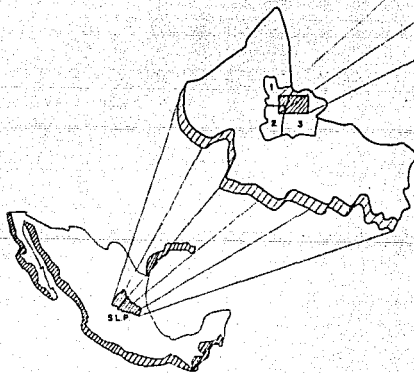
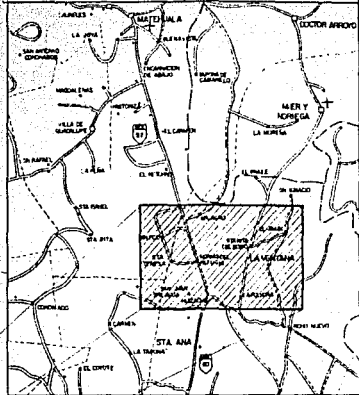
De acuerdo con los objetivos propuestos en el presente estudio y las posibilidades para su realización, se llevaron a cabo las siguientes etapas de trabajo:

I.5.1 Actividades de campo

1. Censo de Aprovechamientos. Este trabajo se realizó en un periodo de 12 días, correspondiendo éste a la etapa de estiaje en la zona. Consistió en la ubicación de pozos y norias en las cartas topográficas de INEGI, escala 1:50 000. De los aprovechamientos se midió su nivel estático o dinámico, según las condiciones del pozo

S I M B O L O G I A :

MUNICIPIO	-----	-----
CARRETERA	=====	=====
BRECHA	-----	-----
CIUDAD		□
POBLADO		•
LIMITE ESTATAL	-----	-----
AREA DE ESTUDIO		▨
MPIO. VILLA DE GUADALUPE		1
MPIO. VILLA DE HIDALGO		2
MPIO. GUADALCAZAR		3



ESCALA 1 : 800,000



FUENTE : SANDP, 1980.



AREA DE ESTUDIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

FIG I. 3. PLANO DE LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

en el momento del censo, así como la obtención de los principales datos de los mismos.

2. Muestreo de los aprovechamientos. Se tomaron muestras de agua de los pozos y norias de cada poblado, midiendo su temperatura y pH en ese momento. Las muestras se enviaron a un laboratorio para su análisis físico-químico y clasificarlas de acuerdo a los resultados.

3. Verificación de campo. Comprendió un periodo de 20 días en el cual se visitaron los lugares que se consideraron dudosos o de interés. En el mapa base elaborado en gabinete se anotaron rasgos geológicos sobresalientes que no habían sido observados y se realizó la descripción de los afloramientos y muestras de mano.

4. Colección de muestras de roca. Se llevó a cabo la colecta de muestras de rocas de los afloramientos más representativos de la zona con la finalidad de realizar la descripción petrográfica y paleontológica de las mismas, determinando además, facies reconocibles de la Formación El Abra.

5. Secciones Geológicas. Se realizaron secciones geológicas perpendiculares a las estructuras, atravesando los valles intermontanos y el Valle Matehuala-Huizache, para determinar la importancia de los mismos en la captación y dirección del flujo del agua subterránea.

I.5.2 Actividades de Gabinete

1. Se realizó la recopilación y análisis de los trabajos existentes, así como de las cartas topográficas, geológicas, climatológicas y de aguas superficiales de la zona y áreas adyacentes.

Las cartas utilizadas para el estudio son las siguientes:

Carta(s)	Clave(s)
Topográficas	F14A45-46, F14A55-56 (INEGI)
Geológicas	F14A45-46, F14A55-56 (INEGI)
Climatológica	14Q-1 (DETENAL)
Aguas Superficiales	F14-1 y 4 (DETENAL)

2. Interpretación de fotografías aéreas e Imagen de Satélite. Se interpretaron 50 fotografías aéreas verticales escala 1:50 000 elaboradas por INEGI y Aerofoto, S.A. En estas fotografías se marcaron los contactos litológicos y rasgos estructurales. La imagen de satélite sirvió para ilustrar un panorama regional de la geología estructural considerando su influencia en el comportamiento del agua subterránea.

3. Elaboración de un mapa base. Se elaboró un mapa base utilizando las fotografías aéreas, la imagen de satélite y la recopilación de la información existente de la zona de estudio.

4. Análisis petrográfico y paleontológico de las muestras de roca. Con el fin de conocer las facies presentes de la Formación El Abra en la zona de estudio, se prepararon 40 láminas delgadas de las muestras que se obtuvieron en campo, identificando los fósiles reconocibles contenidos y los procesos diagenéticos que de alguna forma influyen para la ocurrencia o ausencia del agua. Se anexa la descripción de algunas de las láminas y su fotografía.

5. Elaboración del texto final. Con base en la interpretación de los resultados obtenidos tanto de campo como de gabinete, se procedió a la elaboración de los mapas geológico e hidrogeológico, secciones geológicas, figuras, tablas y gráficas que conforman este trabajo.

I.6 Contenido

Para lograr los objetivos propuestos, el presente trabajo se desarrolló de la siguiente manera:

-El capítulo 1 contiene la localización del área, los objetivos y el método de trabajo en la zona de estudio.

-La fisiografía, geomorfología y climatología se tratan en el capítulo 2. Se utiliza la clasificación de Provincias Fisiográficas de INEGI, se realiza la descripción de las formas del relieve de la zona y para el análisis de la climatología se toma la información del Metereológico Nacional.

-En el capítulo 3 se describen las unidades litoestratigráficas existentes en la zona estudiada. De cada una se da su definición, distribución, litología y espesor, edad y correlación estratigráfica.

-El capítulo 4 contiene la descripción de las estructuras geológicas de la zona de estudio, teniendo como base la interpretación de la imagen de satélite LANDSAT de 5 y 7 bandas escala 1: 250, 000 y las fotografías aéreas verticales escala 1:50,000.

-Los resultados piezométricos que se obtuvieron en campo se analizan en el capítulo 5. Además se consultó como antecedente el trabajo realizado por Geohidrológica Mexicana (1979) para la interpretación de la evolución piezométrica y el balance de aguas subterráneas.

-El capítulo 6 contiene el resultado de los análisis físico-químicos de los aprovechamientos representativos de la zona en estudio. Al igual que en el capítulo 5, se tomó como antecedente los resultados químicos realizados en 1979 para hacer una comparación química de las aguas para ambos periodos.

-La descripción de las unidades hidrogeológicas en la zona de estudio se tratan en el capítulo 7, y quedan representadas en un mapa hidrogeológico que incluye su distribución y las características más importantes.

-En el capítulo 8 se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del procesamiento e interpretación de los datos durante el desarrollo del trabajo.

II FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

II.1 Fisiografía

De acuerdo con la clasificación de Provincias Fisiográficas elaborada por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), la zona de estudio queda comprendida dentro de la Subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales, caracterizada por presentar sierras bajas, plegadas y llanuras desérticas. (Fig. II.1)

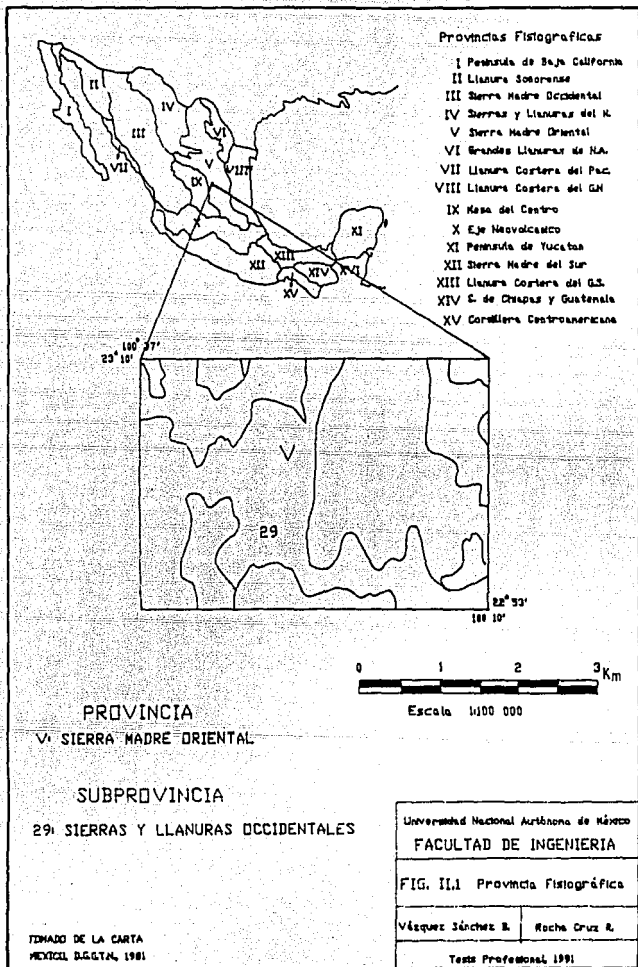
La Subprovincia de Sierras y Llanuras Occidentales pertenece a su vez a la Provincia de la Sierra Madre Oriental, la cual, en forma general, se puede definir como un paquete de sedimentos marinos mesozoicos y continentales cenozoicos deformados durante el Cenozoico, que ocupa la mayor parte del NE de México.

II.2 Orografía

Entre los rasgos orográficos predominantes en la zona estudiada y áreas aledañas, sobresalen las sierras abruptas, valles, lomeríos, volcanes y mesetas basálticas.

Las sierras alargadas constituyen un rasgo conspicuo, caracterizadas por una topografía abrupta y escarpada. Se encuentran ampliamente distribuidas en la porción central y oriental de la zona de estudio, separadas por valles intermontanos cuya orientación es la misma que las sierras, siendo ésta NNE-SSW. Sus altitudes oscilan entre 1,600 y 2,250 m.s.n.m., correspondiendo el caso al Cerro La Majada Blanca y Sierra La Peña, respectivamente. La litología que conforma a estas sierras está representada por rocas calcáreas.

Hacia la parte centro y occidental se localiza el valle principal de la zona estudiada, manifestándose como principal por su extensión y porque es el lugar en donde concentra la mayoría de



las captaciones subterráneas. A este valle alargado se le conoce como el Valle Matehuala-Huizache, con orientación norte-sur, y superficie aproximada dentro de la zona de trabajo de 300 Km². Presenta una altitud promedio de 1,320 m.s.n.m. y se encuentra constituido por gravas, arenas, limos y arcillas, cuya procedencia es producto de la erosión de rocas Mesozoicas de composición carbonatada, presentando intercalaciones de material yesífero.

En lo que se refiere a los valles intermontanos, éstos se localizan en la parte oriental de la zona estudiada, teniendo una altitud promedio de 1,500 m.s.n.m. Su orientación es paralela al de las mismas sierras y están constituidos por gravas, arenas y bloques, de composición principalmente carbonatada, teniendo además la presencia de material basáltico hacia el poblado de La Pólvora.

Las lomas aisladas se ubican en la porción central del Valle Matehuala-Huizache y en los valles intermontanos. Su altitud media sobre el nivel medio del mar es de 1,450 m. se cita como ejemplo al Cerro El Garambullo y Cerro El Prieto, localizados en el valle principal. La mayoría de estas lomas están constituidas por rocas carbonatadas, siendo la excepción el Cerro Los Siete Cerros, localizado cerca del poblado El Milagro de Guadalupe y cuya litología concierne a rocas ígneas intrusivas.

En la parte central y sur de la zona de estudio, cerca del poblado La Pólvora, resaltan 2 estructuras circulares, correspondiendo estas a volcanes de composición basáltica. A estos volcanes se les conoce con el nombre de Cerro Colorado, el cual presenta un truncamiento en su cono, y Cerro El Apaste. Ambos presentan una altitud promedio de 1,450 m.s.n.m. En las cercanías a estas estructuras se encuentran dispersos pequeños derrames basálticos, sobresaliendo el que se localiza junto al Cerro El Colorado.

En el poblado de San Juan sin Agua, localizado en la parte sur del Valle Matehuala-Huizache, se manifiesta una meseta basáltica.

siendo esta la mas importante y extensa en el area estudiada. Tiene una altitud de 1,350 m.s.n.m.

Por último, hacia la parte sur y oriental de la zona, se localizan 3 depresiones que corresponden a xalapazcos conocidos como Joya Prieta, Joya Contreras y El Banco.

II.3 Hidrografia

El drenaje es un factor importante y de gran ayuda en los trabajos geológicos. En la zona de estudio el sistema de drenaje denota el control estructural, resultado del plegamiento, fracturamiento y fallamiento que afectan principalmente a las rocas carbonatadas.

Por las condiciones climatológicas prevaletientes en la región explorada (escasa precipitación y gran evaporación), la existencia de corrientes superficiales se ve reducida, predominando las corrientes intermitentes, es decir, las que únicamente llevan agua en tiempos de lluvia.

El sistema de drenaje en la región está conformado por 2 subsistemas: el dendritico y el paralelo, ambos de tipo consecuente e intermitente.

En la porción oriental donde se distribuyen ampliamente las sierras alargadas y estrechas y los valles intermontanos, el drenaje paralelo desarrollado en las calizas plegadas es el más conspicuo; escurriendo directamente hacia los valles contiguos e infiltrándose en ellos. El drenaje dendritico se presenta en la parte oriental y norte, en las sierras más elevadas y anchas (e.i. Sierra La Peña), donde los arroyos son largos y zigzagueantes (desarrollándose a veces un drenaje rectangular) con sus vueltas pequeñas pero pronunciadas.

El drenaje en las sierras frontales al Valle de Matehuala-Huizache es paralelo. Hacia el valle principal confluyen las corrientes

procedentes de las sierras localizadas tanto en la parte este y oeste del valle antes mencionado.

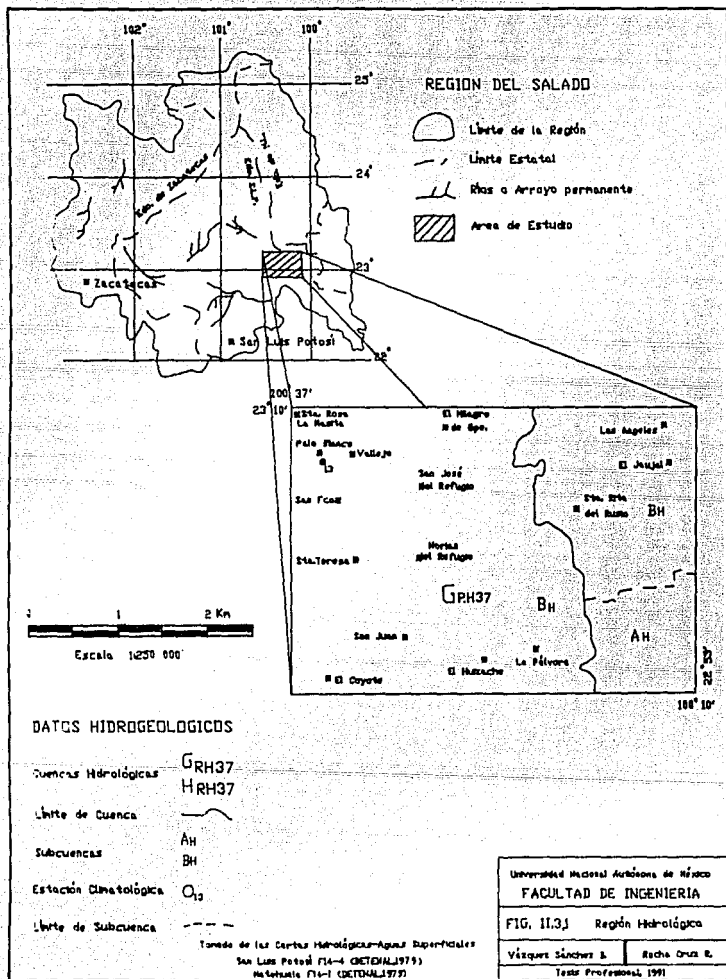
En forma general, el marco hidrográfico en la zona de estudio es el siguiente: El sistema de desagüe es endorréico, los arroyos son de flujo intermitente y consecuente, y sólo las tormentas violentas o bien las precipitaciones provocadas por las perturbaciones ciclónicas, causan el flujo superficial del agua. La falta de competencia de estas corrientes, hacen que al llegar a los valles formen amplios y extensos abanicos aluviales en las estribaciones de las sierras. Parte de estas corrientes se evaporan, y en la mayoría de los casos llegan a infiltrarse en los conos aluviales, para drenarse posteriormente a los rellenos aluviales.

De acuerdo con el estudio realizado por Geohidrológica Mexicana (1979) y por los resultados del presente trabajo, el flujo regional subterráneo, es norte-sur principalmente.

II.3.1 Región Hidrológica

El área de estudio queda ubicada dentro de la Región Hidrológica No. 37 denominada El Salado, la cual se caracteriza por ser una de las cuencas interiores más extensas de la República Mexicana, abarcando una superficie de 87,788 Km² (Plan Hidrológico Nacional, 1981). Esta región está formada por un gran número de cuencas endorréicas, debido a que las corrientes de la región en su mayoría son intermitentes. A su vez, porciones del Área estudiada quedan comprendidas dentro de las siguientes Cuencas y Subcuencas Hidrológicas (Fig. II.3.1):

	Cuencas	Subcuencas
G _{RH37} :	Presa San José-Los Pilares y otras	B _H : Tula
H _{RH37} :	Sierra Madre	A _H : Bustamante



II.4 Geomorfología

Considerando los procesos modeladores del relieve (endógenos y exógenos) en el área estudiada, se tienen geoformas tales como pequeños lomeríos, sierras abruptas, volcanes y mesetas basálticas, valles (amplios y estrechos) y depresiones elípticas correspondiendo a xalapazcos. Dentro de los procesos endógenos y exógenos el más importante en el área ha sido el tectónico, originando grandes fallas que en su mayoría cortan a las rocas carbonatadas. En lo que atañe a los procesos exógenos, éstos han actuado de manera destructiva (intemperismo y erosión) y constructiva (acumulación).

De acuerdo con las características topográficas, estructurales y litológicas, se diferencian 4 unidades geomorfológicas:

II.4.1 Relieve de rocas sedimentarias plegadas

Esta unidad ocupa la porción oriental del área; se caracteriza por presentar cerros aislados y grandes sierras alargadas de pendiente abrupta a moderada. Los cerros y sierras están conformados por rocas carbonatadas de la Formación El Abra, Tamasopo y Cárdenas, presentando cimas redondeadas con plegamientos suaves a moderados.

El proceso endógeno, representado por esfuerzos compresivos que plegaron a las rocas del Cretácico Medio y Tardío, ha dado lugar a la formación de anticlinales y sinclinales de tipo simétrico y recostado, afectados por fallas normales que constituyen los grabenes y horsts existentes en la zona de estudio. Las orientaciones preferenciales de estas estructuras son NW-SE y N-S; ésta última es producto de la gran falla de transcurrencia conocida como "El Huizache", la cual cambia la dirección de las grandes sierras localizadas al norte de la falla.

II.4.2 Relieve de rocas intrusivas

Se localiza en la parte norte-centro de la zona, cercano al

poblado El Milagro de Guadalupe. Se manifiesta como un cuerpo de pequeñas dimensiones, semiredondeado, de composición diorítica. Su pendiente es moderada, con un patrón de drenaje radial divergente y escaso. Se encuentra intrusionando al material de relleno y probablemente a toda la secuencia calcárea.

II.4.3 Relieve de rocas volcánicas

El relieve presente en estas rocas es variable, contando con mesetas basálticas poco disectadas, la más extensa se localiza en el poblado de San Juan sin Agua y las pequeñas se distribuyen en las cercanías del poblado La Pólvora y del Cerro El Garambullo. Estas rocas no llegan a formar un drenaje importante debido a la alta permeabilidad secundaria provocada por el fracturamiento.

Con respecto a los conos cineríticos de composición basáltica, éstos se localizan al NW del poblado La Pólvora. Los procesos de erosión e intemperismo han actuado de manera fuerte, provocando que las rocas se encuentren muy alteradas, fracturadas y poco consolidadas. Por la alta porosidad que presentan no permiten la formación de corrientes superficiales de importancia.

Hacia la parte sur y oriental de la zona se localizan 3 xalapazos de forma elíptica, constituidos por material piroclástico y rocas del manto. De los 3 el más afectado es, el conocido como El Banco, presentando paredes erosionadas. Los otros 2 se encuentran bien preservados. No hay acumulaciones de agua por estar formados por materiales altamente porosos y poco permeables.

II.4.4 Relieve acumulativo

Esta unidad se caracteriza por abarcar la mayoría de las zonas bajas del área de estudio. Dentro de este relieve se pueden distinguir lomeríos redondeados formados por clastos calcáreos semiconsolidados, que se encuentran localizados en los valles

intermontanos, en la parte oriental de la zona. Presenta laderas de pendiente suave a moderada.

Los abanicos aluviales se presentan principalmente al pie de las grandes montañas, dando lugar a lomeríos de pendiente suave y de poca inclinación. Se encuentran constituidos por clastos de composición calcárea, permitiendo la infiltración de las corrientes que se forman en las sierras.

Por último los depósitos aluviales de morfología casi plana. Abarcan la porción occidental de la zona de estudio, que corresponde al Valle de Matehuala-Huizache y la de los valles intermontanos. Están constituidos principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas derivados principalmente de rocas calcáreas con intercalaciones de material evaporítico.

En el Valle de Matehuala-Huizache (en la localidad de Granjas Productivas Potosinas y Viñedos Potosinos) se forman pequeñas dolinas por la disolución de los sedimentos calcáreos y evaporíticos, dando así el aspecto de una topografía cárstica.

II.5 Climatología

Para realizar el análisis climatológico de la zona de estudio y áreas aledañas, fue consultada la información disponible del Observatorio Meteorológico de Tacubaya y la publicada por el Instituto de Geografía de la U.N.A.M. Únicamente son 2 las estaciones climatológicas en el área de estudio, por lo que se utilizaron datos de otras estaciones para auxiliarse en el trazado de las isoyetas e isotermas. No se cuenta con estaciones hidrométricas debido a la ausencia de corrientes superficiales importantes.

De acuerdo con la clasificación climatológica de Köppen, modificada por E. García (1964), para adaptarla a las condiciones particulares de la República Mexicana, el área explorada cuenta con los siguientes tipos de clima:

a) $BS_1 h'(h)w''(Ce)$. Es el predominante en el área estudiada y corresponde a un clima seco, el menos seco de los BS (clima seco), con un cociente $P/T > 22.9$, cálido, con temperatura media anual $> 22^{\circ}C$, siendo la del mes más frío $< 18^{\circ}C$, con régimen de lluvia en verano. Este clima se distribuye ampliamente en la zona, presentándose desde el Entronque El Huizache hasta El Milagro de Guadalupe. (Fig. II.5)

b) $BS_1 kw''(Ce)$. El menos seco de los climas secos, con un cociente $P/T > 22.9$, templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12 y $18^{\circ}C$, la del mes más frío entre -3 y $18^{\circ}C$ y la del mes más caliente $> 18^{\circ}C$. Este clima se presenta únicamente en la parte norte del área estudiada, entre los poblados de El Milagro de Guadalupe, y El Jaujal. (Fig. II.5)

La información procesada de las estaciones climatológicas ubicadas dentro de la zona estudiada y áreas aledañas, presenta isotermas con valores de 20 y $21^{\circ}C$ (Fig. II.5.1) e isoyetas de 320 a 380 mm (Fig. II.5.2). La configuración de las isotermas e isoyetas corresponden al período 1970-1983.

A continuación se presenta el análisis de precipitación y temperatura de las estaciones climatológicas Palo Blanco y El Huizache, ubicadas en el área estudiada. Se consideró un período de 14 años de registro, siendo éste el más completo para ambas estaciones comprendido entre 1970-1983.

En las tablas II.5.3 y II.5.4 se pueden observar las medias anuales de temperatura y precipitación para las estaciones antes mencionadas.

II.5.1 Análisis de Precipitación pluvial (1970-1983)

Estación climatológica El Huizache

En la gráfica II.5.1 se observan los valores de precipitación media mensual, siendo la mayor para el mes de Mayo con 56.07 mm y

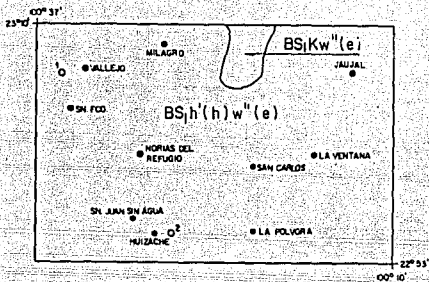


FIG. II.5.- CLASIFICACION DEL CLIMA SEGUN KÖPPEN
MODIFICADO POR E. GARCIA.

- ESTACION CLIMATOLOGICA PALO BLANCO _____ o¹
 ESTACION CLIMATOLOGICA HUIZACHE _____ o²
 EL MENOS SECO DE LOS CLIMAS SECOS
 CON TEMPERATURA MEDIA ANUAL > 22°C _____ BS₁h'(h)w''(e)
 EL MENOS SECO DE LOS CLIMAS SECOS
 CON TEMPERATURA MEDIA ANUAL ENTRE 12y 18°C _____ BS₁Kw''(e)

FUENTE: CARTA DE CLIMAS DETENAL (1970).

ESCALA GRAFICA 1:500,000.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
VAZQUEZ SANCHEZ B.	ROCHA CRUZ R.
TESIS PROFESIONAL	
MEXICO, D.F., 1991.	

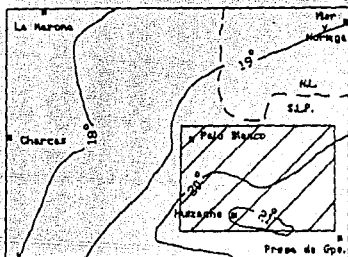


FIG. II.5.1 Isotermas del área de estudio y áreas adyacentes (1971-1982)

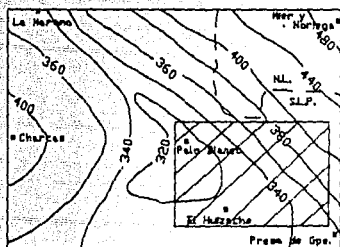
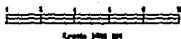


FIG. II.5.2 Isoyetas del área de estudio y zona adyacentes (1977-1983)

- Estación Climatológica
- (---) Línea de Temperatura
- (---) Línea de Precipitación
- - - Límite Estatal
- ▨ Área de Estudio



Universidad Nacional Autónoma de México
FACULTAD DE INGENIERIA
 Víctor Sánchez S. | Racho Cruz S.
 Tercer Profesional, 1986

la menor para Marzo con 4.28 mm. Para esta estación se observa una precipitación media anual de 322.81 mm (Tabla II.5.3). En la gráfica II.5.3 se observa que el año con mayor precipitación pluvial corresponde a 1973 con un valor de 461.40 mm y la de menor se presenta en 1980 con 211.00 mm.

Estación climatológica Palo Blanco

Con respecto a esta estación, en la gráfica II.5.1.2 se muestra la precipitación media mensual, correspondiendo la mayor para el mes de Julio con 55.74 mm y la menor para el mes de Febrero con 4.29 mm. Además se observa una precipitación media anual de 310.85 mm (Tabla II.5.3). En la gráfica II.5.3.1 el año con mayor precipitación corresponde a 1971 con 569.70 mm y el de menor a 1974 con 191.80 mm.

II.5.2 Análisis de Temperatura (1970-1983)

Estación climatológica El Huizache

En la gráfica II.5.2 se observa que la máxima temperatura media mensual se registra en el mes de Mayo con 24.42°C y la mínima en Enero con 18.01°C. Se presenta una temperatura media anual para esta estación de 21.04°C (Tabla II.5.4), siendo el año 1975 el que registra la mayor con 23.53°C y la menor en 1970 con 18.21°C (Gráfica II.5.4)

Estación climatológica Palo Blanco

La temperatura media mensual para esta estación se observa en la gráfica II.5.2.1, presentándose la máxima en el mes de Junio con 22.77°C y la mínima en Enero con 14.08°C. La temperatura media anual para la estación es de 19.23°C (Tabla II.5.4), registrándose la mayor en el año de 1973 con un valor de 19.95°C y la menor en 1970 con 18.08°C (Gráfica II.5.4.1).

La siguiente tabla presenta los valores medios anuales para las 2 estaciones climatológicas analizadas:

Estación	Precipitación (mm)	Temperatura (C)
El Huizache	322.81	21.04
Palo Blanco	310.85	19.23
Media anual	316.83	20.13

Tabla de Medias Anuales Locales

En esta tabla se observa que las variaciones de temperatura y precipitación son pocas, obteniendo una media anual de precipitación para la zona de estudio de 316.83 mm y de 20.13°C para la temperatura.

Estos últimos resultados deben de tomarse con reservas ya que sólo representan medias aritméticas teniendo como base la información de cada estación climatológica, por lo cual los valores anteriores se consideran locales.

II.5.3 Cálculo de la Evapotranspiración Real

Para obtener la evapotranspiración real del área de estudio se utilizó el método empírico de L'Turc, el cual relaciona los parámetros de temperatura y precipitación conocidos para la zona.

La fórmula utilizada es:

$$E_{tr} = \frac{P}{\sqrt{0.0 + P^2 / L^2}}$$

donde:

E_{tr} = Evapotranspiración real anual en mm

P = altura de precipitación anual en mm

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

T = es la temperatura media anual del aire en °C que expresa el poder evaporante de la atmósfera.

Haciendo las operaciones correspondientes para cada estación climatológica se tienen los siguientes resultados:

La estación climatológica El Huizache presenta una evapotranspiración real de 320.27 mm., en tanto que para Palo Blanco el valor es de 295.69 mm.

Considerando los valores de las medias anuales de precipitación y temperatura para la zona de estudio se tiene en promedio una evapotranspiración real de 302.31 mm anuales.

Estos resultados deben tomarse con reserva, ya que al comparar el valor de precipitación media anual con el de evapotranspiración real media anual de la zona, se presenta un déficit de 14.5 mm, y no es posible tener un valor mayor de evapotranspiración que de precipitación.

DATOS DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN MM (1970-1983)

ANO	Mier y Noriega	Charcas	Huizache	Paño Blanco	La Maroma	Presa de Gpa.
1970	479.40	517.00	243.50	196.00	205.00	410.50
1971	713.40	684.00	310.00	569.70	395.00	421.80
1972	630.20	500.30	349.00	405.10	280.00	338.80
1973	547.00	607.60	461.40	204.80	434.40	311.70
1974	205.20	298.00	273.00	191.80	35.00	329.00
1975	428.40	434.20	366.50	329.50	332.00	392.00
1976	709.70	963.60	403.50	540.20	586.00	319.00
1977	413.60	194.70	234.50	259.40	369.00	315.00
1978	546.90	410.20	279.00	337.30	439.00	376.40
1979	448.50	294.83	338.00	238.60	303.00	342.10
1980	365.00	313.60	211.00	212.00	311.00	172.30
1981	622.90	364.60	436.00	389.10	346.00	484.40
1982	375.10	166.40	352.00	284.30	360.00	390.10
1983	398.10	192.00	362.00	194.00	268.00	415.60
Prom.	495.28	429.00	322.81	310.85	336.67	351.51

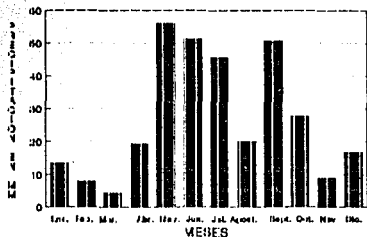
TABLA 11.5.3

TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN GRADOS CENTIGRADOS

ANO	Mier y Noriega	Charcas	Huizache	Paño Blanco	La Maroma	Presa de Gpa.
1970	18.41	17.90	18.21	18.08	17.80	20.70
1971	18.33	18.71	20.66	18.68	17.66	21.02
1972	18.74	18.54	21.63	19.64	18.19	21.07
1973	18.23	17.69	21.13	19.95	17.52	19.77
1974	18.92	17.07	21.59	19.23	17.85	20.88
1975	18.50	17.39	23.53	19.48	17.78	20.89
1976	16.98	16.11	22.81	18.36	16.84	20.23
1977	17.11	17.13	20.60	19.38	17.55	20.78
1978	18.58	16.83	20.30	19.29	17.43	21.02
1979	18.08	16.28	20.53	18.88	17.84	20.31
1980	18.19	15.83	20.96	19.61	17.87	21.83
1981	18.14	16.71	20.37	19.67	17.60	22.27
1982	23.25	15.76	20.61	19.63	18.31	21.74
1983	24.91	16.48	21.70	19.05	17.47	20.79
Prom.	19.03	16.91	21.04	19.23	17.68	20.95

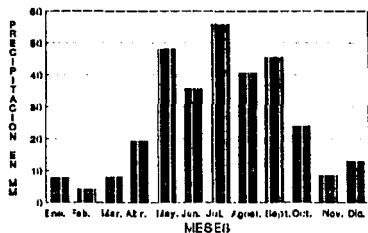
TABLA 11.5.4

Estacion Climatologica EL HUIZACHE
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (1973-1983)



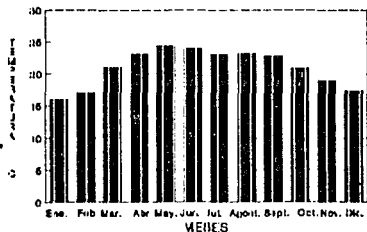
GRAFICA II.6.1

Estacion Climatologica PALO BLANCO
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (1970-1983)



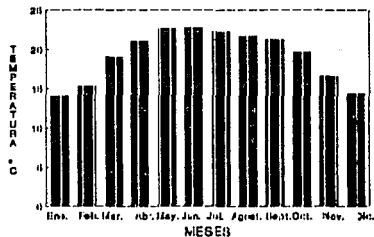
GRAFICA II.6.2

Estacion Climatologica EL HUIZACHE
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (1973-1983)



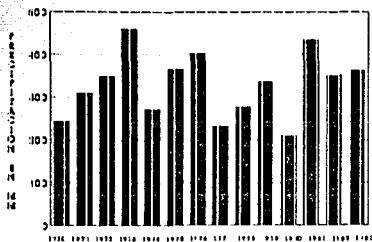
GRAFICA II.6.2

Estacion Climatologica PALO BLANCO
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (1970-1983)



GRAFICA II.6.2.1

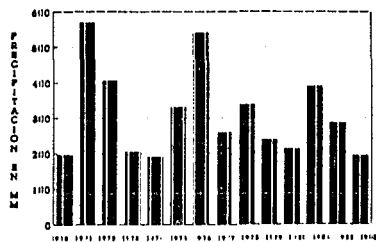
ESTACION CLIMATOLOGICA EL HUIZACHE
PRECIPITACION MEDIA ANUAL (1970-1983)



GRAFICA II.5.3

AÑO

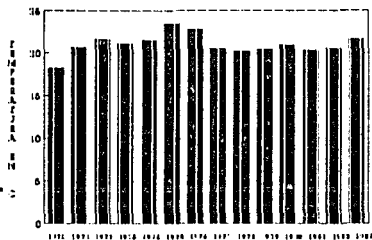
ESTACION CLIMATOLOGICA PALO BLANCO
PRECIPITACION MEDIA ANUAL (1970-1983)



GRAFICA II.5.31

AÑO

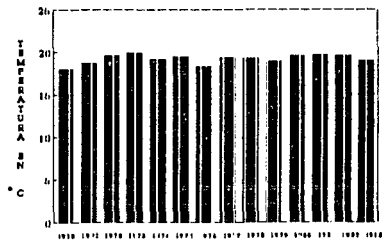
ESTACION CLIMATOLOGICA EL HUIZACHE
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (1970-1983)



GRAFICA II.5.4

AÑO

ESTACION CLIMATOLOGICA PALO BLANCO
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (1970-1983)



GRAFICA II.5.41

AÑO

III. ESTRATIGRAFIA

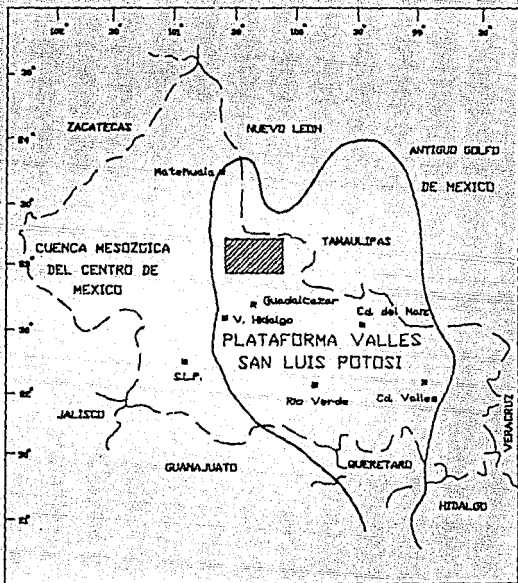
III.1 Descripción General del Marco Estratigráfico

La zona de estudio se localiza en la porción Noroeste de la Plataforma Cretácica Valles-San Luis Potosí (Fig. III.1). Las rocas que afloran en la zona corresponden en su mayor parte a las calizas marinas de la Formación El Abra en su facies post-arrecifal, presentándose generalmente masivas, de edad Albiano-Cenomaniano. En menor proporción se manifiestan las calizas de la Formación Tamasopo, con estratificación media y sobreyaciendo discordantemente a la Formación El Abra. La Formación Cárdenas está integrada por lutitas y areniscas calcáreas de edad Campaniano-Maestrichtiano, sobreyaciendo concordantemente a la Formación Tamasopo y subyaciendo discordantemente a los materiales del Terciario y Cuaternario.

En la zona de estudio afloran también rocas ígneas extrusivas e intrusivas, representadas por derrames basálticos y un intrusivo diorítico, respectivamente. En los valles intermontanos se localizan conglomerados calcáreos terciarios que sobreyacen discordantemente a las rocas cretácicas.

En la parte sur del área se presentan unas estructuras elípticas conocidas como Xalapazcos, los cuales se encuentran formados por material piroclástico y rocas del manto.

Los abanicos aluviales, compuestos por gravas, guijarros y bloques de composición calcárea, se localizan en las estribaciones de las grandes sierras. Los rellenos aluviales formados por gravas, arenas, limos y arcillas con intercalaciones de sedimentos evaporíticos se encuentran relleno los valles intermontanos y el Valle de Matehuala-Huizache. Los materiales cuaternarios sobreyacen discordantemente a las rocas cretácicas.



AREA DE ESTUDIO

Tomado de Carrillo Bravo, 1971

Universidad Nacional Autónoma de México	
FACULTAD DE INGENIERIA	
FIG. III.1	
Localización del Área de Estudio en la Plataforma Valles-San Luis Potosí	
Vázquez Sánchez S.	Sánchez Cruz R.
Trabajo Profesional, 1998	

III.2 Formación El Abra (Cretácico Medio)

Ka (Albiano-Cenomaniano)

Actualmente se da el nombre de Formación El Abra al complejo calcáreo de tipo plataforma de edad Albiano-Cenomaniano, localizado sobre la Plataforma Valles-San Luis Potosí y en la Faja de Oro.

La localidad tipo de esta formación se encuentra en el Cañón de El Abra, sobre la carretera Cd. Valles, S.L.P.-Tampico, Tamps., aproximadamente a 10 Km al Oriente de Cd. Valles.

Con base en los estudios litológicos, paleontológicos, ambientales y subdivisiones anteriores, Carrillo Bravo (1971) la ha subdividido en 3 facies principales:

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

Por la distribución de facies que presenta la Formación El Abra en la Plataforma Valles-San Luis Potosí, elaborada por Carrillo Bravo (op.cit.) y por los estudios petrográficos realizados en el presente trabajo, la facies reconocida para la zona corresponde a la post-arrecifal, por lo que a continuación se hará su descripción.

Facies Post-Arrecifal de la Formación El Abra

Definición:

Se da el nombre de "Facies Post-Arrecifal de la Formación El Abra" a una gruesa secuencia de calcilutitas, calizas bioclásticas y calcarenitas con miliolas y toucasias; dolomitas y calizas parcialmente dolomitizadas, depositadas sobre una gran plataforma de aguas cálidas, claras y poco profundas". Se cita como localidad tipo a las cantera de la Estación El Abra, a 9.4 Km al Oriente de la Cd. Valles.

Distribución:

Esta facies se distribuye ampliamente en las sierras alargadas localizadas en la porción central y oriental de la zona de estudio y en las lomas aisladas ubicadas en el Valle de Matehuala-Huizache (Fotografía III.b).

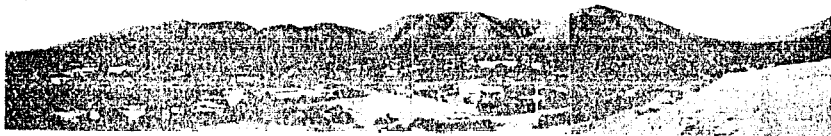
Litología y espesor:

Las calizas presentan un color de gris claro a gris plomo al fresco y de crema a gris crema al intemperismo, con estratificación gruesa (0.40-4.00 m) a masiva. En general muestran una textura que varía de wackstone a packstone, ocasionalmente grainstone, son fosilíferas, con presencia esporádica de nódulos de pedernal de color pardo, olor fétido al golpe del martillo, afectadas por intenso fracturamiento, teniendo las fracturas una separación de 3 mm a 8 cm y encontrándose la mayoría de éstas rellenas de calcita y a veces de arcilla. Se presentan estilolitas perpendiculares a la estratificación; las fracturas por lo regular son paralelas a la estratificación.

En cuanto a huellas de disolución, se observa la presencia de lapiaz. Estas calizas están cubiertas por costras de caliche con espesor promedio de 3 cm.

En el análisis petrográfico, los eventos diagenéticos comunes en estas calizas corresponden a la micritización, la recristalización, el fracturamiento y la dolomitización; en cuanto a los fósiles se reconoció a foraminíferos bentónicos como *Nummoloculina heimi*, sp. y *Dicyclina Schlumbergeri*, sp., y fragmentos de microfósiles entre los que destacan equinodermos, gasterópodos, moluscos y rudistas.

En la sección A-A', que atraviesa el Cerro El Chiquihuite, las calizas, con textura que varía de wackstone a packstone, presentan un color gris claro al fresco y crema al intemperismo, en estratos que varían de 0.50 a 4 m de espesor (anexo 2, muestras H-157, 163 y 168). Las fracturas que cortan a estas rocas tienen una abertura de 2 a 8 cm sin estar rellenas de calcita o arcillas. Se



FOTOGRAFIA III.b Vista hacia el oriente del poblado El Huizache.
Al fondo se observa las sierras alargadas de la
Formación El Abra facies post-arrecifal.

manifiesta desarrollo de lapiáz debido a la disolución de las calizas.

En la sección B-B' las calizas se presentan algo recrystalizadas, con textura que varia de wackstone a packstone (anexo 3, muestras H-178, 182 y 187). El color al fresco es de gris claro a blanquecino y crema al intemperismo, en esta porción las calizas son masivas y la presencia de fósiles es escasa, observándose las rocas poco arcillosas. Hay desarrollo de huellas de disolución y estilolitas, confiriéndole estas últimas un color rosado a las calizas. El análisis petrográfico realizado en las muestras de roca en Cerros Blancos reportan el proceso diagenético de dolomitización.

En la sección C-C' las calizas presentan color gris claro al fresco y crema rosáceo al intemperismo (anexo 2, muestras H-1, 4, 5, 6, 9 y 13), generalmente masivas con abundancia de fósiles. La textura de la roca varia de wackstone a grainstone, siendo ésta última escasa; se encuentran afectadas por estilolitas y fracturas rellenas de calcita. Las calizas cercanas al poblado El Huizache presentan nódulos de pedernal de color pardo negruzco al intemperismo, su tamaño promedio es de 5 cm de diámetro (anexo 3, muestra H-29). En el análisis petrográfico, las calizas de esta sección reportan arcillas diseminadas en la matriz, y como procesos diagenéticos importantes se encuentran la dolomitización, el fracturamiento, la micritización y la silicificación incipiente.

En el presente trabajo no se observó ni la base ni la cima de esta formación, pero en el Anticlinal San Carlos la parte expuesta alcanza un espesor aproximadamente de 1,130 m y en áreas vecinas al norte y al este, se han medido espesores mayores de 1,000 m (PEMEX, 1967).

Relaciones Estratigráficas

En las áreas de Agua Nueva, Guaxcamá, Guadalcazar, S.L.P., la

facies post-arrecifal descansa concordantemente sobre la Formación Guaxcamá (Carrillo Bravo, 1971). Subyace en forma discordante a los depósitos también de plataforma de la Formación Tamasopo (PEMEX, 1967).

Edad:

De acuerdo con las determinaciones micropaleontológicas y depósito estratigráfico, Carrillo Bravo (op.cit.) le asigna una edad Albiano-Cenomaniano; aunque Aguayo (1978 y comunicación personal) amplía el rango hasta el Turoniano. Para el presente trabajo se considera la edad propuesta por Carrillo Bravo. Algunos de los fósiles reconocidos para esta facies son:

- Nummuloculina heimi, sp.
- Calcisphaerula, sp.
- Dicyclina Schlumbergeri, sp.
- Dictyoconus, sp.
- Pithonella ovalis (Kauffman)
- Quinqueloculina, sp.

Aparecen fragmentos de macrofósiles como moluscos, rudistas (toucacias y caprinidos), equinodermos y gasterópodos.

Origen:

La formación El Abra de facies post-arrecifal, se desarrolló sobre una plataforma estable, cubierta por aguas cálidas y someras de poca salinidad. En la zona de estudio predominan las facies 6 y 7 de la serie de Wilson, caracterizando un ambiente de plataforma externa con notable influencia arrecifal. Para algunas muestras analizadas se determinó la presencia de una facies lagunar.

III.3 Formación Tamasopo (Cretácico Superior)

Klm (Turoniano-Senoniano Superior)

Definición:

La Formación Tamasopo fue nombrada por E. Bose en 1906, para designar una sección de calizas de plataforma, que se encuentran aflorando en las proximidades de la población Tamasopo, a las cuales les asignó un rango de edad que va del Turoniano a

Cenomaniano Inferior.

Carrillo Bravo (1971) propone seguir utilizando el término de Formación Tamasopo, definiéndola de la siguiente manera:

" una sección de aproximadamente 200 m de espesor, de calizas de grano fino, calizas arcillosas nodulares, calizas bioclásticas, calizas arrecifales de color gris crema y crema amarillento, que intemperizan a blanquecino y amarillo claro en capas de espesor medio a grueso que afloran en el área de Tamasopo y sobre gran parte de la Plataforma Valles-S.L.P.". Se designa como localidad tipo a los afloramientos que ocurren al E-NE de Canoas, S.L.P., sobre la vía del Ferrocarril S.L.P.-Tampico.

Distribución:

En la verificación de campo, esta formación no fue observada; sin embargo por recopilación de información (Pemex, 1967), la Formación Tamasopo se encuentra aflorando en el flanco oriental del Anticlinal Estanque Blanco, en franjas delgadas estratificadas, siendo el tipo de estratificación uno de los rasgos que la distingue de la Formación El Abra (Aguayo, Carrillo Bravo, comunicación personal).

Litología y espesor:

De acuerdo con el estudio realizado por PEMEX (1967), la Formación Tamasopo presenta 2 miembros: El Superior e Inferior, aflorando en la zona únicamente el Superior. Debido a que las autoras del presente trabajo no tienen la seguridad del miembro que se presenta en la zona, se considerará el descrito por PEMEX (miembro superior).

Consiste de wackstones a grainstones de pellets y fragmentos biógenos, en algunas ocasiones con miliólidos, alternando con horizontes arcillosos de 30 cm a 1 m. El color de la roca al fresco es generalmente gris café a plomo y al intemperismo se presenta gris claro. Es espesor considerado para el miembro superior es de 1,200 m.



FOTOGRAFIA III.g Vista hacia el norte del Cerro El Colorado, localizado al NW del poblado La Pólvara. Se encuentra constituido por escoria basáltica.



FOTOGRAFIA III.g1 Vista hacia el SW del Cerro El Apaste, ubicado al NW del poblado La Pólvara. Esta estructura conserva la forma circular del cono y está constituido por escoria basáltica.

Relaciones Estratigráficas:

La Formación Tamasopo descansa discordantemente sobre la Formación El Abra facies post-arrecifal y subyace de la misma manera a la Formación Cárdenas.

Edad:

De acuerdo con su posición estratigráfica y el contenido faunístico Carrillo Bravo (1971) le asigna una edad del Turoniano al Senoniano Superior.

Entre los fósiles reconocidos para esta formación se pueden nombrar los siguientes:

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| - <u>Valvulina</u> , sp. | - <u>Quinqueloculina</u> , sp. |
| - <u>Dicyclina</u> , sp. | - <u>Orbitoides</u> , sp. |
| - <u>Miliólidos</u> | - <u>Calcisphaerulla</u> , sp. |

Origen:

La abundancia de horizontes en los cuales existen grainstones y packstones de pellets y fragmentos biógenos, indican que ésta fue depositada en un medio ambiente de alta energía (posiblemente facies B en la serie de Wilson).

III.4 Formación Cárdenas (Cretácico Superior)

Kcd (Campantano-Maestrichtiano)

En 1925 A. Heim denominó "Capas Cárdenas" a una secuencia de lutitas y areniscas calcáreas de color gris verdoso. Imlay (1944) designó a los sedimentos arcillo-calcáreos y arenosos del Cretácico Superior. Esta formación tiene su localidad tipo en el tramo de la vía de ferrocarril S.L.P.-Tampico, en las cercanías de Cárdenas, S.L.P.

Distribución:

Esta formación aflora en el extremo noreste del Área de estudio, constituyendo parte del Anticlinal Presa El Pinto, cercano al poblado del mismo nombre.

Litología y espesor:

Myers (1969) define la existencia de 3 miembros: El inferior con espesor de 180 m. Consiste de una alternancia de lutita, arenisca y bioesparita; el medio de 445 m de espesor compuesto de lutitas y areniscas y el superior formado por 430 m de limolita, arenisca y bioesparrudita.

La Formación Cárdenas se encuentra expuesta en la Sierra Parada, localizada al NE del poblado Presa El Pinto, donde se observa la siguiente litología:

Alternancia de calcarenitas de grano fino a medio, de color gris verde y plomo amarillento, de 5 a 15 cm de espesor, presentando un intemperismo de color café amarillento, con lutitas de color gris verdoso de 5 a 10 cm aproximadamente, con fractura concoidal y algunas intercalaciones de limolitas de color gris verde (Urriza, 1978).

En la zona de estudio la cima no se observó. Myers (op.cit.) asigna un espesor de 1,065 m en la localidad tipo. En otras áreas de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, se le considera un espesor aproximado de 2,000 m (PEMEX, 1987).

Relaciones Estratigráficas:

La Formación Cárdenas sobreyace en forma concordante a la Formación Tamasopo y subyace discordantemente a los conglomerados del Terciario y material aluvial del Cuaternario.

Edad:

Aguilar G., et al. (1983), identifican los siguientes fósiles:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| - <u>Calcisphaerula innomita</u> (Bonet) | - <u>Pithonella</u> , sp. |
| - <u>Globotruncana lapparenti</u> (Bolli) | - <u>Stomiosphaera</u> , (Wanner) |
| - <u>Globotruncana stuarti</u> (de Lapparenti) | |
| - <u>Globotruncana linneianu</u> (d'Orbigny) | |

Los fósiles mencionados le permiten asignar una edad del

Campaniano al Maestrichtiano.

Origen:

Por el tipo de sedimentos arcillo-calcáreos y arenosos y por su fauna se infiere que la Formación Cardenas se depositó en un ambiente infranerítico.

III.5 Conglomerados (Terciario)

Tcg

Se incluye a los conglomerados calcáreos que afloran en la porción central de los valles intermontanos, formando lomeros de pendiente suave. Este conglomerado de color crema al intemperismo, presenta clastos que van de subangulosos a subredondeados, del tamaño de bloques y guijarros empacados en una matriz carbonatada de color crema al intemperismo, compuesta por arenas gruesas, limos y arcillas. Sobreyacen discordantemente a las calizas de la Formación El Abra.

III.6 Intrusivo (Terciario)

Tigi

Este afloramiento no fue verificado en campo; sin embargo su presencia se reconoció en la imagen de satélite y en las fotografías aéreas utilizadas para la zona de estudio. Presenta una superficie expuesta de aproximadamente 2.6 km², localizado a 3 Km al Noreste del poblado El Milagro de Gpe.

De acuerdo al estudio petrográfico realizado por Martínez-Ruiz (1971) se trata de un intrusivo diorítico, rodeado por aluvión, que posiblemente intrusióna a la secuencia cretácica presente en la zona de estudio.

III.7 Rocas Extrusivas (Cuaternario)

Basaltos (Qb)

En el centro del área de estudio se presenta un derrame basáltico, siendo éste el más extenso de la zona, se localiza junto al poblado de San Juan sin Agua, cubriendo una superficie aproximada de 30 Km². En el poblado de La Pólvora se localizan 2 conos de

composición basáltica, uno de ellos bien preservado (Cerro El Apaste, fotografía III.g1) con un diámetro de 800 m y 75 m de altura; el otro (Cerro Colorado, fotografía III.g) con el cono truncado hacia el norte, mostrando un derrame basáltico hacia el poblado de La Pólvora, cubriendo una superficie de 3 Km².

Los basaltos presentan un color negro rojizo al fresco y rojo cobre al intemperismo, encontrándose bastante fracturados, con textura vesicular y amigdaloidal. En ciertas porciones, los basaltos se ven cubiertos por costras delgadas de caliche.

De acuerdo al análisis petrográfico, se reporta minerales como olivino, hornblenda, augita y plagioclasas del tipo labradorita, inmersos en una matriz microcristalina (anexo 3, muestra H-15).

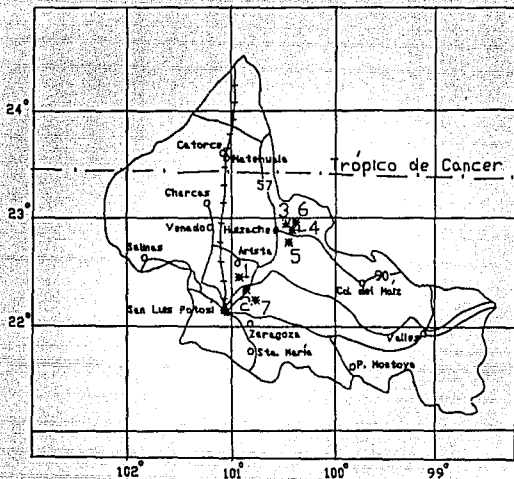
Por su posición estratigráfica se le atribuye una edad Pleistocénica-Reciente.

Xalapazcos (*Q₁* y rocas del manto)

En la zona explorada aparecen 3 xalapazcos que representan interés por contener rocas del manto y de la base de la corteza. Estas estructuras han sido estudiadas ampliamente por Labarthe y Aranda (1978), quienes han determinado 2 grupos: El Grupo Ventura y el Grupo Santo Domingo. El primero se localiza al suroeste del Edo. de San Luis Potosí y está integrado por: La Joya Honda, La Joyuela, y Laguna de los Palau. El segundo se localiza al noreste del mismo Edo. y los xalapazcos que lo integran son: Joya de Los Contreras, El Banco, Santo Domingo y Joya Prieta (Fig. III.6).

Las autoras del presente trabajo no visitaron estos xalapazcos, por lo que la descripción que se mencionará es la realizada por Labarthe (op.cit.).

Los xalapazcos localizados en la zona de estudio corresponden a Joya de los Contreras, El Banco y Joya Prieta.



Xalapazcos

- 1: Joya Honda
- 2: La Joyuela
- 3: El Banco
- 4: Joya de Los Contreras
- 5: Santo Domingo
- 6: Joya Prieta
- 7: Laguna de los Palau

Simbología

Carretera	— 90 —
Vía Férrea	
Capital	●
Poblado	○
Xalapazco	✱

Universidad Nacional Autónoma de México
FACULTAD DE INGENIERIA

FIG. III.6 Localización de algunos
Xalapazcos, Edo. de S.L.P.

Vázquez Sánchez B. Rocha Cruz R.

TeSis Profesional, 1991

Xalapazco El Banco

Se localiza en la parte sureste de la zona de estudio, cercano al Xalapazco Joya de los Contreras, se presenta bastante erosionado y relleno con material aluvial. Sus bordes están constituidos por toba basáltica, predominando fragmentos de menos de 4 mm. Estos fragmentos consisten de basalto vesicular y caliza con algunas bandas de 10 a 30 cm de espesor, de material más grueso, en el que predominan los clastos de caliza.

Xalapazco Joya de los Contreras

Se localiza a 3 Km al norte del poblado Sto. Domingo. Es un cráter elíptico (1000 m de E-W y 750 m N-S) cuyo fondo llega a los 40 m de profundidad con respecto a los valles adyacentes. En esta unidad se presentan fragmentos de caliza esparcida, además los xenolitos ultramáficos comunes.

Xalapazco Joya Prieta

Se localiza cercano al poblado Presa El Tepetate. Es un cráter casi circular de 900 m de diámetro, con profundidad de su borde al centro plano de 110 m. Está abierto en el eje de un Anticlinal de la Formación El Abra facies post-arrecifal. Sobre esta unidad existen 20 m de toba fina, con fragmentos de basalto y caliza de 1 a 3 mm y, sobreyaciéndola, aparecen 40 m de la toba basáltica, con clastos también de basalto y caliza, en tamaños de 2 a 6 mm y con nódulos más grandes de lherzolita y hornbléndita.

Edad: A estas rocas se les ha asignado una edad del Pleistoceno-Reciente (Aranda, Labarthe, 1977), con base en que sobreyacen a un conglomerado continental, de edad Pleistocénica, en el que se encontraron restos de un vertebrado de grandes dimensiones (posiblemente mamut).

III.8 Aluvión (Reciente)

Se puede dividir en 2 grupos de acuerdo a su composición litológica y distribución:

Qab: Constituidos por cantos rodados, guijarros, gravas, arenas desde muy gruesas a finas, limos y arcillas, se encuentran semicompactados, cementados por material calcáreo. Se localizan en las franjas marginales de las zonas montañosas. Los clastos varían de subangulosos a subredondeados. Cubren a estos abanicos costras de caliche. Se carece de información para saber su espesor.

Qal: Está formado por gravas, arenas, limos y arcillas de composición carbonatada con intercalaciones de material evaporítico y la cubierta de suelo vegetal (Fotografía III.h). Se encuentra rellenando los valles intermontanos y el Valle de Matehuala-Huizache. Se infiere un espesor mayor a los 380 m, registrado al norte de la zona de estudio, en el pozo de San José del Plan.



Fotografía III.h El color blanquecino del suelo que se observa en la foto corresponde al material aluvial presente en el Valle de Matehuala-Huizache. Los cultivos pertenecen a la localidad de Granjas Productivas Potosinas

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	HOJA	MARGEN DESTE	MARGEN CENTRAL	EL MILAGRO	AREA	AREA DE
				EL SALADO	DE LA PLATAFORMA	OCCIDENTAL DE LA	VILLA DE GPE.	HUIZACHE-VALLEJO	ESTUDIO
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
CENOZOICA	TERCIARIO	RECIENTE		ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION	ALUVION
		PLEISTOCENO		FM EL JABONERO		LA			
		PLIOCENO		FM A HUICHILA		STO DOMINIO			
		MIOCENO						BASALTO	BASALTO
		OLIGOCENO							
		EOCENO							
		PALEOCENO							
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR	NAESTRICHIANO		CARDENAS	CARDENAS			
			CAMPAÑANO	FORMACION					
			SANTONIANO	CARACOL	TAMASOPO	TAMASOPO	FM SAN FELIPE		
			CONIACIANO		SOYATAL		FM CARACOL		
		TURONIANO	FM INDIDURA			FM AGUA NUEVA			
		CENOMANIANO			EL ABRA	EL ABRA	FM DOCTOR	FORMACION	FORMACION
		EL ABRA	[ARRECIFAL Y	(POST-ARRECIFAL)	(POST-ARRECIFAL)			EL DOCTOR	EL DOCTOR
	INFERIOR	ALBIANO	CALIZA	CUESTA DEL CURA					
		SUPERIOR	FM LA PEÑA						
		MEDIO	CALIZA	CUPIDO					
		INFERIOR	FM TARAISES						
		APTIANO							
		BARREMIANO							
		HAUTERIVIANO							
SUPERIOR	TITHONIANO	FORMACION							
	PORTLANDIANO	LA CAJA							
	KIMMERIDGIANO								
		FM LA CAJA							
		FM LA CAJA							
		FM LA CAJA							
		FM LA CAJA							
		FM LA CAJA							
		FM LA CAJA							

FUENTES :

- (1) INSTITUTO DE GEOLOGIA, UNAM
- (2) CARRILLO BRAVO, J. (1971)
- (3) CARRILLO BRAVO, J. (1971)
- (4) MARTINEZ RUIZ, V. J. (1971)
- (5) VELAZCO ARELLANO, A. (1969)
- (6) PRESENTE ESTUDIO, 1991



FORMACION AUSENTE
POR NO DEPOSITO O POR EROSION



FORMACION QUE NO AFLORA



INTRUSION NO VERIFICADA

TABLA III

IV GEOLOGIA ESTRUCTURAL

IV.1 Interpretación Estructural de la Imagen de Satélite

Con el fin de observar a nivel regional y local los rasgos estructurales más importantes para este estudio, se interpretó la imagen de satélite que incluye el área y zonas adyacentes. Únicamente se marcan las fracturas y fallas más relevantes, sin considerar a los anticlinales y sinclinales debido a que sus ejes no se aprecian muy bien. La imagen corresponde a una del tipo LANDSAT de 7 bandas escala 1:250 000. En la fig. IV.1 se aprecia la orientación principal de las fallas siendo ésta N-S y hacia la parte sur del la carretera Cd. Mante-Tampico, presentan dirección NW-SE. Para las fracturas, las orientaciones principales son NE-SW y E-W.

Sobre la carretera Cd. Mante-Tampico se manifiesta una falla de transcurrancia que las autoras del presente trabajo llaman "Falla Huizache". Hacia la parte sur de esta estructura, los anticlinales presentan una dirección NW-SE, cambiando hacia el norte a S-N. Se observa que los anticlinales al sur de la Falla El Huizache tienen una orientación NW-SE y que al presentarse la falla antes mencionada cambian a N-S (Fig. IV.1).

En el sitio donde los plegamientos de la Plataforma cambian de rumbo de NW-SE a N-S se encuentra una serie de cuellos volcánicos; esta franja de actividad magmática es factible que corresponda a una zona de fracturamiento profundo del basamento, que tiene orientación aproximada de E-W y que puede continuar hasta Zacatecas, apoyado por la existencia de trabajos geofísicos realizados por la Universidad de Texas y el Observatorio Geológico Lamont (Carrillo B., 1971).

En forma general se puede decir que la zona está conformada por una serie de horsts y grabenes, provocados por la tectónica distensiva de la región. Los grabenes dan lugar a la formación de valles de dimensión y espesor variable, siendo el más importante

para el estudio el Valle Matehuala-Huizache. Por la disposición que guardan las grandes sierras al norte y sur del valle mencionado, se infiere la presencia de 2 fallas normales de gran longitud, la primera con rumbo N-S y la otra E-W, que darían lugar a una fosa tectónica, provocando además la formación de pequeñas subcuencas con espesores variables que influyen en el almacenamiento del agua subterránea y más a detalle de la calidad de la misma debido al tipo de material depositado.

Las formación de estas estructuras son determinantes en el comportamiento regional del flujo subterráneo, encontrando niveles estáticos profundos o probablemente someros. Se cree que la falla de transcurrencia haya dado origen a los derrames basálticos presentes en la zona.

El fracturamiento y fallamiento que ocurre en la zona, y que afecta primordialmente a las rocas calcáreas, provoca que parte del agua se infiltre en ellas siguiendo la orientación de las fracturas, donde el flujo de agua a través de éstas drene a los valles contiguos. Las fallas al igual que las fracturas, pueden actuar como zonas de recarga a los acuíferos presentes en la región.

IV.2 Descripción de estructuras

IV.2.1 Anticlinales

-Anticlinal El Rusio

Se localiza en la porción central y norte del área de estudio, con una longitud de 11.5 Km. Presenta una elevación de 750 m con respecto al Valle de Matehuala-Huizache, con un eje orientado al NE20°SW. Es una estructura de tipo simétrico, conformada por calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal. Su flanco oeste se encuentra afectado por la Falla La Peña.

-Anticlinal Las Trojes

Se encuentra ubicado en la parte central-sur de la zona. Es un anticlinal simétrico con una longitud de 6.4 Km dentro del área, teniendo una prolongación hacia la parte sureste. Presenta una morfología de sierras angostas y alargadas. El eje de esta estructura tiene una orientación aproximada de $NW35^{\circ}SE$, manifestándose en rocas calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal. Tiene una elevación de 150 m con respecto al Valle del Huizache.

-Anticlinal El Huizache

Esta estructura de tipo simétrico se localiza en la porción sur-central del área de estudio, teniendo una longitud de 4.5 Km, continuando hacia la parte sureste de la región. Muestra una orientación de $NW60^{\circ}SE$; su elevación con respecto al Valle El Huizache es de 300 m. Se encuentra conformado por las calizas de la Formación El Abra en sus facies post-arrecifal.

-Anticlinal San Carlos

Se localiza en la porción occidental del poblado San Carlos, presentando la morfología de una sierra alargada, siendo la orientación del eje $NW10^{\circ}SE$. La estructura es de tipo simétrico constituido por calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal, presenta una elevación de 100 m con respecto al Valle de La Pólvora, en su flanco occidente se encuentra afectado por la Falla San Carlos. Su longitud es de aproximadamente 5 Km.

-Anticlinal Presa El Pinto

Se localiza en la porción oriental-norte del poblado Presa El Pinto. La estructura es de tipo simétrico, con una longitud de 7 Km, conformada por rocas de las Formaciones El Abra en su facies post-arrecifal y la Cárdenas. Tiene una elevación de 550 m con respecto al Valle El Jaujal.

-Anticlinal Estanque Blanco

Representa la estructura más larga del área estudiada. Se localiza en la porción oriental de la zona, en la Sierra El Coro. Es un anticlinal recostado que buza hacia el NE, con una longitud de 22 Km. abierto en las calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal. En el flanco sureste aflora la Formación Tamasopo.

-Anticlinal La Presita

Se localiza en la porción sureste del área de estudio. Esta estructura es de tipo simétrico, abriéndose en rocas calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal. Presenta una longitud de 15 Km con una orientación NW40°SE. Tiene una elevación de 100 m con respecto al Valle de Presa El Tepetate.

-Anticlinal Las Narices

Esta estructura tiene como expresión topográfica una sierra con una altura que no sobrepasa los 500 m con respecto al Valle de Matehuala-Huizache. Consiste de un anticlinal recostado, alargado, con longitud aproximada de 13.5 Km; está formado por calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal. El rumbo del eje del anticlinal es variable, presentando en forma general un rumbo NW10°SE. Su flanco occidental se encuentra afectado por la Falla La Peña.

IV.2.2 Sinclinales

-Sinclinal Sta. Rita del Rusio

Se localiza en la parte noreste de la zona estudiada, atravesando los poblados de Sta. Rita del Rusio y Tanque Blanco. Presenta una longitud aproximada de 15 Km, con una dirección NE30°SW, siendo una estructura de tipo simétrico. Probablemente en el subsuelo se encuentra constituido por la Formación El Abra y Cárdenas.

-Sinclinal El Jaujal

Se localiza en el extremo noreste del área, atravesando los poblados de El Jaujal y Domingo Gamez. Es una estructura de tipo simétrico y amplio, se encuentra afectado en uno de sus flancos por la Falla La Cuchilla Gorda.

-Sinclinal La Presita

Localizado en el extremo sureste de la zona explorada. Presenta una longitud de 13 Km y corresponde a una estructura de tipo simétrico variando la orientación del eje en la parte sur. El rumbo de la estructura en la parte norte es $NW7^{\circ}SE$. Se encuentra formado por las calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal.

IV.2.3 Fallas

-Falla El Huizache

Se localiza sobre la Carretera Federal 80 "Cd. Mante-Tamps.". Corresponde a una falla de transurrencia, con una longitud aproximada de 30 Km dentro de la zona de estudio, teniendo prolongación hacia la parte sur y occidente. Probablemente afecte en subsuelo a las calizas de la Formación El Abra.

-Falla La Peña

Se localiza en la parte oriente del Valle de Matehuala-Huizache. Afecta al flanco occidental del Anticlinal El Rusio y el Anticlinal Las Narices. Presenta una orientación N-S con flexión en la parte norte, provocando una nueva orientación hacia el $NE30^{\circ}SW$. Corresponde a una falla de tipo normal.

-Falla La Ventana

Se localiza en la parte noreste del poblado La Ventana. Es una

falla de tipo normal que afecta a las rocas de la Formación El Abra. Presenta una orientación NW40°SE, con una longitud de 7.5 Km.

-Falla San Carlos

Se localiza en la parte oeste del poblado San Carlos, afectando a las calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal, con una longitud de 7.5 Km y orientación al NW10°SE. Presente flexión donde hacia el NE donde termina el Anticlinal San Carlos.

-Falla Sierra Atravesada 1

Se localiza en la parte sur-oriental del área estudiada. Es una falla del tipo normal, con orientación NW15°SE y longitud de 4.1 Km. Se encuentra afectando a las calizas de la Formación El Abra.

-Falla Sierra Atravesada 2

Se localiza en la parte sur-oriental del área, frente a la Falla Sierra Atravesada 1, ambas dan lugar a un pequeño graben. Tiene una longitud de 4.7 Km y presenta orientación NW15°SE.

-Falla La Bandera

Se localiza en el límite oriental del área estudiada. Presenta una longitud de 3.2 Km con orientación NE10°SW. Afecta a las calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal.

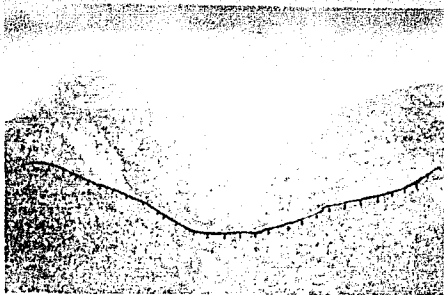
-Falla La Cuchilla Gorda

Se localiza en la porción norte-oriental de la zona estudiada. Tiene una longitud de 2.2 Km con orientación de NW30°SE. Es de tipo normal y afecta a las rocas de la Formación El Abra en facies post-arrecifal.

-Falla El Milagro

Localizada en la parte oriente de la Falla La Peña, es de tipo normal afectando las calizas de la Formación El Abra facies

post-arrecifal. Presenta una orientación Norte-Sur y tiene una longitud de 3.5 Km (Ver fotografía IV)



FOTOGRAFIA IV La Falla El Milagro, afecta a las calizas de la Formación El Abra facies post-arrecifal. Se localiza en el flanco NW de la Sierra La Peña y es de tipo normal.

IV.3 Roseta de Fracturas

Con la finalidad de conocer la orientación preferencial de las fracturas y el grado de fracturamiento de las rocas, se elaboró una roseta utilizando los datos tomados en campo.

Las actividades en campo consistieron en medir la orientación principal y secundaria de las fracturas presentes en los afloramientos descritos, considerando para cada uno de ellos un área de $5m^2$. En el anexo 2 se incluye la tabla que contiene los datos medidos de las fracturas.

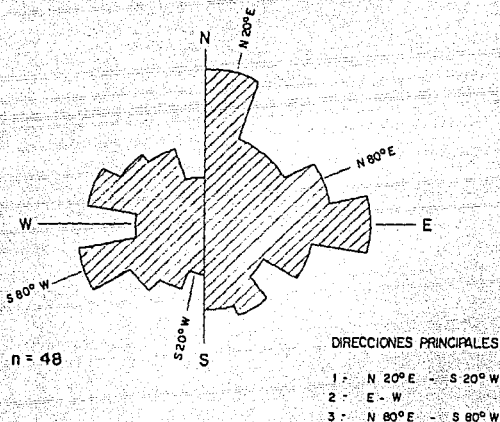
Los datos utilizados para la gráfica fueron medidos en roca caliza, por ser éstas las que predominan y representan interés en la zona de estudio.

De los datos procesados se deduce que las orientaciones principales son: $N80^{\circ}E-S80^{\circ}W$, E-W y como secundaria $N20^{\circ}E-S20^{\circ}W$, (Fig. IV.3). Estas direcciones coinciden con el patrón de fracturamiento que presenta La Sierra Madre Oriental, Provincia Fisiográfica donde se localiza el área de estudio.

La orientación de las fracturas obtenida de la roseta permite asegurar que el agua que se infiltra en las rocas drena hacia los valles y que el fracturamiento presente provoca permeabilidad secundaria a la roca, aumentando la probabilidad de circulación y almacenamiento del agua subterránea.

Estas direcciones de fracturamiento se ven apoyadas por la interpretación de la imagen de satélite y por las fotografías aéreas utilizadas para la geología de la zona explorada.

FIG. IV.3 : ROSETA DE FRACTURAS



LA ROSETA FUE MEDIDA EN CAMPO POR LAS AUTORAS Y REPRESENTA LA ORIENTACION DE LAS FRACTURAS VS FRECUENCIA.

n = No. DE CAJOS.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

VAZQUEZ SANCHEZ B. ROCHA CRUZ R.

TESIS PROFESIONAL

MEXICO, D.F., 1991.

V HIDROLOGÍA SUBTERRANEA

V.1 Piezometría

La piezometría da una idea clara del comportamiento hidráulico de las formaciones geológicas a partir del estudio de los niveles estáticos y dinámicos registrados, infiriéndose parámetros importantes que sirven para conocer el funcionamiento y potencialidad del acuífero explotado.

La lectura de los niveles estáticos y/o dinámicos se midió en todos los aprovechamientos que se censaron, aunque en algunos no se registraron por diversas causas. Se utilizó una sonda para medir la profundidad del nivel del agua en cada aprovechamiento, un flexómetro para medir la altura del brocal y referir el nivel al nivel medio del mar con la ayuda de las curvas topográficas. Además se utilizaron formatos para anotar las condiciones de construcción y mantenimiento actual en que se encontraron los pozos y norias.

Tomando como base el mapa de localización del censo de aprovechamientos realizado por Geohidrológica Mexicana, S.A., entre los meses de Mayo y Junio de 1979, el censo actualizado se llevó a cabo en el mes de Julio de 1990, encontrándose un total de 68 aprovechamientos en diferentes condiciones, de los cuales se tomaron 28 muestras de agua representativas de la zona para su análisis físico-químico.

En la tabla V.2 se muestran las características de cada uno de los aprovechamientos vistos en campo.

V.2 Resultado del censo de aprovechamientos en 1979 y 1990

Censo en 1979

En 1979 se tenía un total de 55 aprovechamientos, de los cuales 16 eran norias y 39 eran pozos. De las norias, 12 estaban funcionando

CENSO DE AFROFRONTAJOS DEL AREA DE ESTUDIO

N.º	Censo	Ciudad	Obra	Localidad	Municipio	N.E. (a)	N.D. (a)	Q (H.P.S.)	Prof. (a)	D. Desc. (a)	Litología	Uso	Condiciones 1977	Condiciones Actuales	Fecha del censo	
1	041-559	M		Sta. Rosa La Masita	Villa de Ge.								Activa		19/07/90	
2	041-45	F		Sta. Rosa La Masita	Villa de Ge.	44.50	55.56	40.00		40.00		Aluvión	No existía	Activa	19/07/90	
3	041-605	F		El Milagro de Ge.	Guadalucazar					200.00		4 Caliza	A/P (rara vez)	Inactivo	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
4	041-20	F		El Milagro de Ge.	Guadalucazar	49.30						Caliza		No existía	Abandonada	19/07/90
5	041-623	F		Sta. Rosa La Masita	Villa de Ge.	50.10				200.00		Caliza	Riego	Inactivo	Abandonada	19/07/90
6	041-44	F		Sta. Rosa La Masita	Villa de Ge.				30.00	300.00		10 Caliza	Riego	No existía	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
7	041-710	M		Presa El Finto	Guadalucazar	16.03				25.00		Lutitas	A/P. Arev.	Activa	Activa	24/07/90
8	041-717	M		Presa El Finto	Guadalucazar	26.04				35.00		Lutitas	A/P. Arev.	Activa	Activa	24/07/90
9	041-561a	M		El Milagro de Ge.	Guadalucazar	44.63				50.00		Aluvión	Arevadero	Activa	Activa	19/07/90
10	041-562	M		El Milagro de Ge.	Guadalucazar	45.59				50.00		Aluvión	Arevadero	Activa	Activa	19/07/90
11	041-716	M		Presa El Finto	Guadalucazar	13.60				15.00		Lutitas	A/P. Arev.	Activa	Activa	24/07/90
12	041-718	M		Presa El Finto	Guadalucazar	14.93				20.00		Lutitas	A/P. Arev.	Activa	Activa	24/07/90
13	041-41	F		El Milagro de Ge.	Guadalucazar	46.65				200.00		Caliza		No existía	Abandonada	19/07/90
14	041-21	F		El Milagro de Ge.	Guadalucazar				25.00	200.00		6 Caliza	Riego	No existía	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
15	041-626	P		Vallejo	Villa de Ge.				36.00	150.00		6 Aluvión	Riego, A/P	Activo	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
16	041-560	M		Vallejo	Villa de Ge.	43.52				40.00		Aluvión	A/P. Arev.	Inactiva	Activa	19/07/90
17	041-561	M		Falo Blanco	Villa de Ge.	41.75				50.00		Aluvión		Inactiva	Activa (requiere descomestible)	19/07/90
18	041-621	F		Vallejo	Villa de Ge.		50.92	35.00		102.00		6 Caliza	Riego	Inactivo	Activo	19/07/90
19	041-436	F		El Milagro de Ge.	Guadalucazar	47.95				200.00		6 Caliza	Riego	No existía	Activo (requiere descomestible)	19/07/90
20	041-677	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar	46.28				100.00		6 Aluvión	Riego	Activo	Abandonada	19/07/90
21	041-677	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar					100.00		Aluvión		Activo	Abandonada	19/07/90
22	041-678	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar					100.00		Aluvión		Activo	Abandonada	19/07/90
23	041-674	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar	46.75				160.00		Aluvión		Inactivo	Abandonada	19/07/90
24	041-23	F		El Milagro de Ge.	Guadalucazar	47.67			30.00	200.00		6 Caliza	Riego, A/P	No existía	Activo	19/07/90
25	041-673	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar					100.00		6 Aluvión		Inactivo	Abandonada	19/07/90
26	041-622	F		Falo Blanco	Villa de Ge.		56.06	12.00		160.00		6 Caliza	Riego, A/P	Inactivo	Activo	19/07/90
27	041-672	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar					100.00		Aluvión	Arevadero	Inactivo	Abandonada	19/07/90
28	041-674	M		G.P.F.	Guadalucazar					20.00		Aluvión		Inactiva	Activa	19/07/90
29	041-671	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar					100.00		Aluvión		Inactivo	Abandonada	19/07/90
30	041-675	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar					160.00		6 Aluvión		Activo	Abandonada	19/07/90
31	041-652	F		G.P.F.	Guadalucazar	49.63				200.00		4 Aluvión	Riego	Activo	Activo	16/07/90
32	041-671	F		G.P.F.	Guadalucazar					150.00		3 Aluvión	Riego	Activo	Activo (requiere descomestible)	19/07/90
33	041-673	F		Vñedos Fotostinos	Guadalucazar					100.00				Activo	Abandonada	19/07/90
34	041-662	F		G.P.F.	Guadalucazar					100.00		Aluvión		Activo	Abandonada	16/07/90
35	041-671	F		G.P.F.	Guadalucazar	39.95				100.00		6 Aluvión	Riego	Activo	Activo (requiere descomestible)	16/07/90
36	041-655	P		G.P.F.	Guadalucazar			30.00		100.00		6 Aluvión	Riego	Activo	Activo	16/07/90
37	041-653	F		G.P.F.	Guadalucazar	36.68				100.00		6 Aluvión		Activo	Activo (requiere descomestible)	16/07/90
38	041-660	F		G.P.F.	Guadalucazar	38.46				100.00		Aluvión		Activo	Abandonada	17/07/90
39	041-665	F		G.P.F.	Guadalucazar	40.51				100.00		Aluvión		Activo	Activa	17/07/90
40	041-667	F		G.P.F.	Guadalucazar	39.48			30.00	100.00		6 Aluvión		Activo	Activo	17/07/90

CENSO DE APROVECHAMIENTOS DEL AREA DE ESTUDIO

No. Censo	Clave obra	Obra	Localidad	Municipio	M.E. (a)	N.D. (a)	Q (l.p.s.)	Prof. (l/a)	D. (desc. (°))	Litología	Uso	Condiciones 1979	Condiciones Actuales	Fecha del censo	
1	OM-553	N	Sta. Rosa La Nativita	villa de Gev.				48.00		Aluvión		Activa	Seca	19/07/90	
2	OM-45	F	Sta. Rosa La Nativita	villa de Gev.	44.50	55.56	40.00			8	Riego, A/P	No existe	Activa	19/07/90	
3	OM-685	P	El Milagro de Gev.	Guadalcázar				200.00		4	Caliza	A/P (rara vez)	Inactivo	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
4	OM-26	F	El Milagro de Gev.	Guadalcázar	45.30						Caliza		No existe	Abandonado	19/07/90
5	OM-623	F	Sta. Rosa La Nativita	villa de Gev.	50.10				200.00		Caliza	Riego	Inactivo	Abandonado	19/07/90
	FSLB-63														
6	OM-44	F	Sta. Rosa La Nativita	villa de Gev.			30.00	300.00		10	Caliza	Riego	No existe	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
7	OM-715	N	Presa El Pinto	Guadalcázar	16.03			25.00			Lutitas	A/P, Arev.	Activa	Activa	24/07/90
8	OM-717	N	Presa El Pinto	Guadalcázar	26.94			35.00			Lutitas	A/P, Arev.	Activa	Activa	24/07/90
9	OM-504H	N	El Milagro de Gev.	Guadalcázar	44.63			50.00			Aluvión	Arevadero	Activa	Activa	19/07/90
10	OM-562	N	El Milagro de Gev.	Guadalcázar	45.59			50.00			Aluvión	Arevadero	Activa	Activa	19/07/90
11	OM-716	N	Presa El Pinto	Guadalcázar	13.60			19.00			Lutitas	A/P, Arev.	Activa	Activa	24/07/90
12	OM-718	N	Presa El Pinto	Guadalcázar	14.93			20.00			Lutitas	A/P, Arev.	Activa	Activa	24/07/90
13	OM-40	F	El Milagro de Gev.	Guadalcázar	46.65			200.00			Caliza		No existe	Abandonado	19/07/90
14	OM-21	P	El Milagro de Gev.	Guadalcázar			25.00	200.00		6	Caliza	Riego	No existe	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
15	OM-620	P	Vallejo	villa de Gev.			36.00	150.00		6	Aluvión	Riego, A/P	Activo	Activo (no se pudo sondear)	19/07/90
16	OM-560	N	Vallejo	villa de Gev.	43.32			40.00			Aluvión	A/P, Arev.	Inactiva	Activa	19/07/90
17	OM-561	N	Fajo Blanco	villa de Gev.	41.75			56.00			Aluvión		Inactiva	Activo (requiere descomuestos)	19/07/90
18	OM-621	F	Vallejo	villa de Gev.		50.92	35.00	102.00		6	Caliza	Riego	Inactivo	Activo	19/07/90
	FSLB-64														
19	OM-400	F	El Milagro de Gev.	Guadalcázar	47.95			200.00		6	Caliza	Riego	No existe	Activo (requiere descomuestos)	19/07/90
20	OM-676	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar	46.28			106.00		6	Aluvión	Riego	Abandonado	Abandonado	19/07/90
21	OM-677	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar				100.00			Aluvión		Azolado	Azolado	19/07/90
22	OM-678	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar				100.00			Aluvión		Azolado	Azolado	19/07/90
23	OM-674	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar	46.75			100.00			Aluvión		Inactivo	Azolado	19/07/90
24	OM-23	F	El Milagro de Gev.	Guadalcázar	47.67		30.00	200.00		6	Caliza	Riego, A/P	No existe	Activo	19/07/90
25	OM-673	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar				100.00		6	Aluvión		Inactivo	Abandonado	19/07/90
26	OM-625	F	Fajo Blanco	villa de Gev.		56.06	12.00	160.00		6	Caliza	Riego, A/P	Inactivo	Activo	19/07/90
	FSLB-61														
27	OM-675	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar				100.00			Aluvión		Inactivo	Azolado	19/07/90
28	OM-664	N	G.F.P.	Guadalcázar				29.00			Aluvión		Inactiva	Seca	19/07/90
29	OM-671	P	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar				100.00			Aluvión		Inactivo	Azolado	19/07/90
30	OM-675	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar				100.00		6	Aluvión		Activo	Abandonado	19/07/90
31	OM-669	F	G.F.P.	Guadalcázar	46.63			100.00		4	Aluvión	Riego	Activo	Activo	19/07/90
32	OM-652	F	G.F.P.	Guadalcázar				150.00		3	Aluvión	Riego	Activo	Activo (requiere descomuestos)	19/07/90
33	OM-679	F	Viñedos Fotosinos	Guadalcázar				100.00					Azolado	Azolado	19/07/90
34	OM-562	F	G.F.P.	Guadalcázar				100.00			Aluvión		Activo	Azolado	19/07/90
35	OM-661	F	G.F.P.	Guadalcázar	39.95			100.00		6	Aluvión	Riego	Activo	Activo (requiere descomuestos)	19/07/90
36	OM-655	F	G.F.P.	Guadalcázar			30.00	100.00		6	Aluvión	Riego	Activo	Activo	19/07/90
37	OM-653	F	G.F.P.	Guadalcázar	36.66			100.00		6	Aluvión		Activo	Activo (requiere descomuestos)	19/07/90
38	OM-660	F	G.F.P.	Guadalcázar	38.46			100.00			Aluvión		Activo	Abandonado	19/07/90
39	OM-665	F	G.F.P.	Guadalcázar	40.51			100.00			Aluvión		Activo	Activo	19/07/90
40	OM-667	F	G.F.P.	Guadalcázar	39.48		30.00	100.00		6	Aluvión		Activo	Activo	19/07/90

N. Censo	Clave (alt. Obra)	Localidad	Municipio	N.E. (m)	N.D. (m)	Q (l.p.s.)	Prof. Total (m)	A. Desc. (%)	Litología	Uso	Condiciones 1979	Condiciones Actuales	Fecha del censo	
41	CNA-563	P	San José del Refugio	Guadalcázar	49.53	60.00	30.00	60.00	6	Aluvión	Riego	Abolado	Activo	25-07-90
42	CNA-654	P	G.P.F.	Guadalcázar	49.51		30.00	100.00	6	Aluvión	Riego	Activo	Activo	17-07-90
43	CNA-654	F	G.P.F.	Guadalcázar	49.20		30.00	100.00	6	Aluvión	Riego	Activo	Activo	16-07-90
44	CNA-668	P	G.P.F.	Guadalcázar		51.29	30.00	100.00	6	Aluvión	Riego	Inactivo	Activo	16-07-90
45	CNA-571	P	San Francisco	Villa de Gu.		94.60	5.00	100.00	4	Caliza	Riego	Activo	Activo (se abate a los 20')	16-07-90
46	CNA-659	F	G.P.F.	Guadalcázar	48.06			100.00		Aluvión		Inactivo	Abandonado	17-07-90
47	CNA-658	F	G.P.F.	Guadalcázar	48.60			100.00		Aluvión		Inactivo	Abandonado	17-07-90
48	CNA-669	P	San Francisco	Villa de Gu.			90.00	100.00	10	Caliza	Riego, A/P	Activo	Activo (se pudo sondear)	17-07-90
49	CNA-657	F	G.P.F.	Guadalcázar				100.00		Aluvión		Activo	Activo	15-07-90
50	CNA-572	F	San Francisco	Villa de Gu.				55.00		Aluvión		Inactiva	Activo	15-07-90
51	CNA-570	F	San Francisco	Villa de Gu.	44.76					Aluvión		Inactiva	Activo	15-07-90
52	CNA-569A	F	San Francisco	Villa de Gu.	64.25			150.00		Caliza		Activo	Abandonado	15-07-90
53	CNA-681	P	Norias del Refugio	Guadalcázar	41.60	71.85	32.00	200.00	6	Aluvión	Riego	Inactivo	Activo	15-07-90
54	CNA-662	F	Norias del Refugio	Guadalcázar			20.00	125.00	6	Aluvión	Riego	Inactivo	Activo (se pudo sondear)	15-07-90
55	CNA-3	F	Norias del Refugio	Guadalcázar		69.90	20.00		6	Aluvión	Riego	Inactivo	Activo (se pudo sondear)	15-07-90
56	CNA-573	N	Sta. Teresa	Villa de Gu.				48.00		Aluvión		Activa	Activo	15-07-90
57	CNA-566	N	Norias del Refugio	Guadalcázar				49.00		Aluvión		Activa	Activo	15-07-90
58	CNA-703	P	San Carlos	Guadalcázar	36.75				1.00	Caliza		Sin datos	Activo (equipo descompletado)	24-07-90
59	CNA-565	N	Norias del Refugio	Guadalcázar				48.00		Aluvión		Activa	Activa	15-07-90
60	CNA-564	P	Norias del Refugio	Guadalcázar		49.58	4.00	100.00	2.5	Aluvión	A/P	Activo	Activo	15-07-90
61	CNA-684	F	Sta. Teresa	Villa de Gu.	56.32			200.00	6	Caliza	Riego	Inactivo	Activo (equipo descompletado)	15-07-90
	PSL-68													
62	CNA-691	P	Norias del Refugio	Guadalcázar		80.24	10.00	174.00	6	Aluvión	Riego	Sondeo	Activo	15-07-90
	PSL-31													
63	CNA-5	P	Norias del Refugio	Guadalcázar		74.56	20.00	160.00	6	Aluvión	Riego	No existía	Activo	15-07-90
64	CNA-574	F	San Juan sin agua	Guadalcázar	102.92		7.00	250.00	3	Caliza	A/P	Activo	Activo	15-07-90
65	CNA-578A	F	El Coyote	Villa Hidalgo	87.61		3.00	300.00	2.5	Caliza	Riego	No existía	Activo	15-07-90
66	CNA-578	N	El Coyote	Villa Hidalgo				50.00		Aluvión		Activa	Activa	15-07-90
67	CNA-680A	F	La Verdolaga	Guadalcázar	102.32			300.00		Caliza		No existía	Abandonado	15-07-90
68	CNA-680	P	La Verdolaga	Guadalcázar	110.93			250.00		Caliza		Sondeo	Abandonado	15-07-90

TABLA V.2

Ni Noria

Pi Pozo

N.E. (m): Nivel estático en metros

N.D. (m): Nivel dinámico en metros

Prof. T (m): Profundidad Total en metros

A. Desc. (%): Diámetro de descarga en pulgadas

Abrev.: Abreviatura

A/P: Agua Potable

' : pies

Fuente de condiciones 1979: Geología Mexicana

Vázquez Sánchez Beatriz y Rocha Cruz Rocelina

Tesis Profesional | México, D.F., 1991

y 4 de ellas ya no se usaban por diversas causas. De los pozos encontrados para ese año, 19 estaban en buenas condiciones y eran utilizados por los habitantes, 16 pozos estaban inactivos por no tener equipo o porque se encontraban descompuestos y 4 pozos estaban azolvados.

El agua extraída de cada aprovechamiento era utilizada para riego, abrevadero y uso potable.

Censo en 1990

En 1990 se censaron 88 aprovechamientos, de los cuales 15 pertenecen a norias y 53 son pozos.

De las 15 norias encontradas en la zona de estudio, 9 son utilizadas para uso de agua potable y/o abrevadero (Fotografía V.a) y 6 están secas. De los 53 pozos encontrados, 32 son utilizados principalmente para riego, y algunos de ellos para agua potable (Fotografía V.b). Del resultado de este censo, se observó que 5 pozos están descompuestos por el momento; 13 pozos tienen descompuesto el equipo o carecen de él desde hace tiempo, siendo por lo tanto improductivos, y considerados como pozos abandonados. (Fotografía V.c). Finalmente 8 pozos están azolvados (Fotografía V.d) (Tabla V.2 y Mapa Hidrogeológico).

Muchos poblados ubicados en la parte Este de la zona de estudio (zona cerril), no tienen algún tipo de aprovechamiento; se abastecen almacenando el agua de lluvia en aljibes que generalmente permanecen llenos todo el año (Fotografía V.e).

Comparando ambos censos se tiene que para 1990 existe una noria menos, presentándose el cambio de noria a pozo ubicado en San José del Refugio. A partir de 1980, se construyeron 13 pozos con un promedio de 6 ó 7 años de funcionamiento sin especificar el año de construcción (comunicación personal).

Los pozos nuevos se localizan en los siguientes poblados: 2 en

Santa Rosa La Masita, 5 en El Milagro de Guadalupe, 3 en Norias del Refugio, 1 en El Coyote y, 2 en La Verdolaga.

En el Mapa Hidrogeológico se localizan los aprovechamientos censados, algunos de los cuales presentan su corte litológico y/o datos piezométricos, físico-químicos y de construcción. Además se tienen ubicados sondeos exploratorios con clave PSLS y algunos pozos con clave PSLB que no se censaron pero se tiene su dictamen geohidroológico de la C.N.A.

Con los datos de los niveles estáticos que se tomaron en 1979 y 1990, se hicieron 2 configuraciones de profundidad, 2 de elevación y uno de evolución del nivel estático para ambos periodos, teniendo como resultado lo siguiente:

V.3 Profundidad al nivel estático en 1979 y 1990

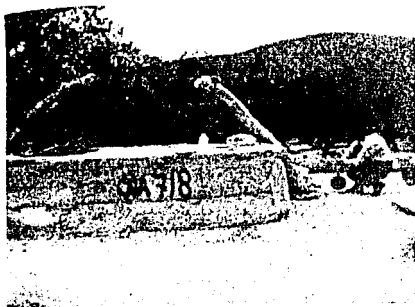
Profundidad al nivel estático en 1979

Con un total de 51 datos de profundidad de nivel estático se puede ver que la parte más somera estaba en Granjas Productivas Potosinas con 34 m, aumentando alrededor de esta zona hasta el poblado de Norias del Refugio con 46 m. En El Milagro de Guadalupe el nivel estaba a los 59 m. En la parte sur, comprendiendo los poblados de El Coyote, San Juan sin Agua y La Verdolaga la profundidad era mayor, siendo de 55 m para el primero y 108 m para los dos últimos (Ver Fig.V.3.1 y tabla V.7.).

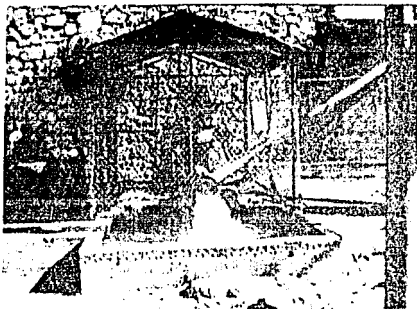
Profundidad al Nivel Estático en 1990

A partir de los datos obtenidos de profundidad del nivel estático de 30 aprovechamientos en la zona de estudio, se encontró que los niveles son muy variables, los cuales van de 38 hasta 110 m.

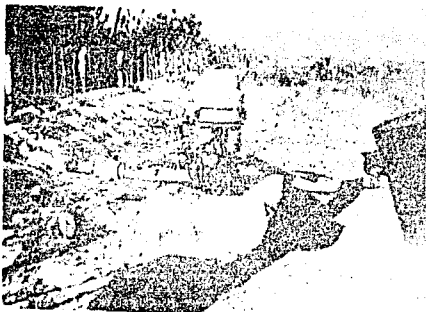
La parte más somera corresponde a Granjas Productivas Potosinas con profundidades entre 38 y 44 m. El nivel va aumentando en las zonas de Santa Rosa La Masita y San Francisco, y de San José del



FOTOGRAFIA V.a Noria con agua de buena calidad utilizada para abrevadero, consumo humano y labores domésticas. Se localiza en el poblado de Presa El Pinto y en la lista del censo de aprovechamientos se reconoce con el número 12.



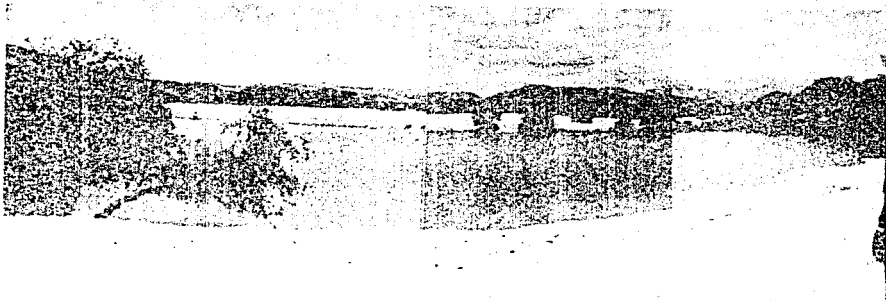
FOTOGRAFIA V.b Pozo con buen rendimiento utilizado principalmente para riego con gasto de 98 l.p.s. Pertenece al poblado de San Francisco, en la lista del censo de aprovechamientos tiene el No. 48.



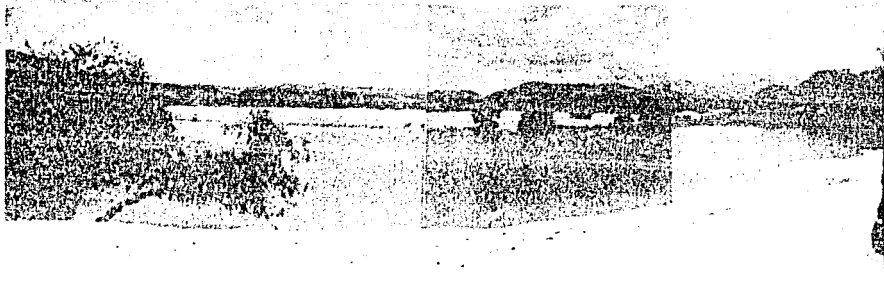
FOTOGRAFIA V.c El pozo que se muestra en la fotografía se encuentra ubicado en Granjas Productivas Potosinas, con número 46 en la lista del censo de aprovechamientos. Tiene equipo pero desde hace mucho tiempo que no se utiliza, por lo que se considera como abandonado.



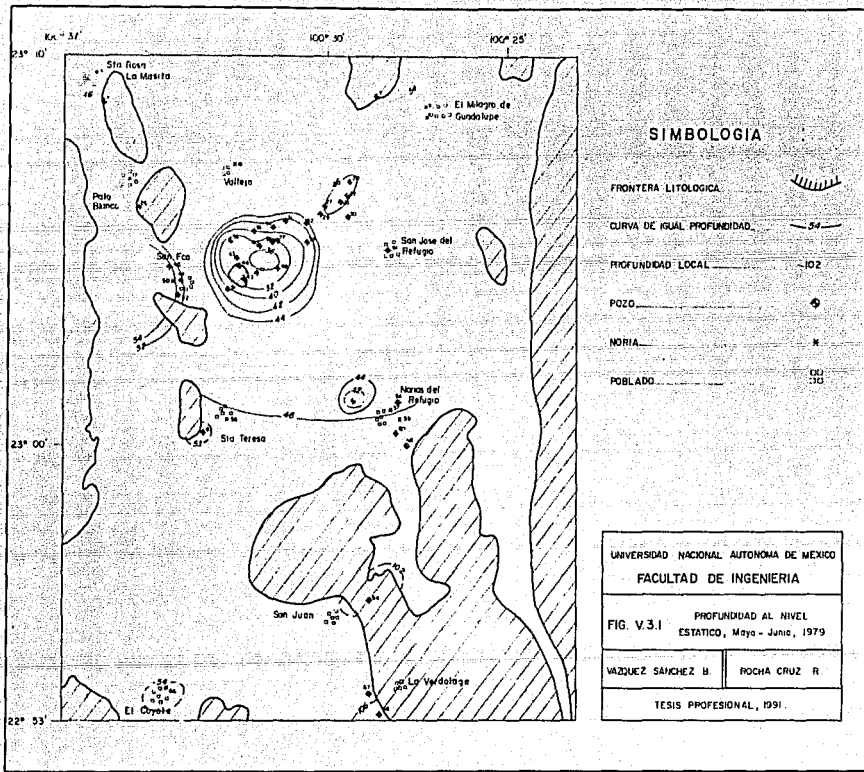
FOTOGRAFIA V.d Pozo azolvado ubicado en Granjas Productivas Potosinas con No. 38 en la lista del censo de aprovechamientos. La flecha indica el ademe que aún se conserva.



FOTOGRAFIA V.o El aljibo que se muestra en la foto se encuentra en el poblado de El Coyote. Este tipo de captación es común en los poblados que carecen de aprovechamientos. Generalmente permanece lleno durante el año y se usa para el consumo humano y abrevadero.



FOTOGRAFIA V.º El aljibe que se muestra en la foto se encuentra en el poblado de El Coyote. Este tipo de captación es común en los poblados que carecen de aprovechamientos. Generalmente permanece lleno durante el año y se usa para el consumo humano y abrevadero.



SIMBOLOGIA

- FRONTERA LITOLÓGICA
- CURVA DE IGUAL PROFUNDIDAD
- PROFUNDIDAD LOCAL
- POZO
- NORIA
- POBLADO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA

FIG. V.3.1 PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO, Mayo - Junio, 1979

VAZQUEZ SANCHEZ H	ROCHA CRUZ R
-------------------	--------------

TESIS PROFESIONAL, 1991.

Refugio hasta El Milagro de Guadalupe yendo de 44 hasta 48 m.

En Santa Teresa sólo se tiene un dato local de 59 m de profundidad.

En la zona sur se tienen las profundidades mayores, siendo éstas de 87 m en El Coyote, y de 102 m a 110 m en San Juan sin Agua y La Verdolaga, respectivamente (Ver Fig. V.3.2 y tabla V.7.).

V.4 Elevación al nivel estático en 1979 y 1990

Elevación al nivel estático en 1979

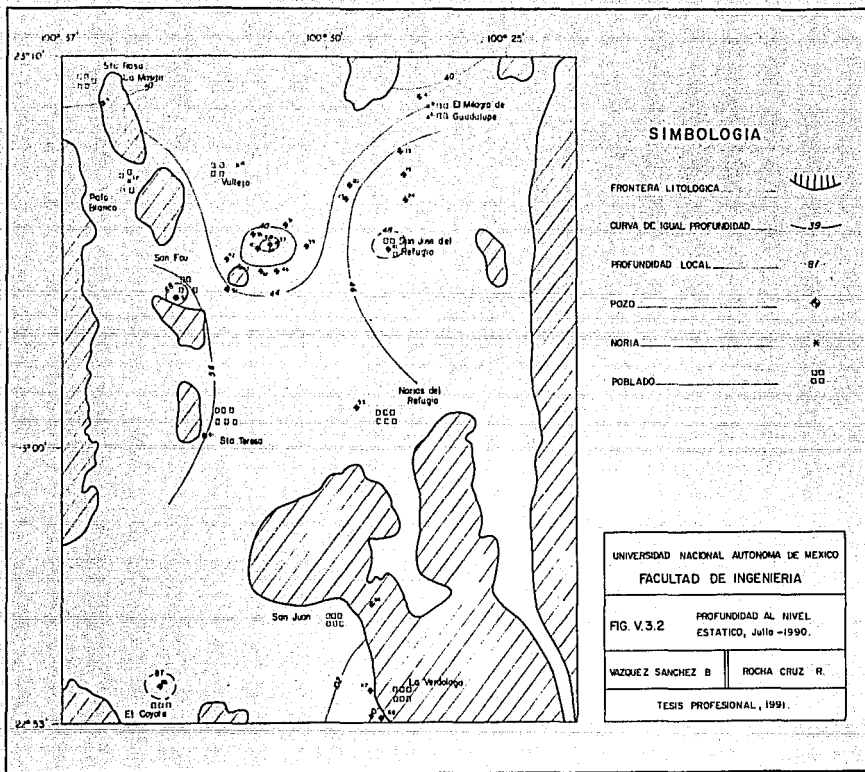
La mayor concentración de aprovechamientos estaba en la parte centro y norte del valle en estudio, con elevaciones que variaban de 1,270 a 1,282 m.s.n.m. Siendo topográficamente la parte más baja, recibe el flujo subterráneo que viene del norte del Bolsón de Matehuala y el que se infiltra de las sierras de la parte Este, Oeste y Sur de la zona de estudio.

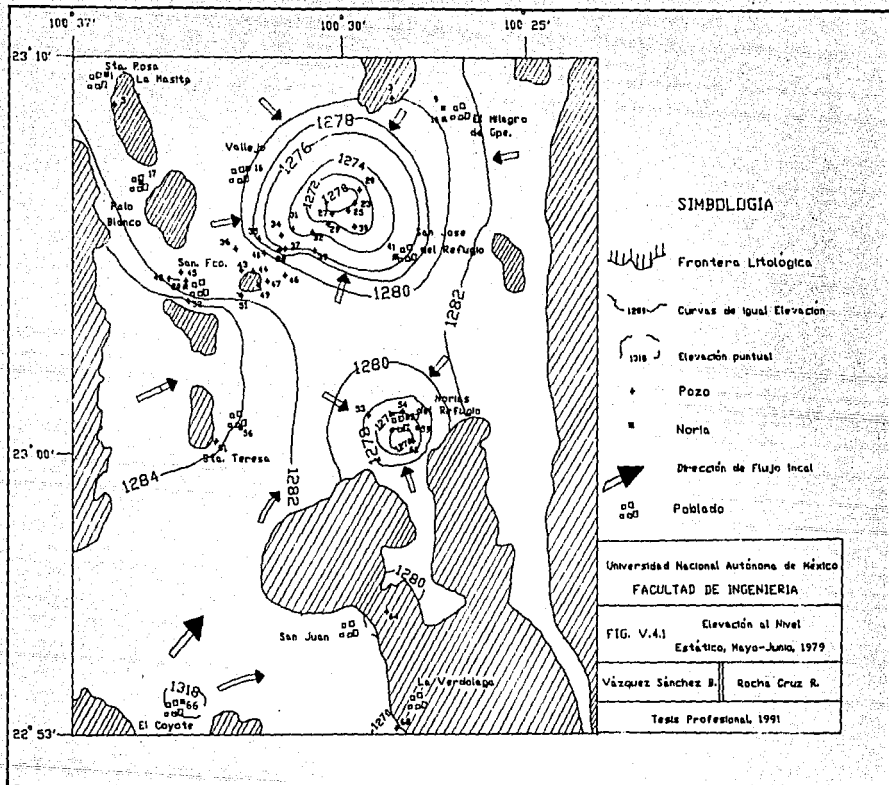
La segunda zona con niveles de 1,270 a 1,280 m.s.n.m., estaba ubicada en el poblado de San José del Refugio, que recibe la infiltración del agua que fluye de la parte sur y sierras cercanas a este poblado.

En la parte sur la elevación del nivel estático sobre el nivel del mar era mayor, presentándose de 1,318 m en El Coyote, y disminuye hacia La Verdolaga y San Juan sin Agua con 1,270 a 1,282 m, respectivamente como valores locales. La recarga es sólo por infiltración del agua de las sierras cercanas a estos sitios. (Ver Fig. V.4.1 y tabla V.7)

Elevación al nivel estático en 1990

Con 31 datos de nivel estático el Valle Matehuala-Huizache presenta 2 zonas de recarga: la parte Norte, donde el nivel menor es de 1,270 m.s.n.m., localizado en San José del Refugio y de





1,272 m.s.n.m. en El Milagro de Guadalupe. En la zona sur, se presentan valores locales de 1,270 m.s.n.m. en el poblado La Verdolaga y 1286 m.s.n.m. en El Coyote, como valores locales.

La recarga para los pozos localizados en el poblado La Verdolaga es por infiltración del agua que llueve y que fluye de las sierras cercanas a esta zona, así como también del flujo subterráneo que viene desde El Coyote. (Ver Fig. V.4.2 y tabla V.7)

V.5 Evolución al nivel estático en 1979 y 1990

De acuerdo con los datos de nivel estático que se obtuvieron en los censos realizados en 1979 y el actual que comprende un periodo de separación de 12 años (Fig. V.5), se llegó al siguiente análisis:

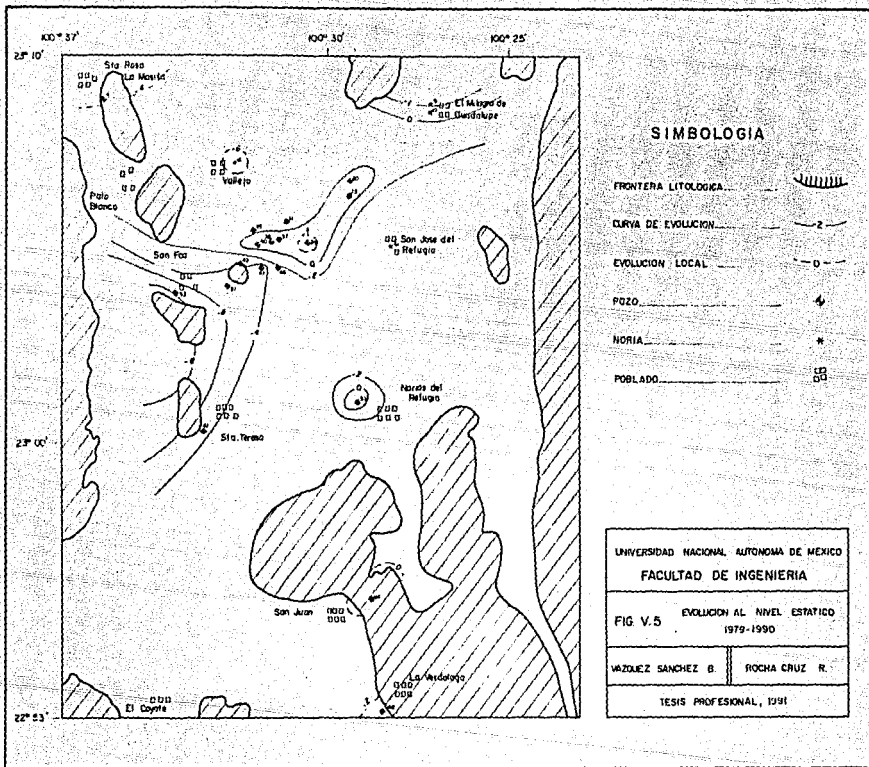
- Se tiene recuperación en algunos pozos de Granjas Productivas Potosinas y El Milagro de Gpe. de 1.29 m/12 años (0.10 m/1 año). Esto es obvio, si se considera que muchos pozos han dejado de funcionar o están azolvados, además gran parte de la recarga del valle llega a esta zona.

- A partir de esta recuperación, se tienen desniveles hasta de 2 m/12 años, llegando a afectar a los poblados de San Francisco, San José del Refugio, El Milagro de Guadalupe e incluso parte de Granjas Productivas Potosinas.

- En Palo Blanco, Santa Rosa la Masita, Norias del Refugio y El Milagro de Guadalupe, la variación ha sido de 4 m/12 años de descenso.

- Existen valores locales de abatimiento en los poblados de Santa Teresa, San José del Refugio, San Juan sin Agua y La Verdolaga que varía de pocos centímetros hasta 4 m/12 años.

El máximo abatimiento local se registró en los poblados de Vallejo



y San Francisco con 6 y 8 m/12 años, respectivamente.

En la tabla V.7, se pueden ver los valores de evolución al nivel estático de los pozos que registraron la profundidad del nivel estático para ambos periodos, así como valores de transmisibilidad y gastos.

V.6 Interpretación de pruebas de aforo

No se realizaron ni se obtuvieron datos de pruebas de bombeo en la zona, sólo se recopilaron 4 pruebas de aforo que se hicieron en 1978 en la parte Noroeste del Área de estudio, para determinar las características hidráulicas del acuífero. El método utilizado en la interpretación de las gráficas es el de Jacob, obteniendo los siguientes resultados:

a) Santa Rosa La Masita (Pozo # 5)

-Caudal Específico $Q_e = 1.48 \times 10^{-3}$ [m²/seg]

-Transmisibilidad $T = 1.057 \times 10^{-3}$ [m²/seg]

Prueba de aforo escalonada de 6 etapas .

b) Vallejo (Pozo # 18)

- $Q_e = 1.99 \times 10^{-3}$ [m²/seg]

- $T = 1.29 \times 10^{-3}$ [m²/seg]

Prueba de aforo escalonada de 6 etapas .

c) Palo Blanco (Pozo # 26)

- $Q_e = 3.3 \times 10^{-4}$ [m²/seg]

- $T = 1.307 \times 10^{-4}$ [m²/seg]

Prueba de aforo escalonada de 2 etapas .

d) Santa Teresa (Pozo # 61)

- $Q_e = 5.885 \times 10^{-4}$ [m²/seg]

- $T = 4.14 \times 10^{-4}$ [m²/seg]

Prueba de aforo escalonada de 6 etapas .

Las pruebas de aforo se realizaron en pozos perforados en roca

TARIFA DE PIEZOMETRIA Y EVALUACION

No. Piezometria	Clave (CNA-)	Hora	Prof. N.F. (m)	Flevo. N.F. (m. c. n. e.)	Fuente Flevo. N.F. (m. c. n. e.)	Q (l. p. c.)	Tiempo (s)	Q (m ³ /año)	
1979-1980	1979	1980	1979	1980	1979-1980	1979	1980	1979	1980
1	550:550	N	46,57: (**)	1281,48	:	:	:	:	:
2	: 45	P	(*) 44,50	:	1275,50	:	:	:	:
3	665:665	P	60,00: (**)	1280,00	:	40,00	:	0,0036	12355,70
4	: 70	P	(*) 49,30	:	1275,70	:	:	:	5475,00
5	623:623	P	45,83:50,10	1279,17	1274,80	-4,27	76,00	0,0012	:
6	: 44	P	(*) 44,50	:	:	:	40,00	:	16122,20
7	715:715	N	11,70:16,30	:	1476,70	-4,60	:	:	319,37
8	717:717	N	23,30:26,04	:	1373,96	-2,74	:	:	319,37
9	5614:5614	N	45,75:44,63	1280,25	1281,37	1,12	:	:	5475,00
10	562:562	N	45,54:44,59	1280,46	1280,31	0,95	:	:	5475,00
11	716:716	N	10,62:13,80	:	1436,20	-3,18	:	:	319,37
12	718:718	N	13,99:14,93	:	1435,27	-0,94	:	:	319,37
13	: 401	P	(*) 46,85	:	1278,45	:	:	:	:
14	: 71	P	(*) 47,71	:	:	:	25,00	:	10411,20
15	620:620	P	37,47: (')	:	:	:	36,00	:	12507,40
16	560:560	N	37,47:43,02	1280,53	1274,08	-6,45	:	:	273,70
17	561:561	N	40,15:41,75	1279,85	1278,25	-1,60	:	:	:
18	621:621	P	43,79: (**)	:	:	40,50	135,00	0,0015	10260,00
19	: 400	P	(*) 47,95	:	1275,05	:	22,00	:	7101,20
20	676:676	P	45,99:46,28	1271,01	1274,64	-0,29	:	:	:
21	677:677	P	(**): (**)	:	:	:	:	:	:
22	678:678	P	(**): (**)	:	:	:	:	:	:
23	674:674	P	46,20:46,75	1270,80	1270,25	-0,55	:	:	:
24	: 23	P	(*) 47,67	:	1274,67	:	30,00	:	8936,00
25	673:673	P	45,99: (')	1271,33	:	:	30,00	:	:
26	622:622	P	47,70: (**)	:	:	13,80	12,00	0,0003	9720,00
27	672:672	P	46,20: (**)	1270,80	:	:	:	:	:
28	664:664	N	(**): (**)	:	:	:	:	:	:
29	671:671	P	44,69: (**)	1272,31	:	:	:	:	:
30	675:675	P	46,60: (**)	1270,40	:	36,00	:	0,004	:
31	663:663	P	41,13:40,63	1276,87	1277,07	0,50	:	:	:
32	652:652	P	46,21: (')	1271,79	:	4,00	:	0,0005	45,00
33	670:670	P	(**): (**)	:	:	:	:	0,0035	:
34	662:662	P	42,23: (**)	1275,77	:	:	:	:	:
35	661:661	P	40,48:39,95	1277,52	1278,05	0,53	:	:	10368,00
36	655:655	P	37,66: (**)	1280,34	:	26,25	30,00	:	10368,00
37	653:653	P	34,56:38,66	1283,44	1280,00	-4,12	:	30,00	:
38	660:660	P	38,40:38,46	1279,60	1279,54	-0,06	21,95	:	0,0009
39	665:665	P	41,77:40,51	1276,23	1277,48	1,26	:	:	:
40	667:667	P	37,60:39,48	1280,40	1278,52	-1,88	27,75	30,00	0,0013
41	663:663	N:P	47,65:49,59	1272,95	1268,42	-7,54	36,00	:	0,0035
42	654:654	N	(**): 40,51	:	1277,48	:	30,00	:	14515,20
43	666:666	P	37,01:40,20	1280,99	1277,80	-3,14	30,00	30,00	0,0128
44	668:668	P	36,90: (**)	1281,10	:	:	30,00	:	10368,00
45	571:571	P	54,05: (**)	1274,95	:	4,00	5,00	0,0001	8078,40
46	659:659	P	36,54:40,06	1281,46	1277,94	-3,52	:	:	:
47	658:658	P	36,16:40,60	1281,84	1277,40	-4,44	:	:	:
48	564:564	P	50,50: (**)	1281,50	:	98,00	98,00	0,0131	38210,80
49	657:657	P	37,89: (**)	1280,11	:	:	:	:	:
50	572:572	N	47,80: (**)	1282,20	:	:	:	:	:

TARIFA V.7

continuación...

:Nm.Censo:	Clave (CNA-1):	Úbra :	Prof. N.F. (m) :	:Fluv. N.F. (a.s.n.m.):		Fvnl. Fluv. :	Q (l.p.s.) :		T (m ² /s) :	Q (m ³ /s) :
				1979 :	1980 :		1979 :	1980 :		
		1979:1980 :	1979 :	1980 :			1979 :	1980 :	1979 :	1980 :
51	570	:570 :	P :	40.52:	44.76 :	1282.48 :	1278.24 :	-4.24 :	14.70 :	0.0004 :
52	569A:569A	:	P :	52.27:	60.25 :	1287.73 :	1279.75 :	-7.98 :	14.70 :	0.0004 :
53	681:681	:	P :	42.00:	41.80 :	1278.00 :	1278.20 :	0.20 :	33.00 :	32.00 :
54	682:682	:	P :	45.50:	(*) :	1274.50 :	:	:	26.80 :	20.00 :
55	:	3 :	P :	(*) :	(11.8) :	:	:	:	20.00 :	0.0011 :
56	573:573	:	N :	46.10:	(**) :	1283.90 :	:	:	:	:
57	566:566	:	N :	47.20:	(**) :	1272.80 :	:	:	:	:
58	708:708	:	P :	(***):	86.75 :	1423.25 :	:	:	:	:
59	565:565	:	N :	46.32:	(**) :	1273.68 :	:	:	:	:
60	564:564	:	P :	49.25:	(#) :	1270.75 :	:	:	:	:
61	684:684	:	P :	53.70:	58.32 :	1284.30 :	1279.68 :	-4.62 :	4.00 :	4.00 :
62	691:691	:	S:P :	46.60:	(#) :	:	:	:	10.00 :	:
63	:	5 :	P :	(+)	(14.8) :	:	:	:	20.00 :	:
64	574:574	:	P :	103.00:	102.92 :	1282.00 :	1282.08 :	0.08 :	7.00 :	7.00 :
65	:578A	:	P :	(#):	87.61 :	1285.38 :	:	:	3.00 :	:
66	578:578	:	N :	54.90:	(**) :	1318.10 :	:	:	:	:
67	:680A	:	P :	(#)	:102.32 :	1267.68 :	:	:	:	:
68	:680	:	S:P :	108.00:	110.93 :	1270.00 :	1267.07 :	-2.93 :	:	:

TARIFA V.7

- (#) : Pozo inexistente
- (##) : Pozo azulado
- (+) : Pozo nuevo (reportado a partir de 1980)
- (*) : No se pudo sondar
- (**) : Pozo n. María (cega)
- (***) : Sin dato reportado
- (#) : Se usan nivel dinámico
- Q(l.p.s.): Caudal en litros por segundo
- Qe : Gasto específico
- Fvnl. Fluv. N.F.: Función del nivel estático
- T : Transmisibilidad
- a.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar

Vázquez Sánchez R. : Rocha Cruz R. :
 Taxis : Profesional : México, D.F. 1991

caliza, cuyo comportamiento es el de un acuífero semiconfinado-confinado. Se observa que la transmisibilidad de los pozos es aceptable en una roca poco permeable donde la recarga del acuífero se lleva a cabo por fracturamiento.

Tomando como único apoyo las 4 pruebas de aforo ya mencionadas se elaboró una gráfica de Caudal Específico (Q_e) contra Transmisibilidad (T), con el fin de hacer una Interpolación utilizando el Q_e en pozos donde no se tengan pruebas de bombeo o aforo, obteniendo un valor aproximado de T para el valor interpolado (Ver Gráfica V.6).

Ejemplo: En el pozo No. 2 de Vallejo (CNA-44) se tiene el valor de $Q_e = 0.0036 \times 10^{-3} \text{ [m}^2/\text{seg]}$, interpolando en la gráfica V.8 el valor de $T = 2.48 \times 10^{-3} \text{ [m}^2/\text{seg]}$ (valor aproximado).

De igual forma, se puede tomar el valor de Q_e para cualquier pozo que se haya censado en 1979 o en 1990 y se puede suponer una transmisibilidad aproximada de la roca que se haya perforado, utilizando la gráfica de interpolación.

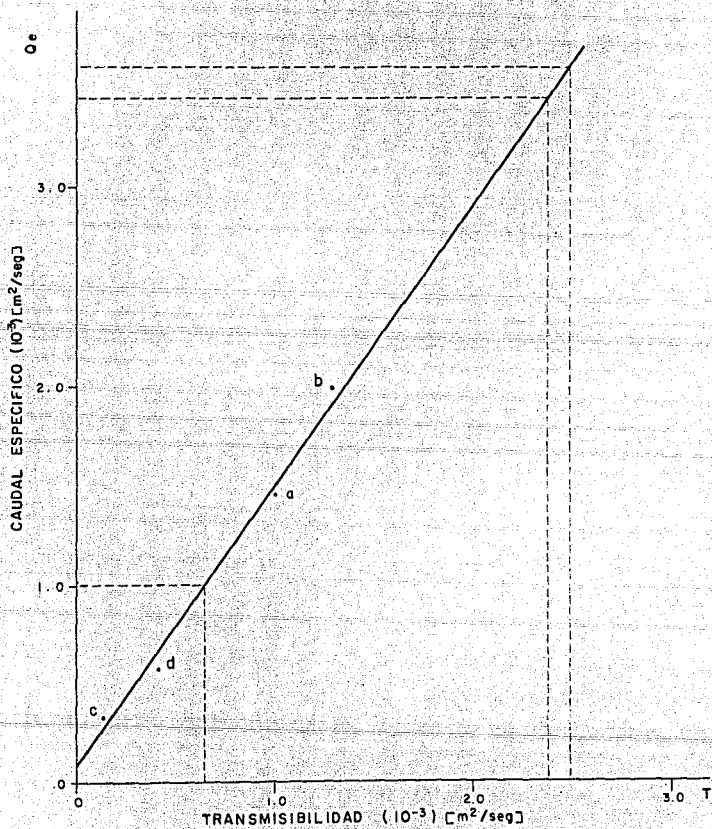
Esta gráfica se debe de tomar con reservas. El valor de T interpolado es una aproximación del valor que se obtendría a partir de la interpretación de su propia prueba de aforo o de bombeo.

V.7 Ecuación de Balance de Aguas Subterráneas

Debido a la gran demanda de agua que presenta la zona en estudio, se tiene la necesidad de conocer la cuantificación de los recursos de agua subterránea en la región.

La realización del presente balance se enfoca a una parte del Valle Matehuala-Huizache, comprendido en la zona de estudio y siendo el lugar donde concentra la mayoría de los aprovechamientos censados. El valle antes mencionado cuenta con una superficie aproximada de $292.45 \times 10^6 \text{ [m}^2]$ y 27 pozos que

GRAFICA DE INTERPOLACION



a,b,c y d POZOS CON PRUEBA DE AFORO

----- LINEA QUE SE INTERPOLA

GRAFICA V.6

aportan un cierto caudal que permiten hacer la cuantificación del del acuífero.

Ecuación de Balance

En la ecuación de balance se utilizan 7 parámetros que permiten hacer la cuantificación volumétrica de agua en la zona.

Las variables de la ecuación de balance son:

$$Es + Inf + D = Ss + Ext + Ev + \Delta VS$$

donde:

Es = Entradas subterráneas. Es un dato no conocido pero se sabe que existe porque hay un flujo subterráneo de N-S y de S-N que recarga a la zona de estudio.

Inf = Infiltración por lluvia. Es la cantidad de agua que se infiltra en el suelo por precipitación pluvial.

D = Drenaje superficial, que es igual a cero por ausencia de corrientes superficiales importantes.

Ss = Salidas subterráneas. En este caso no se conoce este dato, considerándose que la cantidad de agua subterránea que entra es igual a la que sale.

Ext = Extracción por bombeo. Se refiere a la suma total de agua que se saca de cada pozo en un periodo de 12 años. Aproximadamente es 1.23×10^9 [m³/12 años]

Ev = Evapotranspiración. Los niveles están más abajo de 5 m, por lo tanto no hay evapotranspiración en la zona de estudio.

ΔVS = Variación del volumen de agua en el terreno,

multiplicado por el coeficiente de almacenamiento de la roca en donde está el acuífero.

$$\Delta VS = (h \times A_c) \times S$$

donde:

h = Variación de niveles estáticos en un periodo de 12 años.

A_c = Area del acuífero que se está evaluando. Aproximadamente es 292.45×10^6 [m²].

S = Coeficiente de almacenamiento. Es un valor que no se conoce porque no se tiene alguna prueba que indique tal valor, pero existe un rango que va de 0.01 hasta 0.20, para materiales granulares no consolidados (Custodio, 1976). Para la zona se toma el valor de 0.1 que se considera representativo del material presente en el valle.

$$\begin{aligned}\Delta VS &= (h \times A_c) \times S \\ &= \left(-\frac{H}{A_e}\right) \times A_c \times S\end{aligned}$$

Donde:

$$H = \sum A_e (y)$$

Si: y = recuperación o abatimiento. Se obtuvo este dato haciendo la diferencia de elevación del nivel para ambos periodos (1990-1979= y)

A_e = Area en explotación. Se obtiene este valor utilizando la figura V.5. Se saca el área entre curvas de evolución al nivel estático. Aproximadamente es 192.14×10^6 [m²]

Es decir:

$$H = -7.37 \times 10^8 \text{ (m}^3 \text{ / 12 años)}$$

Por lo tanto:

$$h = \frac{-7.37 \times 10^8 \text{ (m}^3 \text{ / 12 años)}}{192.14 \times 10^6 \text{ (m}^2 \text{)}} = -3.83 \text{ (m/12 años)}$$

que representa el valor de abatimiento que se tiene en 12 años (0.31 m/año).

Entonces se tiene que:

$$\begin{aligned} \Delta VS &= [(-3.83)(292.45 \times 10^6)](0.1) \text{ (m}^2 \text{ / 12 años)} \text{ (m}^2 \text{)} \\ &= -1.12 \times 10^8 \text{ (m}^3 \text{ / 12 años)} \end{aligned}$$

La ecuación de balance queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Inf} &= \text{Ext} - \Delta VS \\ \text{Inf} &= (1.23 \times 10^8) - (-1.12 \times 10^8) \text{ (m}^3 \text{ / 12 años)} \text{ (m}^3 \text{ / 12 años)} \\ \text{Inf} &= 2.35 \times 10^8 \text{ (m}^3 \text{ / 12 años)} \end{aligned}$$

Para obtener la recarga por infiltración del valle que se está evaluando, se debe de tener en cuenta el área del mismo.

Por lo tanto:

$$R = \frac{2.35 \times 10^8 \text{ (m}^3 \text{ / 12 años)}}{295.45 \times 10^6 \text{ (m}^2 \text{)}}$$

Es decir, que en un año se tiene una recarga por infiltración de 0.087 m.

Si la precipitación pluvial promedio anual en la zona de estudio es de 322.81 mm (Tabla de medias anuales locales, Cap. II), entonces se tiene que 18.75 % de esta lluvia recarga al acuífero. Es decir se tiene 59.40 mm/año que forman la lámina de precipitación pluvial.

Este resultado es una aproximación del valor real que se obtendría si se tuvieran todos los parámetros que se necesitan para hacer un balance confiable de cualquier acuífero.

El presente balance se hizo con muchas limitantes dadas las condiciones de la zona de estudio. los factores que deben de considerarse para la evaluación del acuífero presente se mencionan en seguida:

a) Para hacer un balance volumetrico de cualquier tipo de acuífero se debe de tener un control mensual del funcionamiento de los aprovechamientos por muchos años. En esta zona de estudio, solo se cuenta con un censo en 1979 que se hizo a mediados de ese año y el actual que se hizo en el mes de Julio de 1990.

b) Durante la visita a los aprovechamientos se observó que un buen número de ellos no funcionaban, esto resta la cantidad de datos que se deben de considerar para un buen control del funcionamiento del acuífero.

c) No se utilizó la fórmula para el cálculo de entradas o salidas subterráneas, porque no se cuentan con datos confiables de transmisibilidad y coeficiente hidráulico para aplicarlos.

d) Sólo se está evaluando el acuífero granular que por el momento resulta ser el más importante por ser el más explotado.

Tomando las limitantes anteriores, el resultado que se obtuvo es sólo una aproximación del valor real si se tuviera más información y mejor control de la zona.

VI HIDROGEOQUIMICA

VI.1 Generalidades

Durante la realización del censo de aprovechamientos se colectaron un total de 28 muestras, de las cuales 3 corresponden a norias y las restantes a pozos. Estas muestras son las representativas de los diferentes poblados ubicados dentro del Valle Matehuala-Huizache, las cuales se tomaron en envases de plástico esterilizados de doble tapa, con capacidad de un litro debidamente etiquetados. Los parámetros físicos que se midieron en campo corresponden al pH (tomado con papel tornasol) y la temperatura.

Las muestras colectadas se mandaron analizar a un laboratorio particular, con el objeto de conocer las concentraciones de los iones más comunes, así como otros parámetros del agua. Los datos anteriores sirven como complemento para conocer la procedencia del agua, determinando su calidad y empleo adecuado.

En la tabla VI.2, se muestran los resultados de los análisis químicos y parámetros físicos más importantes.

VI.2 Caracterización físico-química del agua y su representación en los diagramas hidrogeoquímicos

Los iones presentes en las aguas están directamente relacionados con el tipo de roca por donde circulan, su predominancia de éstos, por tanto, determinará la clasificación de la familia de aguas y su posible procedencia.

En forma general, las sales que se anexan en forma natural al agua son: cloruro de sodio (NaCl), sulfato de calcio (CaSO_4) y sulfato de calcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) principalmente.

La existencia de derrames basálticos hace que el agua se ponga en contacto con los iones: Fe, Mg, Cl, Ca y Na, generando aguas saladas.

TARIFA DE ANALISIS QUIMICOS

Nr. Cuentas	Clave	C.F.	D.T.	S.T.D.	Alk.T.	Temp. C.	Na	Ca	Mg	HCO3	CO3	Cl	SO4	R.A.S.	Volumen	Fecha de
:	:	ppm	ppm	ppm	ppm	(centígrados)	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	:	litros	muestreo
2	CNA-45	810	5.7	791.17	255	26	0.19	136	55.66	311.10	0.00	37.17	251	0.002	C3-51	19/07/90
4	CNA-70	1320	11.5	1573.26	165	25	59.60	200	157.60	201.30	0.00	315.06	640	0.234	C7-51	19/07/90
6	CNA-44	800	7.5	958.79	150	30	0.47	136	94.38	193.00	0.00	38.94	593	0.003	C3-51	19/07/90
9	CNA-561A	1290	15.0	2627.30	165	20	191.72	564	21.78	201.30	0.00	68.50	1560	0.581	C1-51	19/07/90
10	CNA-567	2250	17.3	2742.60	285	20	46.62	572	72.60	347.70	0.00	148.60	1260	0.122	C1-51	19/07/90
13	CNA-401	1700	17.3	2795.98	105	25	0.19	460	145.20	178.10	0.00	65.43	1487	0.000	C3-51	19/07/90
15	CNA-620	1250	8.8	1172.80	255	30	0.10	192	96.80	311.10	0.00	70.80	502	0.001	C1-51	19/07/90
16	CNA-660	3460	29.3	3789.62	289	28	0.18	616	336.38	347.70	0.00	120.28	2569	0.000	C2-51	19/07/90
18	CNA-671	950	7.5	1010.38	195	28	0.36	184	70.18	237.40	0.00	38.94	479	0.002	C3-51	19/07/90
24	CNA-73	1470	19	2504.62	210	25	0.28	468	176.66	256.20	0.00	47.48	1561	0.001	C2-51	19/07/90
26	CNA-622	850	6.7	927.66	210	30	0.46	200	41.14	256.20	0.00	31.56	309	0.003	C3-51	19/07/90
36	CNA-655	1010	7.4	968.31	195	25	0.17	176	72.60	237.40	0.00	44.84	45	0.003	C3-51	16/07/90
37	CNA-653	850	6.2	863.62	225	25	4.28	200	29.04	274.50	0.00	20.80	291	0.031	C3-51	17/07/90
38	CNA-660	370	2.6	470.92	195	24.5	35.15	60	193.60	164.70	0.00	67.28	44	0.612	C7-51	17/07/90
39	CNA-665	2200	20.0	2893.95	135	25	100.60	480	193.60	164.70	0.00	115.06	1840	0.439	C4-51	17/07/90
40	CNA-667	980	6.7	899.84	180	26	0.44	144	75.02	219.60	0.00	24.78	436	0.003	C3-51	17/07/90
41	CNA-563	2000	19.3	2518.76	135	20	0.37	480	176.66	164.70	0.00	55.27	1626	0.001	C3-51	26/07/90
42	CNA-654	1070	8.0	1068.98	195	24	0.55	184	82.28	237.40	0.00	44.25	520	0.003	C3-51	17/07/90
43	CNA-656	1290	8.5	1281.76	225	27	0.31	272	94.38	274.50	0.00	72.52	566	0.001	C3-51	16/07/90
44	CNA-668	1000	6.5	864.81	135	28	0.06	160	60.50	164.70	0.00	26.55	452	0.000	C3-51	16/07/90
47	CNA-658	900	6.7	950.92	210	25	0.26	164	62.92	256.20	0.00	45.43	352	0.002	C3-51	17/07/90
51	CNA-670	700	5.0	824.27	225	28	65.58	120	48.40	274.50	0.00	47.29	335	0.534	C2-51	18/07/90
52	CNA-664A	900	5.4	767.04	210	25	12.24	116	60.50	256.20	0.00	53.10	269	0.103	C3-51	19/07/90
60	CNA-66A	1000	6.8	904.8	165	26	0.04	180	55.66	201.30	0.00	70.80	397	0.000	C3-51	19/07/90
63	CNA-5	1500	12.4	1571.33	300	35	0.16	292	123.42	366.00	0.00	209.25	480	0.001	C3-51	19/07/90
64	CNA-574	1160	7.0	927.10	150	35	0.33	188	55.60	183.00	0.00	76.11	424	0.002	C3-51	19/07/90
65	CNA-578A	2350	15.2	1963.36	210	26	0.00	400	125.84	256.20	0.00	205.32	926	0.000	C4-51	18/07/90
68	CNA-680	1400	8.2	1067.03	150	27	5.95	168	96.80	183.00	0.00	113.28	500	0.060	C3-51	19/07/90

TARIFA VI.2

C.F. : Conductividad eléctrica	Vázquez Sánchez R. : Fecha Cruz R. :
D.T. : Dureza total	
S.T.D. : Salidas totales disueltas	Taxis Profesional : Molina, D.F., 1991 :
Alk.T. : Alkalinidad total	
Temp.C : Temperatura en grados centígrados	
R.A.S. : Relación de Abstracción de Sodio	
ppm partes por millón	

En los depósitos sin consolidar, los iones presentes provienen de las arenas y gravas que ceden los iones: Si, K, Na, Ca, Fe y Mg.

En las rocas sedimentarias, las calizas puras aportan pocas sales con excepción del HCO_3 y Ca. El ión Cl y SO_4 proceden principalmente de rocas evaporíticas.

En forma general se puede anticipar que 27 muestras analizadas pertenecen a la familia de aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas (Familia I) de acuerdo con la clasificación de Piper, y 1 a la familia de aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas (Familia II).

A continuación se realiza una breve descripción de las muestras de aguas, analizándose por poblado con la finalidad de conocer la calidad de las mismas.

-SANTA ROSA LA MASITA

En esta zona, las aguas de los pozos Nos. 2 y 6 se extraen de roca caliza, ambas tienen un alto contenido de sales y baja proporción de sodio perjudicial, según la clasificación de Wilcox (Fig. VI.2.7.). Su clasificación de acuerdo con Piper se observa en la Fig. VI.2.1. correspondiendo esta a la familia I de aguas.

De acuerdo con la configuración de Sólidos Totales Disueltos (S.T.D.), ambas muestras están en un rango menor a las 1000 ppm no sobrepasando las normas de potabilidad (Fig. VI.3)

-EL MILAGRO DE GUADALUPE

En este poblado todos los análisis de aguas presentan alta conductividad eléctrica y elevado contenido de sulfatos. Las norias Nos. 9 y 10 tienen una alta concentración de Ca y Na. Los pozos Nos. 4, 13 y 24 difieren en concentraciones de algunos elementos como Mg, Cl y HCO_3 , sobrepasando las normas de potabilidad (Ver tabla VI.2).

Las norias según la clasificación de Wilcox, tienen bajo contenido de sales y baja proporción de sodio perjudicial, y los pozos tienen de medio a alto contenido de sales y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.7).

La concentración de S.T.D. es diferente en las norias y pozos: las norias sobrepasan las concentraciones máximas permitidas según las normas de potabilidad teniendo más de 2000 ppm; los pozos también sobrepasan estas normas teniendo concentraciones de más de 1500 y 2000 ppm (Fig. VI.3).

En el diagrama de Piper se observa que todas las aguas pertenecen a la familia I de aguas (Figs. VI.2.1 y VI.2.2).

Tomando en cuenta el resultado del análisis químico, se deduce que las norias están en material de relleno donde se presentan horizontes lacustres evaporíticos, variando el contenido de sales de acuerdo a la profundidad a la que estén captando el agua. Los pozos que se supone están extrayendo agua de las calizas de la Formación El Abra, pudieran estar también captando agua del material de relleno, ya que las concentraciones de algunos iones son muy parecidas a la de las norias.

-VALLEJO

En el poblado de Vallejo se muestrearon, una noria (No. 16) y 2 pozos (Nos. 15 y 18).

El agua de la noria tiene una alta conductividad eléctrica y alto contenido de iones de Ca, Mg y SO_4 que sobrepasan las concentraciones máximas permitidas de potabilidad del agua. Los S.T.D. son menores a las 2000 ppm.

Los pozos presentan una concentración de sólidos totales disueltos menor a la concentración máxima permitida que es de 1500 ppm (Fig. VI.3).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

De acuerdo con la clasificación de Piper, las norias y los pozos entran en la familia I de aguas (Fig. VI.2.2), con un contenido de sales de bajo a alto y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.7).

Las aguas de las norias y pozos son diferentes. Las norias están en material granular, afectadas por el contenido de sales evaporíticas. Los pozos, que extraen el agua del acuífero calcáreo, no tienen alta concentración de iones perjudiciales.

-PALO BLANCO

La muestra analizada corresponde al pozo No. 26, perteneciendo a la familia I de aguas (Fig. VI.2.3) de acuerdo con la clasificación de Piper. Presenta alto contenido de sales y baja proporción de sodio perjudicial de acuerdo con la clasificación de Wilcox (Fig. VI.2.8). Los S.T.D. son menores a las 1000 ppm (Fig. VI.3).

El agua extraída, es la del acuífero calcáreo que pertenece a la Formación El Abra.

-GRANJAS PRODUCTIVAS POTOSINAS

Los pozos que se se ubican en esta zona son los que tienen No. de censo 36, 37, 39, 40, 42, 43, 44 y 47, todos pertenecen a la familia I de aguas de acuerdo con la clasificación de Piper (Figs. VI.2.3-5), con alto contenido de sales y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.7 y VI.2.8). El contenido de S.T.D. es menor a las 1,500 ppm, excepto el pozo 39 que presenta 2.894 ppm, siendo el valor máximo en la zona (Fig. VI.3).

En los pozos antes mencionados prevalece la alta conductividad eléctrica y la concentración de los iones Ca y Mg que en algunos pozos es mayor a la máxima permitida por la SAHOP.

En esta zona también se localiza el pozo No. 38, manifestándose como una excepción por los valores bajos de las

concentraciones de los cationes y aniones. Presenta un peligro medio de alcalinización del suelo (Fig. VI.2.8) y es la única que pertenece a la Familia II de aguas de acuerdo con la clasificación de Piper (Fig. VI.2.3)

Se deduce que las aguas de los pozos antes mencionados provienen del acuífero que está en material granular.

Para el pozo No. 38 se hacen las siguientes observaciones : Aparentemente el agua que se obtiene de este pozo procede del acuífero que está en material granular, pero de acuerdo al análisis químico , se considera que el agua pudiera ser extraída de las calizas, debido a las bajas concentraciones de los iones. La otra consideración que se toma en cuenta, es que el análisis físico-químico no corresponda a esta muestra.

-SAN JOSE DEL REFUGIO

Existe un solo pozo con No. de censo 41 el cual tiene un alto contenido de sales y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.8). En el diagrama de Piper (Fig. VI.2.4) su clasificación corresponde a la familia I de aguas. Tiene alta conductividad eléctrica, alto contenido de Ca, Mg y con más de 2,500 ppm de S.T.D. que sobrepasan las normas de potabilidad del agua de la SAHOP (Fig. VI.3).

De acuerdo a los iones presentes, se deduce que el agua que se extrae de este pozo (anteriormente noria) es la que circula por el material granular no consolidado con horizontes evaporítico típicos del Valle Matehuala-Huizache.

-SAN FRANCISCO

Los pozos Nos. 51 y 52 son muy similares. Tienen un contenido de sales de media a alta y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.9), pertenecen a la familia I de aguas de acuerdo con Piper (Fig. VI.2.5). Los S.T.D. son menores a las 1,000 ppm (Fig. VI.3). Los 2 pozos muestreados extraen el agua del acuífero calcáreo.

-NORIAS DEL REFUGIO

Se muestrearon 2 pozos con número de censo 60 y 63. Los pozos tienen un alto peligro de alcalinización del suelo conteniendo baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.9). De acuerdo con Piper se clasifican dentro de la familia I de aguas (Figs. VI.2.5 y VI.2.6). Los sólidos totales disueltos varían entre 1000 y 1,200 ppm (Fig. VI.3). El agua que se extrae para ambos pozos se encuentra en las calizas de la Formación El Abra.

Con base al resultado del análisis químico, se observa que el pozo No. 63 presenta una alta concentración del ión Cl, por lo que se considera que pudiera estar captando agua del acuífero granular.

-SAN JUAN SIN AGUA

El pozo que se encuentra en este poblado con número de censo 64, presenta un contenido alto de sales y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.9). De acuerdo con Piper, se clasifica dentro de la familia I de aguas (Fig. VI.2.6). Los sólidos totales disueltos están dentro del rango permitido (927.10 ppm) por las normas de potabilidad (Fig. VI.3)

De acuerdo a su análisis químico se concluye que el agua que se extrae de este pozo y que es utilizado para abastecer a varias comunidades, se encuentra en la Formación El Abra, sin que el material basáltico que cubre a la formación calcárea provoque concentraciones más elevadas de los iones presentes.

-EL COYOTE

El pozo No. 65 que se ubica en este poblado se clasifica dentro de la Familia I de Aguas según con la clasificación de Piper (Fig. VI.2.6) con un contenido alto de sales y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.9). Los sólidos totales disueltos se acercan a las 2,000 ppm (Fig. VI.3).

De acuerdo al corte litológico del pozo, este aprovechamiento está captando el agua procedente de roca caliza, sin embargo se

considera que existe una influencia del acuífero granular, por la alta concentración del ión SO_4 y HCO_3 que presenta el análisis químico.

-LA VERDOLAGA

El pozo con número de censo 58, tiene un alto contenido de sales y baja proporción de sodio perjudicial (Fig. VI.2.9), se clasifica como Agua Sulfatada y/o clorurada cálcica y/o magnésica según Piper (Fig. VI.2.6). La cantidad de S.T.D. es ligeramente mayor a 1000 ppm (Fig. VI.3).

De acuerdo al análisis químico y al corte litológico, el agua que se extrae de este pozo es la que circula por el acuífero calcáreo.

VI.3 Comparación del muestreo 1979 y 1990

Del censo realizado en 1979, se tienen 18 aprovechamientos con análisis químico que pueden ser comparables con los actuales.

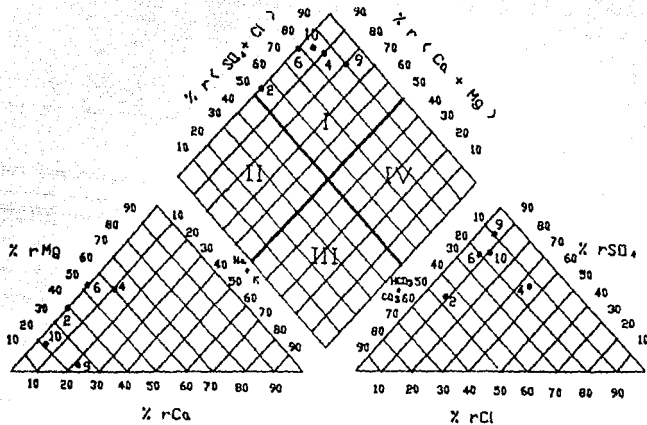
A continuación se presentan los resultados de la comparación por iones.

-Ca: La concentración de calcio estaba entre 100 y 480 ppm; actualmente 10 aprovechamientos tienen más de 200 ppm, y los restantes están en el rango permitido. Generalmente la concentración de este ión ha aumentado

-Mg: El magnesio es uno de los principales elementos que causan dureza e incrustaciones, estaba en concentraciones entre 21 y 109 ppm. En el censo actual 5 pozos presentan concentraciones mayores a 150 ppm, los restantes se encuentran en el rango permitido entre 50 y 150 ppm.

Con respecto a su evolución se observa que este ión generalmente ha aumentado, notándose más su incremento en los pozos Nos. 16, 39 y 41.

DIAGRAMA DE PIPER



- I Aguas Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas
- II Aguas Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas
- III Aguas Bicarbonatadas sodicas
- IV Aguas cloruradas y/o sulfatadas cálcicas

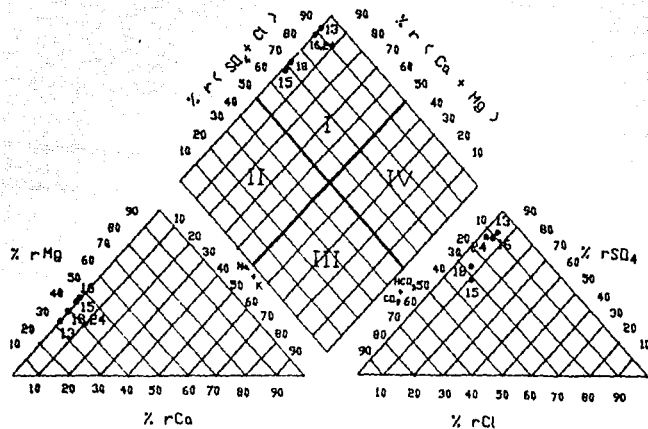
Na + K en %r

CO₃ + HCO₃ en %r

%r : Porcentaje de miliequivalentes

Fig. VI.2.1

DIAGRAMA DE PIPER



- I Aguas Sulfatadas y/o cloradas cálcicas y/o magnésicas
- II Aguas Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas
- III Aguas Bicarbonatadas sodicas
- IV Aguas cloradas y/o sulfatadas cálcicas

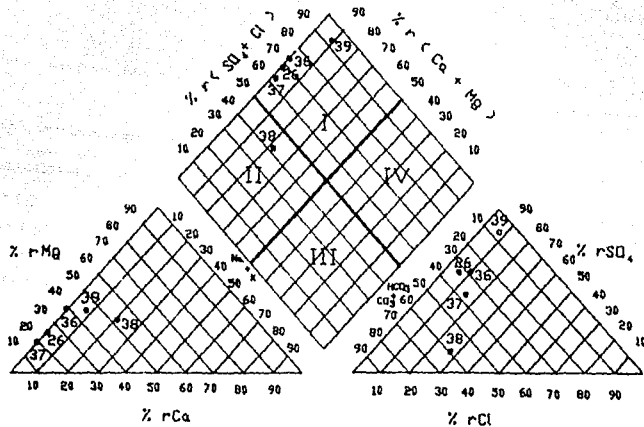
Fig. VI.2.2

Na + K en %r

CO₃ + HCO₃ en %r

%r : Porcentaje de miliequivalentes

DIAGRAMA DE PIPER



- I Aguas Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas
- II Aguas Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas
- III Aguas Bicarbonatadas sodicas
- IV Aguas cloruradas y/o sulfatadas cálcicas

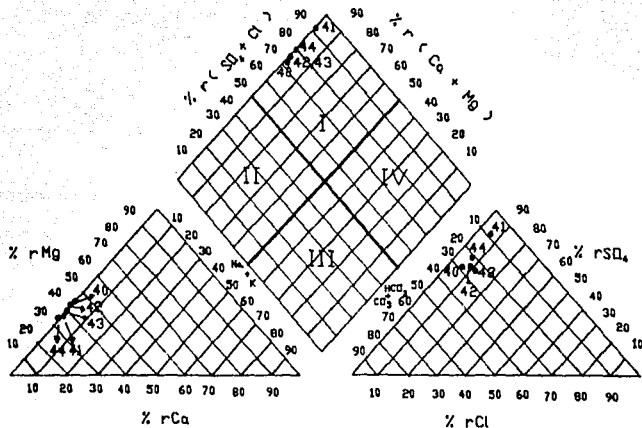
Fig. VI.2.3

Na + K en %r

CO₃ + HCO₃ en %r

%r : Porcentaje de miliequivalentes

DIAGRAMA DE PIPER



- I Aguas Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas
- II Aguas Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas
- III Aguas Bicarbonatadas sódicas
- IV Aguas cloruradas y/o sulfatadas cálcicas

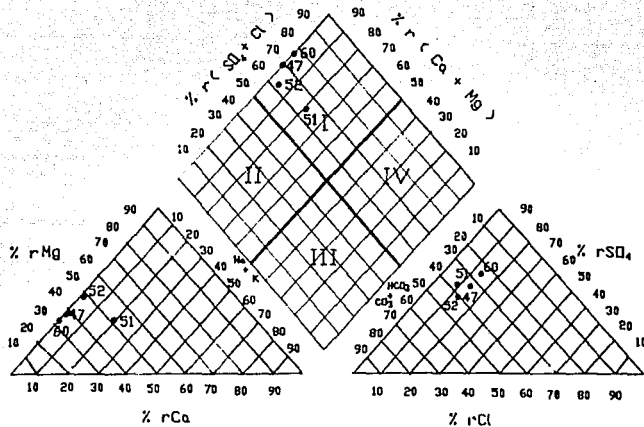
Fig. VI.2.4

Na + K en %r

CO₃ + HCO₃ en %r

%r : Porcentaje de miliequivalentes

DIAGRAMA DE PIPER



- I Aguas Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas
- II Aguas Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas
- III Aguas Bicarbonatadas sódicas
- IV Aguas cloruradas y/o sulfatadas cálcicas

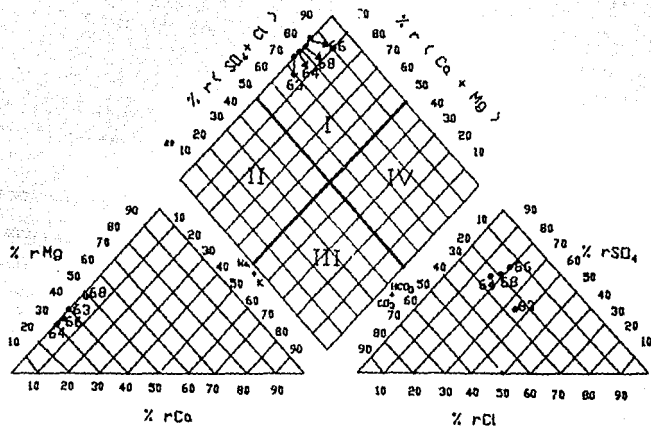
Fig. VI.2.5

Na + K en %r

CO₃ + HCO₃ en %r

%r : Porcentaje de miliequivalentes

DIAGRAMA DE PIPER



- I Aguas Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas
- II Aguas Bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas
- III Aguas Bicarbonatadas sódicas
- IV Aguas cloruradas y/o sulfatadas cálcicas

Fig. VI.2.6

Na + K en %r

CO₃ + HCO₃ en %r

%r : Porcentaje de miliequivalentes

DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO
(SEGUN THORNE Y PETERSON)

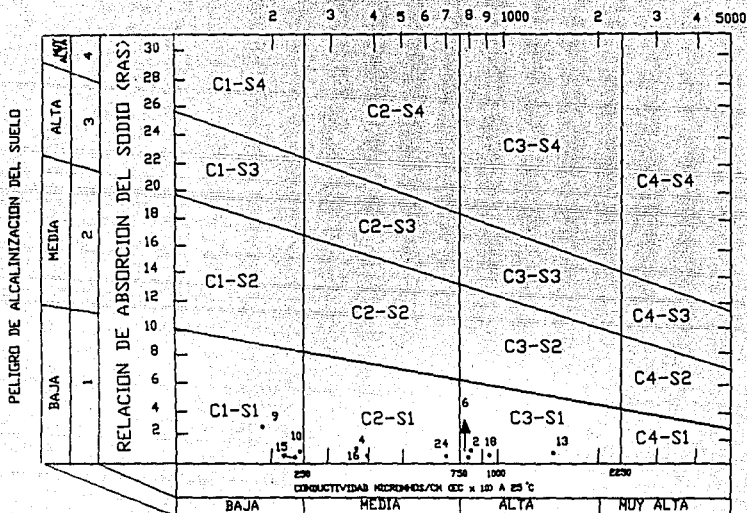


FIG. VI.2.7

PELIGRO DE ALCALINIZACION DEL SUELO

DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO
(SEGUN THORNE Y PETERSON)

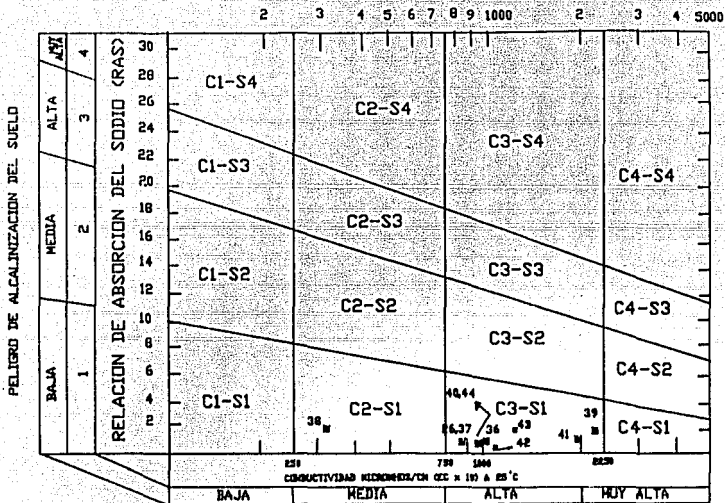


FIG. VI.2.8

PELIGRO DE ALCALINIZACION DEL SUELO

DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO
(SEGUN THORNE Y PETERSON)

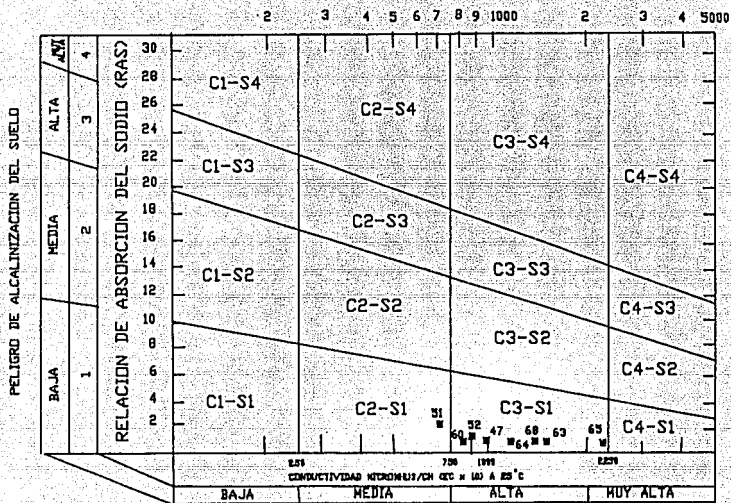


FIG.VI.2.9

PELIGRO DE ALCALINIZACION DEL SUELO

-HCO₃ y CO₃: Procedentes de la disolución de rocas calizas y dolomías, se reportó en concentraciones de 73 a 350 ppm para el HCO₃ y sólo 2 pozos con 0 a 48 ppm para el CO₃. En 1990, las concentraciones varían de 128 a 366 ppm para el HCO₃, sin reportar presencia de CO₃.

-Cl: Encontrado principalmente en horizontes evaporíticos de cloruro de sodio, se tenía en concentraciones de 35 hasta 910 ppm; en el muestreo de 1990 el rango de concentración está entre 24 y 315 ppm, sobrepasando únicamente las muestrasa 4 y 83 las normas de potabilidad establecidas por la SAHOP.

Este ión es el que más ha variado con respecto al análisis químico realizado en 1979, presentándose valores menores en el censo actual.

-SO₄: Procedente de la disolución de yesos y anhidritas, se reportaron concentraciones entre 144 y 1,008 ppm, superando 8 aprovechamientos el rango permitido. Actualmente 19 muestras reportan concentraciones muy elevadas, superiores a las 400 ppm. Para ambos periodos, este ión está presente en todas las muestras y rebasa el rango permitido por las normas de potabilidad del agua.

-S.T.D.: La cantidad máxima permitida es de 1,500 ppm. En la zona de estudio esta concentración estaba entre 384 y 1,664 ppm, presentándose 2 aprovechamientos con concentraciones mayores a las permitidas. Para 1990 únicamente 10 muestras rebasan las 1,600 ppm.

Comparando ambos muestreos se observa que los sólidos totales disueltos han aumentado para el censo actual. De acuerdo a la configuración de S.T.D. (Fig. VI.3) las concentraciones mayores se presentan en el poblado El Milagro de Guadalupe, donde los pozos reportan aguas muy saladas (comunicación personal), ocasionalmente utilizadas por los habitantes; también se presentan cantidades

grandes de S.T.D. en San José del Refugio, reportando el único pozo de este poblado (No.41, tabla V.2) agua salada (comunicación personal).

Probablemente esta salinidad se deba a que el paquete aluvial sea mayor en esta zona, conteniendo además mayores espesores de sedimentos evaporíticos, depositados en una pequeña subcuenca originada por el fallamiento presente en la zona, que la divide del Valle Matehuala-Huizache. La recarga hacia estos poblados procede únicamente de la parte norte y de las sierras localizadas al oriente de los poblados antes mencionados, presentándose por tanto baja circulación de aguas en la pequeña subcuenca.

Con respecto a la clasificación de familias de aguas, para ambos censos, la mayoría de las muestras caen dentro de las aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas, excepto las muestras No. 26 para 1979 y No. 38 para 1990 que pertenecen a la familia bicarbonatada cálcica y/o magnésica.

En la Tabla VI.2 y VI.3 se puede observar los resultados de los análisis químicos.

VI.4 Calidad del Agua

De acuerdo a la descripción de las muestras por poblado, se observa que las aguas de mejor calidad se encuentran en los poblados de Santa Rosa La Masita, Vallejo, Palo Blanco, San Francisco, San Juan sin Agua y La Verdolaga, cuyos aprovechamientos extraen el agua del acuífero calcáreo.

Las concentraciones de algunos iones en el acuífero calcáreo rebasan en mínimo los límites establecidos por la SAHOP (Ver tabla VI.4), permitiendo que sean utilizadas para agua potable, abrevadero y riego. Los iones que principalmente superan los rangos permitidos son el SO_4 y el HCO_3 , teniendo como consecuencia la presencia de una alta conductividad eléctrica provocada por la gran concentración de sales. Las aguas en los materiales aluviales por lo regular son saladas, afectadas por la

TARLA DE ANALISIS QUIMICOS

Mn. Censo	Clave	C.F.	S.T.D.	Temp. C.	Ca	Mg	Na+K	HCO3	CO3	Cl	SO4	R.A.S.	Wilenx	Fecha de i
:	:	:/has/cm	ppm	(caupn):	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	:	:	muestras :
9	CNA-561A	2200	1408	22	300	60	19.00	158	0	907	1008	7.00	C3-S1	22/05/79:
10	CNA-562	2500	1600	22	260	109	5.20	219	0	283	768	2.50	CA-S1	22/05/79:
15	CNA-560	1150	736		144	82	0.15	175	0	212	288	0.04	C3-S1	01/08/73:
16	CNA-560	1200	768	21	240	29	0.90	128	0	78	480	1.80	C3-S1	29/05/79:
18	CNA-521	1210	774		240	65	1.00	152	12	241	480	0.27	C3-S1	24/12/77:
26	CNA-522	1100	704	26	236	21	0.74	305	48	35	144	0.20	C3-S1	22/07/78:
36	CNA-555	1000	680	22	284	20	0.10	122	0	389	461	0.30	C3-S1	23/05/79:
37	CNA-553	1000	640	22	172	29	0.10	109	0	170	240	0.50	C3-S1	23/05/79:
38	CNA-560	980	564	24	220	60	0.10	262	0	191	230	1.00	C3-S1	23/05/79:
39	CNA-565	2600	1684	25	460	48	0.40	280	0	510	528	0.30	C3-S1	23/05/79:
40	CNA-567	1000	640	24	180	60	0.16	122	0	177	365	0.60	C3-S1	23/05/79:
41	CNA-563	2200	1408	22	240	72	7.50	183	0	265	768	3.70	C3-S1	22/05/79:
43	CNA-556	1000	640	24	176	87	0.40	122	0	225	441	0.20	C3-S1	23/05/79:
44	CNA-568	600	384	24	100	36	1.30	73	0	134	240	0.60	C3-S1	23/05/79:
47	CNA-558	900	576	22	240	85	0.60	158	0	453	384	0.30	C3-S1	23/05/79:
51	CNA-570	930	585	21	180	85	0.10	234	0	297	201	1.60	C3-S1	15/05/78:
60	CNA-564	1200	768	22	180	68	0.10	176	0	310	211	0.50	C3-S1	15/05/79:
64	CNA-574	650	415	20	124	70	0.10	152	0	180	216	0.50	C2-S1	15/05/78:

TARLA VI.3

C.F. : Conductividad electrica
 D.T. : Dureza total
 S.T.D. : Salidas totales disueltas
 Temp.C. : Temperatura en grados centigrados
 R.A.S. : Relacion de Absorción de Sodio
 ppm : partes por millon

Vázquez Sánchez R.; Rocha Cruz R. ;
 Tesis Profesional : Mexico D.F., 1981:

presencia del material evaporítico. Esta salinidad es variable dentro dentro del valle donde son extraídas, permitiendo que algunas se puedan usar principalmente para riego y otras como agua potable.

En los diagramas de Wilcox (Figs. VI.2.7-VI.2.9) se observa en general que los pozos localizados en el Valle de Matehuala-Huizache caen dentro de la clase C2-S1 y pocos en C1-S1, localizándose la mayoría de las muestras en la clase C3-S1. Únicamente el pozo No. 38 presentan un peligro de alcalinización del suelo media y para las muestras 9, 10 y 15 la alcalinización es baja.

El significado de la letras C1, C2 y C3 es el siguiente (Custodio, 1981):

-Clasificación con respecto a su salinidad

C1: Agua de baja salinidad. Conductividad entre 100 y 250 micromhos/cm a 25°C. Puede usarse para la mayor parte de los cultivos en casi todos los suelos, con muy poco peligro de que desarrolle salinidad.

C2: Agua con salinidad media. Presenta una conductividad eléctrica de 250 a 750 micromhos/cm a 25°C, puede emplearse siempre que la permeabilidad de los suelos sea de elevada a media. Puede usarse en todo tipo de cultivos, excepto las más sensibles.

C3: Agua altamente salina. Presenta una conductividad eléctrica de 750 a 2250 micromhos/cm a 25°C, debe usarse en suelos de permeabilidad moderada a alta. Las plantas deben ser de tolerancia a la salinidad moderada a alta.

-Clasificación del agua con respecto a la concentración de sodio.

S1: Agua baja en sodio

Puede usarse en la mayoría de los suelos con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Son

aguas que pueden ser utilizadas en cualquier tipo de suelo sin peligro de que se eleve el contenido de sodio.

La dureza mide la capacidad de un agua para consumir jabón o producir incrustaciones. Las definiciones actuales la identifican con el contenido en iones alcalinotérreos, esencialmente Ca y Mg. (Custodio, 1981)

A continuación se muestra una tabla de dureza del agua indicando el número de la muestra y el tipo de formación a la que pertenece.

Rango de dureza	Caliza El Abra	Aluvial
Blanda 0-60 ppm de CaCos		
Algo Dura		
60-120 ppm de CaCos		
Dura	26,64	9,37,38,60
120-250 ppm de CaCos		
Muy Dura	4,13,18,24	2,6,10,15,16
250 en adelante de CaCos	51,52,63,65	36,30,40,41,42
	66	43,44,47

De la tabla anterior, se observa que la mayoría de las aguas se presentan en un rango de aguas duras a muy duras, concentrándose las muy duras en el material aluvial.

El pH medido en campo utilizando papel tornasol varía de 7 a 8.

PARAMETROS DE POTABILIDAD OBTENIDOS DEL MANUAL DE NORMAS DE
CALIDAD DE AGUA POTABLE, SAHOP 1980.

Parámetros		Concentraciones máximas o mínimas-máximas
1.-Factores organolépticos		
Color	mg/l	5-20
Turbiedad sílice	mg/l	5-10
sólidos totales disueltos		500-1500
2.-Factores físico-químicos		
Conductividad eléctrica		1000
pH	mg/l	6-8
Sodio	mg/l	150
Calcio	mg/l	200
Bicarbonatos	mg/l	250
Magnesio	mg/l	125
Sulfatos	mg/l	250
Cloruros	mg/l	250
Nitratos	mg/l	45
Nitritos	mg/l	0.05
Amoniacos	mg/l	0.5
3.-Factores indeseables o tóxicos		
Arsénicos	mg/l	0.05
Cadmio	mg/l	0.01
Cianuros	mg/l	0.05
Cromo VI	mg/l	0.05
Cobre	mg/l	0.05-3
Hierro	mg/l	0.1-0.3
Mercurio	mg/l	0.001
Magnesio	mg/l	0.05-0.3
Alcalinidad total como CaCO ₃		400
Dureza		300

TABLA VI. 4

VII HIDROGEOLOGIA

VII.I Interpretación de las Unidades Hidrogeológicas

Las unidades hidrogeológicas se clasifican de acuerdo a lo que propone la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 1988) y que es utilizada por la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.). En la zona de estudio se reconocieron 6 unidades hidrogeológicas, que de acuerdo a sus características hidráulicas y litológicas se agrupan de la siguiente manera:

VII.I.I ACUIFEROS EN ROCAS POROSAS CON IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA DE GRANDE A PEQUEÑA

ACUIFEROS CONTINUOS DE EXTENSION REGIONAL Y LIMITADA. LIBRES, CONSTITUIDOS POR SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS. PERMEABILIDAD DE BAJA A MEDIA. CALIDAD QUIMICA DEL AGUA BUENA. IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA DE BAJA A MEDIA.

Gal Material compuesto de arenas limos, arcillas calcáreas, material evaporítico y suelo vegetal, se encuentra relleno el gran Valle Matehuala-Huizache y los pequeños valles intermontanos. Los valles son casi planos y topográficamente son las partes más bajas. Reciben la recarga del agua por flujo subterráneo o por infiltración vertical.

De acuerdo a su distribución, se concluye que funciona hidrogeológicamente de 2 maneras:

Unidad 1: Material granular de permeabilidad media.

Unidad 2: Material granular de permeabilidad baja.

Unidad 1: Este material se encuentra en el Valle Matehuala-Huizache. El espesor no se sabe con precisión, pero por información de los pozos que están perforados en ese material, como los de Granjas Productivas Potosinas y Viñedos Potosinos,

se sabe que tiene más de 100 m.

En la actualidad esta unidad es explotada por medio de pozos someros con profundidad de niveles que van de los 38 a 50 m. y varias norias con niveles estáticos alrededor de 45 m.

En la zona de Matehuala, se tienen pozos perforados donde el espesor del material de relleno varía entre 56 y 380 m. (Escalante B., E.A., 1988).

La recarga que recibe este acuífero es de 2 tipos: el primero es por flujo subterráneo que viene desde Matehuala con dirección N-S y S-N que procede del poblado El Coyote; el otro es por precipitación pluvial que se infiltra directamente en el valle y la que drena por los abanicos aluviales, siendo escasa dadas las condiciones climatológicas de la zona. Otra posible fuente de recarga la constituyen las fallas que dan origen a la formación del Valle Matehuala-Huizache, provocando que parte del agua que fluye por las sierras en dirección al valle se infiltre a profundidad.

Su red de flujo obedece a la topografía de la cuenca, convergiendo en la zona de Granjas Productivas Potosinas y Viñedos Potosinos.

Su porosidad se considera que es media, ya que está representada principalmente por material arcillo-arenoso, con una permeabilidad baja.

Hidrogeológicamente es la unidad más importante en la zona de estudio por ser actualmente la más explotada; se considera como un acuífero libre de material no consolidado. Se tienen ubicados 31 aprovechamientos con profundidad de niveles entre 38 y 50 m, el caudal de los pozos generalmente es de 30 lps. Químicamente, las aguas muestreadas pertenecen a la Familia de Aguas Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas, excepto el pozo No. 38 que se

clasifica como bicarbonatada cálcica y/o magnésica (según el diagrama de Piper, capítulo V). Posiblemente su calidad este relacionada a una mayor circulación del flujo subterráneo en el material granular, o como se explicó en el capítulo de hidrogeoquímica, este aprovechamiento pudiera captar el agua de calizas fracturadas o inclusive del flujo subterráneo que circula por una falla.

En este tipo de material, existe exceso en concentraciones de calcio, bicarbonato, magnesio y sulfato. Los Sólidos Totales Disueltos son mayores a las 1,500 ppm, rebasando la concentración máxima permitida por las normas de potabilidad (SAHOP, 1980).

Unidad 2: Compuesta del mismo material que la Unidad I. Se encuentra relleno los valles intermontanos formados entre las grandes sierras localizadas en la parte Este de la zona de estudio.

Su espesor es variable y aún no conocido con detalle. Se tienen 2 perforaciones en La Pólvora y uno en Santa Rita del Rusio donde el material aluvial varía de 3.5 hasta 60 m de profundidad.

La recarga es muy pobre, su permeabilidad es muy baja y su espesor es reducido, se comporta como un acuitardo.

No se tienen aprovechamientos en esta unidad que indiquen la calidad del agua.

ACUIFERO LOCAL DE EXTENSION LIMITADA, LIBRE. CONSTITUIDO POR SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS. PERMEABILIDAD MEDIA. IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA MEDIA.

Qab Constituido por clastos del tamaño de bloques y gravas de en una matriz de arcillas y limos calcáreos que se ubican al pie de las sierras constituyendo grandes abanicos aluviales en contacto discordante con las rocas Cretácicas y los rellenos

aluviales.

Su espesor no es conocido, pero puede variar desde unos metros hasta 182 m, según lo indica el corte litológico PSLB-116 de Santa Rita del Rusio. A esa profundidad no se detectó nivel, quedando sólo como sondeo exploratorio.

Desde el punto de vista hidrogeológico sólo funciona como una zona de recarga hacia el Valle Matehuala-Huizache, se consideran permeables, de poco espesor y se encuentran en contacto discordante con el material aluvial.

No se tiene hasta el momento aprovechamientos en este tipo de material que indiquen la potencialidad acuífera de la unidad, así como tampoco la calidad del agua que llegan a almacenar.

ACUIFERO LOCAL DE EXTENSION RESTRINGIDA DE POCO ESPESOR. CONSISTE DE SEDIMENTOS CLASTICOS NO CONSOLIDADOS. PERMEABILIDAD BAJA. IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA PEQUEÑA.

Tcg. Unidad compuesta por guijarros, gravas, y arenas de composición calcárea en una matriz arcillo-calcárea o calichosa. Descan en forma discordante sobre las rocas Cretácicas. Se tienen dos afloramientos aislados al Norte del poblado San Carlos y al Sur de Tanque Blanco, formando lomeríos de forma redonda.

Hidrogeológicamente, actúa como una zona de recarga hacia los valles que los rodean, aunque ésta sea poca. Su permeabilidad y porosidad es baja, no tienen permeabilidad secundaria por fracturamiento y su espesor es de unos metros hasta 60 m, según lo indica el sondeo exploratorio PSLS-73 de Santa Rita del Rusio que en 1983 tenía un nivel estático de 40.3 m pero, actualmente no se tiene un registro confiable de esta obra.

VII.1.2 ACUIFEROS EN ROCAS FRACTURADAS CON IMPORTANCIA
HIDROGEOLOGICA RELATIVA DE GRANDE A PEQUENA

ACUIFERO LOCAL RESTRINGIDO A ZONA DE FRACTURAMIENTO. ACUIFERO
LIBRE-SEMICONFINADO. PERMEABILIDAD BAJA. AGUAS DE BUENA CALIDAD.
IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA DE MEDIA A GRANDE.

Kcd La Formación Cárdenas, constituida por calizas, lutitas y areniscas calcáreas, se encuentra sobreyaciendo discordantemente a las calizas post-arrecifales de la Formación El Abra. En la zona de estudio su afloramiento es restringido, presentándose como sierras de mediana altura en la parte NNE del poblado Presa El Pinto.

No se sabe cual es el espesor real de la formación en el área de estudio, se tienen 4 norias perforadas en estas rocas con profundidad máxima de 35 m; pero en Matehuala los pozos perforados en esta unidad llegan hasta 200 m y no tocan su base.

Carrillo Bravo (1981) considera que en otras áreas de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí, el espesor es aproximadamente 2000 m.

Siendo un material impermeable o poco permeable y de baja porosidad actuaría como un acuíclido, pero por su intenso fracturamiento se considera que se trata de un acuífero libre-semiconfinado.

Su importancia hidrogeológica es de media a grande, debido a la explotación favorable en los aprovechamientos que existen en esta unidad; así lo indican los niveles someros de las norias de Presa El Pinto que varían entre 13 y 26 m. o los pozos que están en Matehuala y que aportan caudales entre 25 y 35 lps, cuyas aguas

presentan de 1,200 a 1,300 ppm de S.T.D. (Escalante B. E.A., 1988).

El agua que se saca de esta formación es de buena calidad, la utilizan como agua potable, riego o abrevadero.

ACUIFERO LOCAL RESTRINGIDO A ZONA DE FRACTURAS, AMPLIADOS POR SOLUCION CARSTICA. ACUIFERO SEMICONFINADO-CONFINADO. PERMEABILIDAD BAJA. AGUAS GENERALMENTE DURAS. IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA DE MEDIA A GRANDE.

Ka y Klm... Formación El Abra y Formación Tamasopo, unidades calcáreas, en algunas ocasiones arcillosas, criptocristalinas o dolomíticas de edad Cretácico Medio a Superior, respectivamente. Se encuentran aflorando como sierras alargadas o como pequeños lomerios aislados de forma semiredondeada a redondeada.

El desarrollo de permeabilidad secundaria por fracturamiento y los procesos diagenéticos, como presión-solución y dolomitización, modifican las condiciones originales de las rocas, favoreciendo la circulación del agua subterránea. Otro factor importante para la recarga es la disolución de los carbonatos formando oquedades importantes para la circulación del agua.

Por las condiciones antes mencionadas se trata de un acuífero semiconfinado-confinado para la Formación El Abra, ya que los afloramientos de la Formación Tamasopo son restringidos en la zona estudiada.

La recarga de este acuífero es por circulación subterránea que viene desde el Bolsón de Matehuala, infiltrándose parte de ella por las grandes fallas que dieron origen a la fosa tectónica que ocupa el Valle Matehuala-Huizache de rumbo Norte-Sur; también directamente por precipitación pluvial, donde parte de esta agua

se infiltra y almacena en el material granular y parte se va a mayores a profundidades a través de las fracturas de las calizas, para formar el acuífero calcáreo.

Observando en la tabla V.7 el valor de Q_e de los pozos que están en roca calcárea y auxiliándonos en la Gráfica V.8, se tienen resultados de transmisibilidad medios, siendo éstos una relación directa de su permeabilidad media.

El potencial hidrogeológico es de pequeño a grande, ya que aunque es una roca muy compacta y arcillosa en algunas ocasiones, la permeabilidad secundaria y el cambio de porosidad son los factores decisivos en la recarga y explotación de esta unidad.

Así lo indican los 23 aprovechamientos perforados en esta roca, de los cuales 18 están en explotación con diferentes resultados; los gastos varían entre 4 y 98 l.p.s., la profundidad del nivel está entre 44.5 hasta 110.92 m, y la profundidad total de los pozos es de 100 hasta 300 m.

Todas las aguas muestreadas están dentro de la Familia Sulfatada y/o cálcica clorurada y/o magnésica. Las concentraciones de sulfatos, bicarbonatos son relativamente altas, así como la conductividad eléctrica. Algunas muestras presentan concentración excesiva de iones como el calcio, magnesio y cloro, por lo que se considera que el acuífero granular está cediendo agua al acuífero calcáreo.

La cantidad de S.T.D. es variable, no sobrepasando las normas de potabilidad permitida por la SAHOP.

De acuerdo con el diagrama de Wilcox, la cantidad de sales es de media a alta, con baja proporción de sodio perjudicial.

VII.1.3 ACUIFERO EN ROCAS POROSAS O FRACTURADAS CON IMPORTANCIA
HIDROGEOLOGICA RELATIVA MUY PEQUEÑA O NULA

ACUIFEROS LOCALES RESTRINGIDOS A ZONAS FRACTURADAS. COMPUESTO DE
ROCAS BASALTICAS, TOBAS Y MATERIAL DEL MANTO. PERMEABILIDAD BAJA.
AGUA DE BUENA CALIDAD. IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA
PEQUEÑA.

Qb y Qtvb Basaltos, tobas y material del manto del Cuaternario,
descansan en forma discordante con las rocas Cretácicas de la
Formación El Abra. Se presentan como derrames basálticos, conos
cineríticos o como xalapazcos constituidos por material
piroclástico y rocas del manto y corteza superior.

El gran derrame basáltico ubicado al Norte de San Juan sin Agua
y que es el más extenso en la zona de estudio, adquiere una
permeabilidad secundaria por fracturamiento y actúa como una zona
de recarga a las rocas calcáreas cretácicas.

Su espesor apenas alcanza unos 42.5 m según lo indican los 2
sondeos exploratorios de La Pólvara, sin que tengan registro de
nivel estático para cualquiera de las dos perforaciones.

Los conos cineríticos que se encuentran al Noroeste y Oeste de La
Pólvara; y los xalapazcos El Banco, Joya Contreras, y La Joya
Prieta que se encuentran al sur de La Pólvara los dos primeros y
al Norte de Presa El Tepetate el tercero, son impermeables.

Todas estas unidades tienen una importancia hidrogeológica
pequeña. Su porosidad es media pero su permeabilidad es baja.

No se tienen aprovechamientos en estas unidades que indiquen la
calidad del agua, ni su potencialidad acuífera.

ACUIFERO AUSENTE. CONSISTE DE ROCA INTRUSIVA. IMPORTANCIA
HIDROGEOLOGICA RELATIVA MUY PEQUEÑA.

Tigi....Roca intrusiva de composición diorítica, cuyo pequeño afloramiento se encuentra al Noreste del poblado El Milagro de Guadalupe. Intrusiona discordantemente a los aluviones que lo rodea pero se espera que también lo haga en rocas cretácicas.

Por su permeabilidad y porosidad de muy pequeña a nula, su importancia hidrogeológica también lo es.

El poco drenaje que fluye por este afloramiento, se infiltra en el material granular que lo rodea.

VII.2 CARST

Carsticidad, es un término aplicado a rocas calcáreas o dolomíticas que poseen una topografía característica, como resultado de la disolución subterránea de las rocas y que es consecuencia de la desviación de las aguas superficiales hacia cauces subterráneos.

Las zonas cársticas, deben poseer una serie de puntos de absorción que por ellas penetre el agua pluvial o el escurrimiento, circulando posteriormente a través de fisuras hasta que emerge en el contacto de la caliza con el estrato impermeable, originando así la (s) forma (s) cárstica (s).

Existen condiciones necesarias que se deben cumplir para el desarrollo del carst. Las principales son 4, y se mencionan en seguida:

1.- Debe existir en la superficie o cerca de ella, una roca soluble con preferencia a ser pura para el desarrollo de las quevedades mayores; es decir, mientras más pura sea una roca su

solubilidad es mayor.

2.- Una roca densa con abundantes diaclasas y estratificación delgada que favorezca la permeabilidad de la roca y por lo tanto su solubilidad.

3.- Una topografía adecuada, con valles encajonados abajo de tierras permeables para que el agua se infiltre a través de ellas y aflore en ríos superficiales; es decir, si es mayor la cuenca de captación mayor será la disolución.

4.- El clima juega un papel importante en el proceso cárstico, debido a que las zonas que presentan precipitaciones considerables tendrán disoluciones mayores en las calizas.

En las formas superficiales cerradas la absorción se realiza lentamente pudiendo ser en forma vertical u horizontal a través de diaclasas, y pueden variar desde centímetros hasta kilómetros.

En la zona de estudio, superficialmente se observan pequeñas dolinas localizadas en el Valle Matehuala-Huizache, en las localidades de Granjas Productivas Potosinas y Viñedos Potosinos, formadas en los materiales aluviales compuestos por material calcáreo y yesífero donde se lleva a cabo la disolución.

Esta topografía cárstica resalta en el Valle debido a que en las dolinas se presenta vegetación (árboles conocidos como chaparrales) manifestando un panorama peculiar. Las dolinas tienen diámetro de 1 a 2 m con una profundidad promedio de 1 m. Durante la verificación en campo de las rocas calcáreas no se detectaron dolinas u otras estructuras cársticas, a pesar del fracturamiento tan acentuado que presentan las calizas, siendo éste un factor importante que facilita la disolución.

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VIII.1 Conclusiones

1.- De las 3 facies que presenta la Formación El Abra se reconoció la post-arrecifal con influencia arrecifal en la zona de estudio.

2.- Los procesos diagenéticos más importantes de la Formación El Abra facies post-arrecifal están representados por la micritización, el fracturamiento y la dolomitización, siendo éstas dos últimas las que confieren a la roca una permeabilidad secundaria, favorable para el almacenamiento y circulación del agua subterránea.

3.- La orientación del fallamiento local y regional es primordialmente N-S; para las fracturas locales el rumbo preferencial es $N20^{\circ}E-S20^{\circ}W$, E-W y $N80^{\circ}E-S80^{\circ}W$.

4.- En la zona de estudio existen 3 tipos de acuíferos:

a) El acuífero libre constituido por el material granular y depósitos evaporíticos de extensión regional, que se encuentran en el Valle Matehuala-Huizache, actualmente es el más explotado. El tipo de agua es sulfatada y/o clorurada cálcica y/o magnésica con concentraciones variables de sales de 320 hasta 3,400 microhms/cm. El gasto promedio en los pozos es de 30 l.p.s. y los niveles estáticos van de 38 a 49 m. El uso principal del agua es para riego y abrevadero.

b) El acuífero libre-semiconfinado constituido por las lutitas calcáreas de la Formación Cárdenas. El agua encontrada en las norias es de buena calidad, los niveles estáticos están en un rango de 13.0 a 27.0 m. La extensión es limitada en la parte norte de la zona de estudio. El agua es potable y se utiliza también para abrevadero.

c) El acuífero semiconfinado-confinado constituido por calizas post-arrecifales de la Formación El Abra. El tipo de agua es sulfatada y/o clorurada cálcica y/o magnésica, cuyas concentraciones de sales permiten que sean potables y se usen para el riego; el nivel estático es variable con un rango de 45 hasta 110 m. Los gastos que se presentan van de 3 a 98 lps debido a la heterogeneidad de las facies que afectan la distribución de su porosidad y permeabilidad en forma vertical y horizontal. El fracturamiento secundario le permite tener una potencialidad acuífera aceptable en ciertas regiones.

5. - Se aprecia que el movimiento del agua subterránea, en el plano horizontal, viene de norte a sur desde Matehuala y de S-N a partir de El Entronque El Huizache y el Coyote, llegando a confluír ambas direcciones de flujo a Granjas Productivas Potosinas, recargando por tanto a los acuíferos existentes en la zona. La recarga por precipitación pluvial es escasa.

6. - Para el periodo de 1979 a 1990 se tiene un abatimiento máximo local en el acuífero calcáreo de 8 m en el poblado de San Francisco, y una recuperación de 1 m en el acuífero granular en Granjas Productivas Potosinas; este ascenso se cree que se debe a que muchos pozos de la zona han dejado de funcionar. El abatimiento promedio en la zona de estudio es de 4 m.

7. - La profundidad del nivel más somero del acuífero granular se encuentra en Granjas Productivas Potosinas y Vifedos Potosinos con 38 m. Los niveles más profundos se presentan en el acuífero calcáreo, en los poblados de San Juan sin Agua, El Coyote y La Verdolaga.

8. - La transmisibilidad que se obtuvo de las pruebas de aforo en rocas caliza es buena (0.001-0.003 m²/seg) para una roca poco permeable, tomando en cuenta el espesor saturado.

9.- El balance de agua subterránea presenta los siguientes resultados: $Ext = 1.23 \times 10^8$ [m³/12 años] utilizando un coeficiente de almacenamiento de $S = 10\%$. Se considera un área de explotación para el valle de $A_e = 192.14 \times 10^6$ [m²]. La recarga anual es de 59.40 mm/año con respecto a una precipitación promedio anual de 316.83 mm.

10.-El balance que se aplicó al acuífero granular es muy impreciso debido a la carencia de datos, por lo que el resultado obtenido no es tan apegado al funcionamiento real del mismo. Se tiene la impresión de que el acuífero granular está sobreexplotado pero regionalmente puede estar en equilibrio.

11.-En forma general las aguas se clasifican dentro de la Familia de Aguas Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas, sobrepasando la mayoría de los iones las concentraciones máximas permitidas por la SAHOP, 1980 (actualmente SEDUE).

12.-Para el período de 1979 a 1990, el cloro y el sulfato son los iones que más han aumentado sus concentraciones en el agua subterránea.

13.-El acuífero granular recarga al calcáreo, debido a la similitud de concentraciones de algunos iones presentes en las aguas de ambos acuíferos.

VIII.2 Recomendaciones

1.- Es muy urgente e importante la reparación de los equipos de bombeo que actualmente se encuentran descompuestos, así como también el equipamiento de los pozos que no lo tienen, para aumentar los volúmenes de extracción de agua y mejorar el desarrollo de la agricultura de esa área. Poniendo mayor atención a los poblados de San Carlos, que es el único aprovechamiento que se encuentra en la zona intermontana, y a los pozos de La Verdolaga que se ubican en la parte sur de la zona estudiada.

2.- Por los antecedentes que presenta la Formación Cárdenas de constituir un buen acuífero en la parte norte de la zona de estudio, se recomienda una perforación de diámetro pequeño para detectar el nivel estático y el espesor de esta unidad.

3.- Debido a que el poblado de San Francisco tiene un pozo con gran caudal, el cual se supone está extrayendo agua del acuífero calcáreo favorecido por la presencia de una fractura, se propone la realización de 3 sondeos eléctricos verticales a una profundidad de 250 m y una línea de dipolo-dipolo para detectar zonas fracturadas y poder señalar zonas recomendables a perforar.

4.- En forma general, se recomienda un estudio de geofísica en los valles intermontanos, utilizando el método eléctrico para definir unidades litológicas y espesores, debido a que se carece de información del subsuelo.

5.- Para un balance de aguas subterráneas, se deben de realizar pruebas de bombeo en material granular y calcáreo, para conocer propiedades hidráulicas de las rocas; observaciones periódicas del nivel estático y un registro anual de las extracciones para ver la evolución de los mismos aprovechamientos.

6.- Se recomienda perforaciones de diámetro pequeño en los siguientes poblados:

a) En las zonas intermontanas entre los poblados de San Carlos y Santa Rita del Rusio a una profundidad de 250 m. tratando de encontrar el nivel de saturación de las calizas (zona propuesta No. 1 en el Mapa Hidrogeológico). Otro lugar sería en la parte noreste entre los poblados de El Jaujal y Domingo Gamez. con una profundidad de 350 m o más , llegando a las calizas de la Formación El Abra (zona propuesta No. 2 en el Mapa Hidrogeológico).

b) En la parte sur del Valle Matehuala-Huizache, cerca del poblado San Juan sin Agua , con profundidad de 250 a 300 m. para detectar la profundidad de las calizas, siguiendo la posición en que encuentra el actual pozo productos (zona propuesta No. 4).

7.- Teniendo como antecedente a los pozos que se localizan en los de poblados de Santa Rosa La Masita, Vallejo y Palo Blanco, se recomienda 3 sondeos eléctricos verticales en cada poblado, para detectar las calizas productoras en esos lugares y perforar teniendo la seguridad de encontrar a estas rocas, aumentando de esta manera la productividad agrícola de esos poblados (zonas propuestas Nos. 4, 5 y 6 en el Mapa Hidrogeológico).

BIBLIOGRAFIA

- Aguayo C., J.E., 1978. Sedimentary Environments and Diagenesis of a Cretaceous Reef Complex, Eastern Mexico. An. Centro Cien. del Mar y Limnol., UNAM. V. 5, No. 1, p. 83-140.
- Aguilar G., et.al., 1982. Estudio Geológico del Área San Luis Potosí-Santa Catarina, S.L.P. Tesis Profesional, ESTIA-IPN.
- Aranda G., J.J., et. al., 1989. Spinel-Iherzolite-bearing Quaternary Volcanic Centers in San Luis Potosí, México. 1. Geology, Mineralogy, and Petrology. Journal of Geophysical Research. V. 94, No. 86, p. 7916-7940.
- Carrillo B., J., 1971. La Plataforma Valles-S.L.P. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. V. 23, No. 1-6, p. 1-112.
- Carrasco V., B., 1977. Albian Sedimentation of Submarine Autochthonous and Allochthonous carbonates, east edge of the Valles-S.L.P. Platform, Mexico. In Deep Water Carbonate Environments. SEMP Spec. Publ. 25, p. 253-272.
- CFE, 1979. Características del Agua Subterránea en la Zona de Matehuala, S.L.P.
- Custodio E., Llamas R., 1976. Hidrología Subterránea. Ed. Omega. S. A. Tomo I y II. España.
- Csorna, Z., de, 1989. An Outline of the Geology of Mexico GSA., V. A., 233-263.
- Escalante B., E.A., 1988. Determinación del Marco Hidrogeológico de la Zona Dr. Arroyo-Matehuala Edos. de Nuevo León y San Luis Potosí a partir del análisis Geológico-Estructural. Tesis Profesional, UNAM.

-Friedman, G.M., 1960 . Trace elements as possible environmental indicators in carbonate sediments. Depositional Environments in Carbonate Rocks. SEMP No. 14.

-Gaona V., S. et al., 1980. Cenotes, Karst característico: Mecanismos de Formación. Rev. Inst. Geol., V. 4, No. 1, p. 32-36.

-Geohidrológica Mexicana, S.A., 1979. Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en la Zona de Matehuala (Charco Blanco-Matehuala). San Luis Potosí. Contrato:GZA-79-11-ED. México, D.F.

-Labarthe H., G., 1978. Algunos Xalapazcos en el Edo. de S.L.P. Folleto Técnico No. 58, Inst. Geol., Univ. Autón. S.L.P., San Luis Potosí, S.L.P., México.

-López R., G., 1981. Paleogeografía y Tectónica del Mesozoico en México . Rev. Inst. Geol. UNAM. V.5, No.2, p.156-177.

-López R., G., 1983. Estratigrafía Cretácica y Tectónica de una porción del Centro y Noreste de México. Bol. Soc. Geol. Mex. Tomo 44, No. 1, p.21-31.

-Martínez R., V.J., 1971. Estudio Geológico del Área El Milagro-Villa de Guadalupe, Mpios. de Gudalcazar y Villa de Guadalupe. S.L.P., San Luis Potosí, U.A.S.L.P.

-Martínez R., V.J., 1984. Control Geológico-Estructural del Agua Subterránea entre San Luis Potosí-Aguascalientes y Zacatecas. Folleto Técnico No. 97. Inst. Geol. y Metal. Univ. Autón. S.L.P., México.

-Martínez R., V.J., 1986. Condiciones Geohidrológicas actuales del Valle de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 105, Inst. Geol. Univ. Autón. de S.L.P., San Luis Potosí, S.L.P., México.

-Medina R., F., 1967. Un método de investigación Geohidrológica para Zonas Aridas. Folleto Técnico No. 13, Inst. Geol. S.L.P., San Luis Potosí, S.L.P., México.

-Moños S., R., Solo R., D., 1977. Cartografía Geológica Hoja "Pozas de Sta. Ana, S.L.P.", Folleto Técnico No. 54, Inst. Geol., Univ. Autón. S.L.P., San Luis Potosí, S.L.P., México.

-Padilla S., R.J., 1982. Implicaciones estructurales de los Arrecifes en el desarrollo de pliegues. Bol. Asoc. Geol. Petr., V. 34, No. 2, p. 43-60.

-Palazuelos C., R., 1989. Estudios Geológico Superficial de la región de Huizache, S.L.P. Tesis Profesional. IPN-ESTIA.

-PEMEX, 1987. Informe Geológico No. 524. Exploración Geológica del Área Matehuala-El Huizache, S.L.P. (Hojas México I-9 e I-8).

-Residencia de Aguas Subterráneas, SARH, 1970-1979. Dictámenes Geohidrológicos e Informes de Sondeos Exploratorios realizados en los Mpios. de Guadalcázar y Villa Hidalgo.

-Strachan G., P., 1987. The Geology of a Cretaceous gypsum deposit S.L.P., México. B. Sc. Acadia University, p. 68.

-Primer Taller sobre el Mapa Hidrogeológico del Istmo Centroamericano y México, UNESCO, 1988.

-Suter, M., 1981. Hidalgoan deformations at the eastern edge of the Valles-S.L.P. Carbonate platform (Sierra Madre fold-thrust belt, Central Mexico). GSA Abstract with programs. V. 13, p. 109.

-Tristán G., M., 1986. Estratigrafía y Tectónica del Graben de Villa de Reyes, en los Edos. de S.L.P. y Gto., México. Folleto Técnico No. 107, Inst. Geol. Univ. Autón. S.L.P. San Luis Potosí, S.L.P., México.

-Trujillo C., J.A., 1977. Posibilidades Acuíferas en sedimentos continentales Terciarios de la República Mexicana. Bol. Soc. Mex. Tomo 38, No. 2, p. 34-51.

-Urriza I., A., 1978. Cartografía Geológica "Hoja la Ventana", S.L.P. Folleto Técnico No. 82., Inst. Geol., Univ. Autón. S.L.P., San Luis Potosí, S.L.P., México.

ANEXOS

DESCRIPCION DE CORTES LITOLOGICOS

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS EN CAMPO

PETROGRAFIA

SECCIONES GEOLOGICAS

MAPAS

"SANTA RITA DEL RUSIO"

Clave(s):	PSLB-116	Coordenadas:	23°05'30" Lat. N 100°13'50" Long. W
Profundidad (m)		Corte Litológico	
0.00--22.00		Conglomerado, constituido por clastos de caliza en matriz arenosa y cementante arcilloso.	
22.00--44.00		Gravas constituidas por fragmentos de caliza empacadas en arcilla calcárea.	
44.00--86.00		Conglomerado constituido por clastos caliza en matriz arenosa y cementante arcilloso.	
86.00-106.00		Gravas constituidas por fragmentos de caliza, escasamente yeso, empacada en arcilla calcárea.	
106.00-118.00		Conglomerado constituido por clastos de caliza en matriz arenosa y cementante arcilloso.	
118.00-120.00		Gravas y arenas, constituidas por fragmentos de caliza y yeso.	
120.00-130.00		Conglomerado formado por clastos de caliza, en matriz arenosa y cementante arcilloso.	
130.00-132.00		Grava constituida por fragmentos de caliza empacadas en arcilla.	
132.00-144.00		Conglomerado formado por clastos de caliza, en matriz arenosa y cementante arcilloso.	
144.00-154.00		Gravas y arenas, formados por fragmentos de caliza.	
154.00-182.00		Conglomerado formado por clastos de caliza en matriz arenosa y cementante arcilloso.	
182.00-200.00		Caliza color gris silicificada.	

Nota: En el transcurso de la perforación no se registro nivel
estático, por lo que se quedó como sondeo de
exploración.

SONDEOS EXPLORATORIOS

"SANTA RITA DEL RUSIO"

Clave(s): PSLS-73 Coordenadas: 23°01'35" Lat. N
100°19'30" Long. W

Profundidad (m)	Corte Litológico
0.00--34.00	Gravas
34.00--80.00	Arcillas con gravas
80.00--128.00	Lutitas negras
128.00--144.00	Lutitas con calcita
144.00--150.00	Lutitas

N. E. (1983): 40.50 m

"EL HUIZACHE II"

Clave(s): PSLS-12 Coordenadas: 22°54'10" Lat. N
100°22'48" Long. W

Profundidad (m)	Corte Litológico
0.00-345.90	Caliza de color gris microcristalina densa y compacta con algunos tramos fracturados. (De 120 a 126.30 m se encontró caliza fracturada con un tramo de brecha a los 125 m).

N. E. (1973): No se registró a esta profundidad.

"EL HUIZACHE III"

Clave(s): PELS-14 Coordenadas: 22°54'03" Lat. N
100°23'10" Long. W

Profundidad (cm) Corte Litológico

0.00-119.00 Rellenos
119.00-160.00 Conglomerados
160.00-212.00 Arcillas

Nota: Abandonado y sin nivel estático.

"EL HUIZACHE I"

Clave(s): PELS-11 Coordenadas: 22°54'45" Lat. N
100°24'07" Long. W

Profundidad (cm) Corte Litológico

0.00---3.10 Material de talud
3.10--79.00 Calizas

Nota: Profundidad total de 127 m sin registrar nivel estático.

"LA POLVORA I"

Clave(s): PELS-19 Coordenadas: 22°56'50" Lat. N
100°20'19" Long. W

Profundidad (cm) Corte Litológico

0.00---3.50 Tierra vegetal
3.50--46.00 Basalto vesicular
46.00--50.00 Arcilla compacta de color crema
 amarillento.

"LA POLVORA II"

Clave(s): PSL5-21

Coordenadas: 22°50'25" Lat. N
100°19'35" Long. W

Profundidad (m)

Corte Litológico

0.00---7.50

Tierra vegetal

7.50--24.00

Basalto vesicular muy poroso,
color negro (de 19.1 a 21 m, ba-
salto algo alterado de color ca-
fé).

24.00--40.45

Basalto compacto de color gris
oscuro.

40.45-189.10

Arcilla compacta de color crema
a café claro.

"EL COYOTE"

Clave(s): PSL5-75

Coordenadas: 22°54'00" Lat. N
100°35'20" Long. W

Profundidad (m)

Corte Litológico

0.00-200.20

Calizas

N. E. (1984): 99.00 m

ANEXO 3

El siguiente anexo presenta una descripción breve de las láminas de roca representativas de los afloramientos visitados. Se elaboró un total de 40 láminas delgadas, pero sólo se presenta la descripción petrográfica de 20 debido a su distribución y a la semejanza entre ellas. Se agrega la fotografía de algunas de las láminas. Su localización se observa en el Mapa Geológico de la zona.

ANEXO 3

PETROGRAFIA

MUESTRA H-1

Textura: Packstone de peloides.

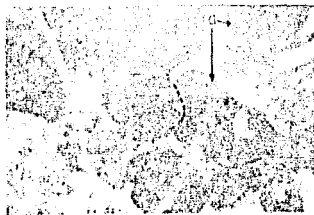
Partículas: Peloides, intraclastos y granos envueltos 40%.

Bioclastos 15% (Comunes: Fragmentos de algas verdes, valvas de ostrácodos y foraminíferos bentónicos como Nummuloculina heimi, sp).

Cementante: Espatita 30%. Micrita 10%

Descripción de la muestra: Se tiene fracturamiento intenso relleno de calcita. La mayoría de los bioclastos están recristalizados con bordes micritizados. Estilolitas irregulares e incipiente dolomitización.

Ambiente: Plataforma interna, facies 8 en la serie de Wilson.



Fotografía H-1. En la fotografía se muestran partículas como peloides (a) inmersos en una matriz compuesta por espatita. El proceso de compactación se aprecia por el aplastamiento de las partículas. (Luz paralela, 10x)

MUESTRA H-5

Textura: Packstone de bioclastos recristalizados.

Partículas: Peloides 10%. Bioclastos 55% (Abundantes: Fragmentos de moluscos y placas de equinodermos recristalizados. Raros: Foraminíferos bentónicos [especialmente miliólidos]).

Cementante: Espatita 30%. Micrita 5%.

Descripción de la muestra: Se presentan varios eventos de fracturamiento y una intensa dolomitización.

Ambiente: Plataforma interna, facies 7 en la serie de Wilson.



Fotografía H-8. Se observan fragmentos de moluscos re-
 cristalizados (m) rodea-
 dos por calcita fibrosa
 (c). (Nicoles cruzados,
 10x).

MUESTRA H-9

Textura: Packstone de bioclastos recristalizados.

Partículas: Peloides y granos envueltos 20%. Bioclastos 50%
 (Abundantes: Fragmentos de moluscos. Comunes: Foraminíferos
 bentónicos. Raros: Calcióferúlicos y globigerinidos).

Cementante: Espatita 25%. Micrita 5%.

Descripción de la muestra: La mayoría de los bioclastos se
 encuentran recristalizados. Existe compactación de algunos
 foraminíferos bentónicos (Nummoloculina heimi, sp.) y
 fracturamiento que atraviesa a los fósiles. La silicificación es
 escasa.

Ambiente: Plataforma externa, facies 6 en la serie de Wilson
 (Post-arrecifal).



Fotografía H-9. Foraminífe-
 ros recristalizados con
 bordes micritizados (f). La
 matriz está compuesta por
 micrita y espatita (m). El
 foraminífero reconocido en
 la foto es Nummoloculina
 heimi, sp. (Luz paralela,
 10x)

MUESTRA H-13

Textura: Packstone-Grainstone de peloides y bioclastos.

Partículas : Peloides, intraclastos y granos envueltos 30%. Bioclastos 50% (Abundantes: Fragmentos de moluscos y rudistas. Comunes: Fragmentos de algas verdes y fantasmas de foraminíferos bentónicos).

Cementante: Espatita 10%. Micrita 10%.

Descripción de la muestra: Existe una fuerte micritización de los bioclastos. Los peloides se encuentran cortados por las fracturas rellenas de calcita, y por estilolitas irregulares.

Ambiente: Plataforma media, facies 7 de Wilson.



Fotografía H-13. Peloides (a) y fragmentos de molusco (b) cortados por una estilolita irregular. La espatita se presenta arcillosa (c). (Nicoles cruzados, 10x).

MUESTRA H-15

Cristalinidad: Merocristalina
Granularidad: Microcristalina
Forma: Hipidiomórfica
Fábrica: Poiquilitica
Vesicular, dolerítica.



Minerales Esenciales: Labradorita 43%

Minerales Accesorios: Olivino (8%) Hornblenda (10%), Augita (7%), Opacos (4%) Matriz: Compuesta por cristales de labradorita (10%), augita y hornblenda (10%), Vidrio ácido (8%).

Observaciones: El olivino se presenta alterado iddingsita.

Clasificación: Escoria basáltica

MUESTRA H-13

Textura: Packstone-Grainstone de peloides y bioclastos.

Partículas : Peloides, intraclastos y granos envueltos 30%. Bioclastos 50% (Abundantes: Fragmentos de moluscos y rudistas. Comunes: Fragmentos de algas verdes y fantasmas de foraminíferos bentónicos).

Cementante: Epatita 10%. Micrita 10%.

Descripción de la muestra: Existe una fuerte micritización de los bioclastos. Los peloides se encuentran cortados por las fracturas rellenas de calcita, y por estilolitas irregulares.

Ambiente: Plataforma media, facies 7 de Wilson.



Fotografía H-13. Peloides (a) y fragmentos de molusco (b) cortados por una estilolita irregular. La espátita se presenta arcillosa (c). (Nicoles cruzados, 10x).

MUESTRA H-15

Cristalinidad: Merocristalina

Granularidad: Microcristalina

Forma: Hipidiomórfica

Fábrica: Poiquilitica

Vesicular, dolerítica.



Minerales Esenciales: Labradorita 43%

Minerales Accesorios: Olivino (8%) Hornblenda (10%), Augita (7%),

Opacos (4%) Matriz: Compuesta por cristales de labradorita (10%), augita y hornblenda (10%), Vidrio ácido (8%).

Observaciones: El olivino se presenta alterado iddingsita.

Clasificación: Escoria basáltica

MUESTRA H-23

Textura: Packstone de peloides y bioclastos.

Partículas: Peloides e intraclastos 30%. Bioclastos 30%

(Comunes: Fragmentos de equinodermos, foraminíferos bentónicos [especialmente miliólidos] y fragmentos de algas verdes. Raros: Valvas de ostrácodos y fragmentos de equinodermos y gasterópodos).

Cementante: Espatita 30%. Micrita 10%.

Descripción de la muestra: Los bioclastos y las partículas se encuentran bastante micritizadas; las valvas de los ostrácodos se presentan mal preservadas. Existencia de arcilla diseminada e intenso fracturamiento en la muestra.

Ambiente: Plataforma media, facies 7 en la serie de Wilson.



Fotografía H-23. Foraminífero bentónico bien preservado (f) con bordes micritizados, probablemente por la influencia de algas verdes. Peloides (p). (Luz paralela, 10x).

MUESTRA H-25

Textura: Grainstone-Packstone de bioclastos recristalizados.

Partículas: Peloides, intraclastos, pedernal 15%. Bioclastos 80%

(Abundantes: Fragmentos de rudistas recristalizados. Comunes: Fragmentos de moluscos. Raros: Placas de equinodermos, foraminíferos bentónicos y fragmentos de algas)

Cementante: Espatita 20%. Micrita 5%.

Descripción de la muestra: Se presenta una intensa recristalización de los fósiles, algunas partes de los mismos se encuentran silicificadas. Entre los eventos diagenéticos sobresale el fracturamiento. El cementante es de 2 tipos: radial y en mosaico.

Ambiente: Plataforma externa, facies 6 en la serie de Wilson (Post-arrecifal).

MUESTRA H-20

Textura: Packstone de oolitas y granos envueltos.

Partículas: Oolitas, granos envueltos, pellets, peloides y pedernal 58%. Bioclastos 10% (Comunes: Fragmentos de moluscos y corales. Raros: Placas y espículas de equinodermos, algas verdes).

Cementante: Espatita 28%. Micrita 2%.

Mineral accesorio: Cuarzo detrítico (traza)

Descripción de la muestra: El cementante se encuentra muy limpio. Se presenta silicificación y oxidación incipiente en los bioclastos. Presencia de bandas de pedernal.

Ambiente: Plataforma externa, facies 6 en la serie de Wilson (Post-arrecifal).



Fotografía H-20. Oolitas (o) indicativas de una facies post-arrecifal. El cementante calcita, se presenta muy limpio (c). Algunas partículas sufrieron compactación. (Luz paralela, 10x)

MUESTRA H-31

Textura: Packstone de foraminíferos bentónicos.

Partículas: Peloides y oolitas 20%. Bioclastos 60%. (Abundantes: Los foraminíferos bentónicos reconocidos son: Dicyclina Schlumbergeri, sp., Nummuloculina heimi, sp. y planiespirales. Comunes; Fragmentos de algas, moluscos y equinodermos. Raros: Globigerínidos y valvas de ostrácodos).

Cementante: Espatita 15%. Micrita 10%.

Descripción de la muestra: Se presentan fracturas rellenas de calcita. Algunos fósiles se ven afectados por la micritización. La silicificación es incipiente en la muestra.

Ambiente: Plataforma externa, facies 6 en la serie de Wilson (Post-arrecifal).



Fotografía H-31. Foraminiferos bentónicos rellenos de calcita y paredes micritizadas (f), las partículas subredondeadas representan a los peloides (a). La micrita y la espatita se encuentran cementando a la roca (m). (Luz paralela, 10x).

MUESTRA H-41

Textura: Sacaroide con fantasmas de bioclastos.

Partículas: Dolomita 90%. Bioclastos 10% (Comunes: Foraminíferos bentónicos [miliólidos], fragmentos de corales).

Descripción de la muestra: La muestra está compuesta en su mayor parte por cristales de dolomita; los fósiles están reemplazados por la misma dolomita.

Origen: Su origen es producto de canivalismo de la dolomita sobre la caliza.

Clasificación: Dolomía fosilífera.



Fotografía H-41. Los rombos representan a los cristales de la dolomita (d) con bordes oscuros debido al tñido con alizarina roja. (Luz paralela, 10x).

MUESTRA H-52

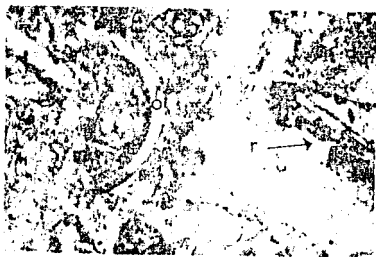
Textura: Packstone de bioclastos.

Partículas: Granos envueltos, peloides, intraclastos 40%.
Bioclastos 25%. (Abundantes: Fragmentos de moluscos y algas verdes. Comunes: Valvas de ostrácodos y foraminíferos bentónicos [Nummuloculina helmi, sp.])

Cementante: Espatita 30%. Micrita 15%.

Descripción de la muestra: La mayoría de los fósiles se encuentran recristalizados, con paredes micritizadas. Dentro de los procesos diagenéticos se presenta el fracturamiento con relleno calcita y micritización en algunos bioclastos.

Ambiente: Plataforma interna, facies 8 en la serie de Wilson.



Fotografía H-52. Valva de ostrácodo recristalizada (O), al lado derecho de ésta se presenta un fragmento de rudista recristalizado con bordes micritizados (R). (Luz paralela, 10X).

MUESTRA H-66

Textura: Wackstone de bioclastos.

Partículas: Bioclastos 40% (Abundantes: Valvas de ostrácodos, algas verdes y foraminíferos bentónicos. Comunes: Fragmentos y espículas de equinodermos).

Cementante: Espatita 10% Micrita 50%

Descripción de la muestra: Los fósiles se encuentran recristalizados, afectados por estilolitas irregulares que los cortan. Existe una dolomitización y dedolomitización.

Ambiente: Plataforma interna, facies 8 en la serie de Wilson.

MUESTRA H-69

Textura: Packstone-Grainstone de bioclastos y peloides.
Partículas: Peloides y granos envueltos 30%. Bioclastos 30%
(Abundantes: Foraminíferos bentónicos, y fragmentos de algas verdes. Comunes: Placas y espículas de equinodermos. Raros: Valvas de ostrácodos y fragmentos de corales).
Cementante: Espatita 10%. Micrita 30%.
Descripción de la muestra: El evento de fracturamiento es el más representativo en la roca; los fósiles existentes están recristalizados. Se presenta la dolomitización y dedolomitización.
Ambiente: Plataforma externa, facies 7 en la serie de Wilson.

MUESTRA H-128

Textura: Grainstone de bioclastos recristalizados.
Partículas: Peloides 10%. Bioclastos 65% (Abundantes: Fragmentos de moluscos y rudistas. Comunes: Placas de equinodermos, fragmentos de algas verdes y foraminíferos bentónicos).
Mineral accesorio: Pedernal.
Cementante: Espatita 10%. Micrita 5%.
Descripción de la muestra: La mayoría de los fósiles se encuentran recristalizados, presentándose en su borde incipiente silicificación. El tipo de cementante en la muestra corresponde al radial y de mosaico.
Ambiente: Plataforma externa, facies 6 en la serie de Wilson (Post-arrecifal con influencia de arrecife).

MUESTRA H-164

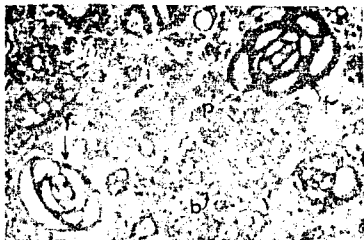
Textura: Packstone de foraminíferos bentónicos y pellets.

Partículas: Pellets, granos envueltos, peloides 22%. Bioclastos 48%. (Abundantes: Foraminíferos bentónicos [Nummuloculina heimi sp., Dicyclina Schlumbergeri, biseriales, uniseriales]. Comunes: Fragmentos de algas verdes y rudistas recristalizados, valvas de ostrácodos y placas de equinodermos. Raros: Globigerínidos.

Cementante: Espatita 5%. Micrita 28%.

Descripción de la muestra: Gran cantidad de los fósiles se encuentran recristalizados con bordes micritizados. Presencia de estilolitas irregulares y desarrollo de oxidación incipiente. Varios eventos de fracturamiento.

Ambiente: Plataforma media, facies 7 en la serie de Wilson.



Fotografía H-164. En la lámina se puede apreciar algunos foraminíferos bentónicos como Nummuloculina heimi, sp. (cf) y biseriales recristalizados con bordes micritizados (b), acompañados por peloides (p). (Luz paralela, 10X)

MUESTRA H-178

Textura: Wackstone-Packstone de bioclastos.

Partículas: Peloides, fragmentos de pedernal, fragmentos de feldespato 5%. Bioclastos 45% (Abundantes: Fragmentos de moluscos, calciesferúlidos. Comunes: Placas de equinodermos, valvas de ostrácodos. Raros: Fragmentos de coral y espículas de equinodermos, globigerínidos).

Cementante: Espatita 5%. Micrita 40%.

Descripción de la muestra: Los fósiles se encuentran recristalizados. Existen varias etapas de fracturamiento y desarrollo de estilolitas irregulares. El cementante es de tipo mosaico.

Ambiente: Plataforma somera, facies 8 en la serie de Wilson.

MUESTRA H-182

Textura: Packstone de bioclastos.

Partículas: Peloides, intraclastos y glauconita 12%. Bioclastos 48% (Abundantes: Fragmentos de moluscos. Comunes: Fragmentos de rudistas, placas de equinodermos. Raros: Valvas de ostrácodos, calciesferúlidos).

Cementante: Espatita 10%. Micrita 30%.

Descripción de la muestra: Existe una intensa micritización reflejada en la forma en que se presentan los fósiles. El cementante corresponde a espatita en mosaico; el proceso de presión-solución da lugar a la formación de estilolitas irregulares. Es clara la presencia del fenómeno de dolomitización y dedolomitización en la muestra.

Ambiente: Plataforma interna, facies 7 en la serie de Wilson.

MUESTRA H-187

Textura: Wackstone de bioclastos.

Partículas: Bioclastos 25% (Abundantes: Fragmentos de rudistas y esponjas. Comunes: Fragmentos de moluscos y placas de equinodermos. Raros: Espículas de equinodermos.

Cementante: Espatita 10%. Micrita 65%.

Descripción de la muestra: Las fracturas están rellenas de calcita y están cortadas por estilolitas irregulares. Los fósiles presentan sus bordes micritizados. Arcilla diseminada en la matriz.

Ambiente: Plataforma interna, facies 8 en la serie de Wilson.



Fotografía H-187. Canales de esponjas rellenos de espatita y rodeados por micrita. La matriz está formada principalmente por micrita. (Luz paralela, 10x).

MUESTRA H-201

Textura: Wackstone de bioclastos.

Partículas: Oolitas, intraclastos y peloides 13%. Bioclastos 47%
(Abundantes: Calciesferúlidos, valvas de ostrácodos. Comunes:
Fragmentos de moluscos y placas de equinodermos).

Cementante: Espatita 10%. Micrita 30%.

Descripción de la muestra: Se observa un flujo de partículas.
Desarrollo de estilolitas irregulares y arcilla diseminada. Se
presentan fósiles fragmentados afectados por las fracturas.

Ambiente: Talud de plataforma, facies 3-4 en la serie de Wilson.



Fotografía H-201. La fotografía muestra un flujo de partículas que corresponden a calciesferúlidos recriсталizados (a) en una matriz micritica y fragmentos de valvas de ostrácodos (o). (Luz paralela, 10X).

