



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

**Exploración Hidrogeológica en
las Comunidades Dexthí, Naxthey,
Cantamaye, Ustheje y Bojay, Hgo.**

**TESIS PROFESIONAL
Para obtener el Título de:
INGENIERA GEOLOGA**

**P r e s e n t a
DIANA ROBERTA TAPIA JUÁREZ**

Asesor: Ing. Héctor L. Macías González.

México, D.F , 2005.



m346710



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-520

SRITA. DIANA ROBERTA TAPIA JUÁREZ
Presente

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

**EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN LAS COMUNIDADES DEXTHÍ, NAXTHEI,
CANTAMAYE, USTEJHÉ Y EL BOJAY, HIDALGO**

	RESUMEN
I	INTRODUCCIÓN
II	GEOGRAFÍA
III	GEOLOGÍA
IV	HIDROGEOLOGÍA
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	BIBLIOGRAFÍA

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

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

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cd. Universitaria, H-F., a 13 de mayo de 2005
EL DIRECTOR



M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*JAGC*gtg


Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e Impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Digna Roberta
Tapia Juárez

FECHA: 05-Agosto-2005

FIRMA: 

*Con Amor y admiración
Para Teresa Juárez y Alfreda Tapia.*

*Con admiración y amor a Gerardo Ochoa Alfaro por rearmar mi tiempo,
por agigantarme, y firmar abarca parte de mi vida.*

Con cariño y respeto a Alejandro y Salvador Tapia por su gran apoyo.

Con cariño a Camila Tapia por enseñarme a dibujar futuros.

*Gracias Héctor Julian S. por coincidir en un espacio de nuestra vida,
por tu amistad y por tu gran apoyo siempre.*

†Gracias Norma Flores J. por tu amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Con respeto y orgullo a la Universidad Nacional Autónoma de México.

A mi asesor de Tesis Ing. Héctor Luis Macías González por la paciencia y dedicación durante la realización de este trabajo.

A los Ingenieros Emiliano Campos Madrigal, Javier Arellano Gil, Alberto Arias Paz y Martín Carlos Vidal Por los comentarios y sugerencias.

A la Ing. Guadalupe Contreras por su valiosa ayuda y su paciencia.

Norma Paredes, Bety Blue, Valerie Pompa, Verónica H. Rugerio, Perla Sánchez, Raquelina, Nancy Gómez, Amelia Castro, Sandra Nava, Jessica, Nora, Thai, Karina, Valentín Ortega, Augusto Antonio T., Alberto Palomo, Guillermo Hernández, Daniel E. Bolaños, Noe T., Omar González, Daniel García, Francisco Ponce, Mario e., Alexis, Félix, Belmont, Iván, Pedro, Octavio, Salvador, Don Pepe, Juan José (laboratorista), Bauti, Juan Carvajal, Gonzalo, David Blanco, Pedro Santillán, Erick Martínez, Sinoe Ortiz, Antonio Gutiérrez, Israel, Arturo Rojo, Iván Hernández, Guillermo Octo. Gracias por compartir su tiempo y amistad

**EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN LAS COMUNIDADES DEXTHÍ,
NAXTHEI, CANTAMAYE, ESTÉJHE Y EL BOJAY, HGO.**

CONTENIDO

	PAG
RESUMEN.	1
CAPITULO I INTRODUCCIÓN.	2
1.1 OBJETIVOS.	4
a) OBJETIVO GENERAL.	4
b) OBJETIVO PERTICULAR.	4
c) ALCANCE.	4
1.3 MÉTODO DE TRABAJO.	5
a) RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.	5
b) ACTIVIDADES DE GABINETE.	5
c) ACTIVIDADES DE CAMPO.	7
CAPITULO 2 GEOGRAFÍA.	9
2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.	9
2.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN Y ACCESO.	11
2.3 OROGRAFÍA.	13
2.4 HIDROGRAFÍA.	13
2.4.1 LOCALIZACIÓN, EXTENSIÓN Y LÍMITES DE LA REGIÓN HIDROGEOLÓGICA	17
2.5 CLIMA.	20
2.6 POBLACIÓN Y CULTURA.	20

CAPITULO 3	GEOLOGÍA.	23
	3.1 GEOLOGÍA REGIONAL.	23
	3.2 GEOLOGÍA LOCAL.	26
	3.3 FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA.	30
	3.4 ESTRATIGRAFÍA.	30
	3.5 ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES.	33
	3.6 GEOLOGÍA HISTÓRICA.	35
CAPITULO 4	HIDROGEOLOGÍA	37
	4.1 CENSO DE POZOS Y MANATIALES.	37
	4.2 MUESTREO DE AGUA.	43
	a) DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS MANATIALES.	44
	b) CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DEDUCIDAS DE LOS DIAGRAMAS DE PIPPER.	51
	4.3 MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.	53
	4.4 LOCALIZACIÓN DE SITIOS PARA POZOS.	57
CAPITULO 5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	60
BIBLIOGRAFÍA		61
ANEXO		65

RESUMEN

En el área se encuentran depositados los sedimentos vulcanoclásticos correlacionables con la Formación Tarango del Cenozoico Tardío. Hacia el noreste en menor proporción de superficie de afloramiento se encuentran distribuidas andesitas, brechas volcánicas y tobas ácidas de la misma edad. Al sur de Ixmiquilpan, Hidalgo se observa una angosta colada de rocas basálticas que cubre una superficie muy reducida. En la zona sureste afloran de una manera aislada rocas sedimentarias mesozoicas de la Formación Doctor y Soyatal del Cretácico Superior. Los manantiales termales y fríos, Dios Padre, El Tephé, Maguey Blanco y Tlacotlapilco tienen su zona de recarga en la porción norte entre las elevaciones 2500 a 2800 m.

El agua infiltrada en el norte circula hacia el sur a través de las rocas de la Formación Tarango, de la Secuencia Volcánica Cenozoica y de la Formación El Doctor en sistemas de flujo local e intermedio. Una parte del agua que atraviesa las rocas volcánicas se descarga en aguas termales a elevaciones de 1625 m y otra porción es atrapada por el pozo La Palma 125 m más abajo. El manantial surgente en las rocas calizas de La Formación El Doctor brota a 1800 m de. Durante el ascenso del agua se contamina con los minerales alterados de las rocas volcánicas; por este motivo, la composición química del agua de acuerdo a los análisis respectivos es Cálctica-Magnésica- Sódica- Carbonatada, es decir la misma composición para los dos flujos deducidos.

Los controles tectónico-estructurales, estratigráficos y morfológicos entrelazan un medio hidrológico muy heterogéneo donde el agua desciende a grandes profundidades y aflora en manantiales que surgen en rocas cenozoicas y mesozoicas.

Para abastecer de agua a las comunidades de la región se propone la perforación de dos pozos exploratorios, uno de 450 m de profundidad para el Dexthí y otro de 500 m de profundidad para Orizabita, con el fin de cortar un acuífero de mayor extensión y espesor.

1 INTRODUCCIÓN

La Disponibilidad de agua potable en México se ha convertido en una situación crítica, que representa problemas que tiene que ver con la explotación intensiva de acuíferos, la falta de programas racionales de explotación acordes con el balance hidrológico de los acuíferos, la creciente demanda, la distribución desigual y el uso irracional de este líquido. Por lo anterior la explotación del agua subterránea exige un manejo adecuado por el acelerado crecimiento de la población, la ampliación en las fronteras de las zonas agrícolas, la industria y la disminución del uso de los escurrimientos superficiales, por la contaminación.

La infertilidad de la tierra para cultivar, la carencia de industrias, actividades económicas suficientes, la falta de agua subterránea y superficial, son factores que ocasionan la emigración de comunidades de alta marginación, como ocurre en el área de estudio.

En El Valle del Mezquital sus habitantes son en su mayoría emigrantes indígenas, lo cual tiene un fuerte impacto social en ellos porque pierden su identidad cultural; su lengua es sustituida por un dialecto que no es hñañhú, ni español ni inglés. Cuando están en Estados Unidos de América, mezclan la nueva forma de vida con sus tradiciones otomíes que pierden sentido allá, por lo que al regresar al país son relegados por sus paisanos, lo que los lleva a afrontar su cosmogonía, cambiando el sentido establecido de la discriminación, ahora son los emigrantes indígenas quienes repudian a los mestizos y blancos.

Ser indígena en México es tan malo como ser mexicano en Estados Unidos de América, la diferencia es que allá tienen trabajo y un pago en dólares con lo que han logrado una gran mejora en las condiciones de vida.

Si se encuentran nuevas fuentes de agua subterránea, esto podría ayudar a detener la emigración o atenuar el impacto social de la globalización.

En el Valle del Mezquital el sustento de algunas comunidades radica en manantiales de aguas termales que los habitantes empezaron a explotar rústicamente para convertirlos en centros turísticos, sin embargo, la zona es geológicamente muy heterogénea por lo que la presencia de manantiales no beneficia a todas las comunidades. En diversas comunidades rurales la única fuente de agua, es el agua subterránea ya que por las características físicas y el clima árido no hay fuentes de agua superficiales aprovechables.

De acuerdo a éste panorama físico, económico y cultural de esta región la tesis forma parte de un proyecto para ubicar un sitio para perforar un pozo de extracción de agua que abastezca a las comunidades Ñhañhus: El Dexthí, Naxthey, Cantamayé y Usthejé, El Bojay; comunidades muy afectadas por falta de agua potable, de este modo con este trabajo apoyaría el desarrollo rural lo que ayudaría a mejorar su forma de vida sin necesidad de emigrar.

1.1 OBJETIVOS.

a) Objetivo general.

Evaluar las posibilidades de explotar agua subterránea, en el Noreste del Municipio de Tasquillo Hidalgo, al establecer el modelo de funcionamiento hidrogeológico de la zona de estudio.

b) Objetivo particular

Determinar la ubicación más favorable de un pozo profundo para extracción de agua con el fin de abastecer de agua potable a las comunidades El Dexthí, Naxthey, Cantamayé y Usthejé, El Bojay, en el Estado de Hidalgo.

c) Alcance

Colaborar en el desarrollo de las comunidades indígenas del Dexthi, Naxthei, Cantamaye, Ustéjhe, El Bojay pertenecientes al Municipio de Tasquillo-Hidalgo, respecto a una de las necesidades primordiales de la sociedad, que es el abastecimiento de agua.

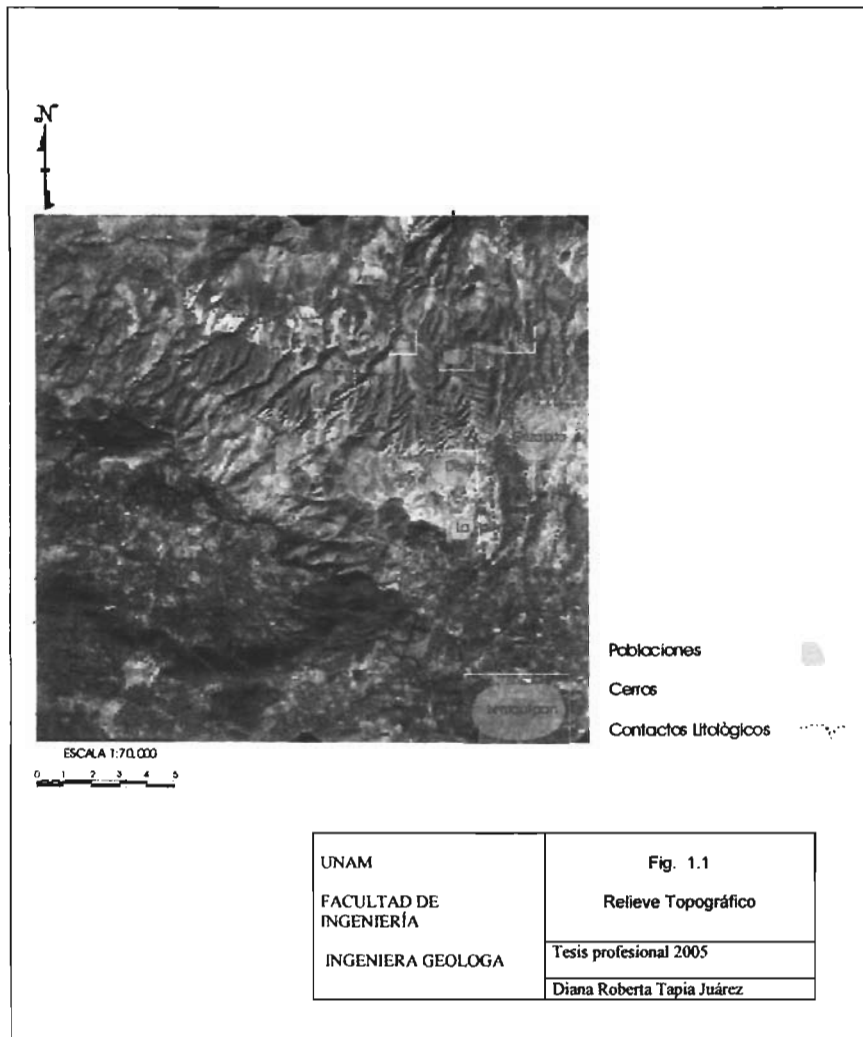
1.2 MÉTODO DE TRABAJO.

a) RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se realizó un estudio previo del área de Tasquillo; éste consistió en recabar información cultural de la zona con el fin de planear la forma y la relación de trabajo con los oriundos de las comunidades de de la región estudiada durante la estancia en las comunidades. Se realizó la investigación bibliográfica incluyendo tesis, revistas, artículos publicados de Geología e Hidrogeología, la cual se efectuó en su mayoría en la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra, UNAM, en la Biblioteca del Consejo de Recursos Minerales (COREMI), la Gerencia Estatal de Aguas en el estado de Pachuca y la Gerencia de Aguas Subterráneas en la Ciudad de México ambas pertenecientes a la Comisión Nacional del Agua.

b) ACTIVIDADES DE GABINETE

Para la labor de fotointerpretación se adquirieron en el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) fotografías aéreas de la zona de estudio (Figura 1.1), copia de contacto en papel B/N de 23 x 23 que corresponden a la Carta Topográfica de Tasquillo F14C49 que contiene los poblados del Dexthí, Naxthey, Cantamaye, Ustheje, El Bojay, Xaxni, Candelaria, Orizabita, Baxhuada, Las Emes, El Meje y Arbolado.



El trabajo de fotointerpretación se llevó a cabo utilizando un estereoscopio de espejos modelo ST4 marca Wild. El objetivo fue delimitar las unidades litológicas expuestas en el área, marcar los rasgos morfológicos, estructuras (mesas, sierras, lomeríos), estratigráficos y estructurales (fallas, fracturas y pliegues); ubicar áreas cultivadas, poblados, distribución de agua superficial dentro del área. Figura 1.1

En la Carta Topográfica Tasquillo (F14C69) escala 1:50,000 y la Carta Geológica Pachuca (F1411) escala 1:250,000, editadas por el INEGI, se ubicaron las carreteras, caminos y veredas de acceso a la zona de estudio, las zonas favorables de recarga, zonas de cultivo, manantiales, pozos y norias; con lo anterior se efectuó el plan de trabajo proponiendo las rutas a seguir y para verificar lugares representativos de geología e hidrogeología para cubrir los objetivos.

c) ACTIVIDADES DE CAMPO.

La primera visita a las comunidades El Dexthí y El Banxhú se realizó con la participación de Ingenieros geólogos y geofísicos, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, para de ubicar los poblados que requieren el abastecimiento de agua, la posible zona de recarga, observar en forma general las características geomorfológicas y geológicas del lugar. Se contactó con delegados de los poblados para pedir los permisos necesarios y se entablaron relaciones con los comités agrarios la región.

En la segunda visita de campo, se tuvo como objetivo verificar en campo los contactos geológicos derivados de la fotointerpretación, así como los propuestos por el mapa Geológico del INEGI y ubicar la litología de las diferentes unidades presentes en la región.

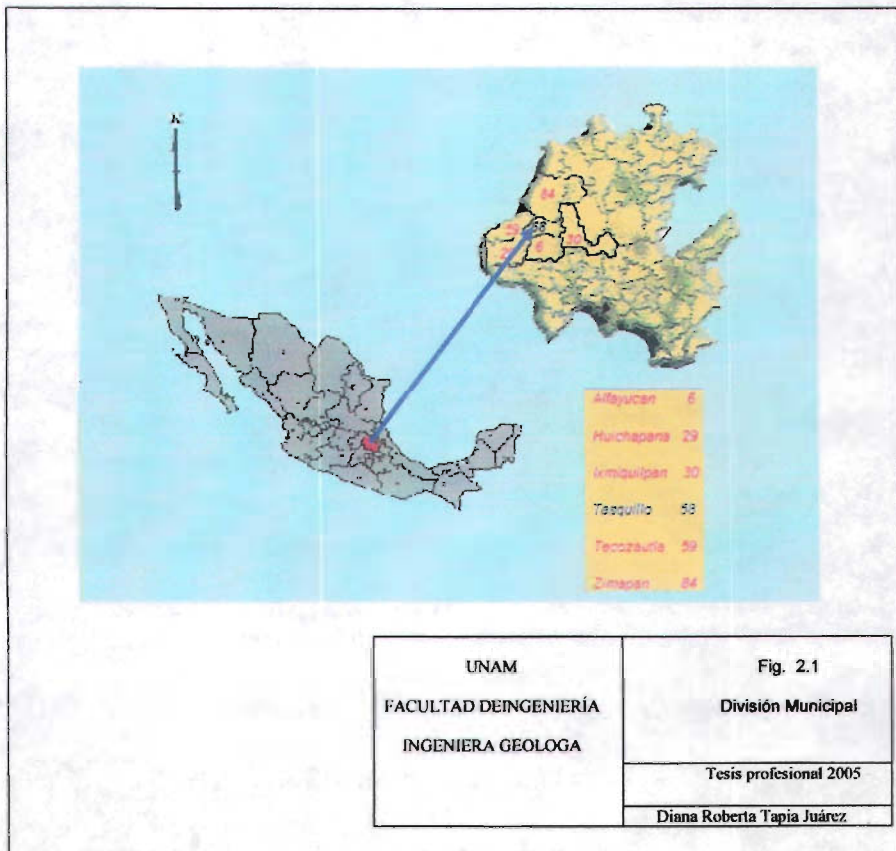
La última visita que se realizó tuvo como objetivo tomar muestras de agua de los manantiales, a estas muestras de agua se les realizó un análisis químico para ubicarlas dentro de la familias de agua correspondientes, compararlas entre sí, para analizar su interrelación hidrogeológica.

La segunda actividad dentro de la ultima visita de campo tuvo el objetivo de solicitar apoyo a las oficinas centrales de la CNA de Pachuca e Ixmiquilpan, Hidalgo para obtener información relacionada con cortes litológicos, aforos iniciales, niveles estáticos de los pozos que fueron perforados recientemente y que se encuentran ubicados cerca de las comunidades de interés e investigar la relación que existe entre los acuíferos con los manantiales de la zona alta.

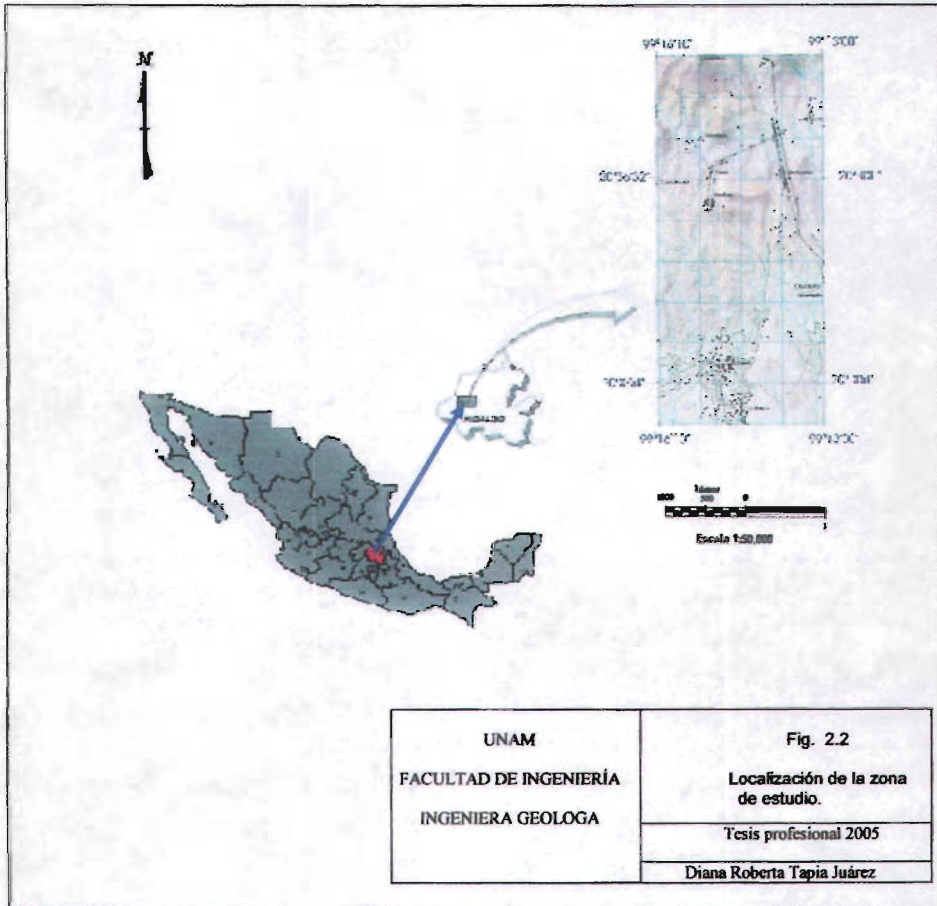
2. GEOGRAFÍA

2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El municipio de Tasquillo se encuentra en la porción Noreste del Estado de Hidalgo, colinda al Norte con el municipio de Zimapán, al Sur con Alfajayucan, al Este con Ixmiquilpan y al Oeste con Tecozautla (Figura 2.1). Cubre una superficie aproximada de 2800 km², abarcando una gran parte de la cuenca hidrográfica del Río Tula, desde la Presa Requena, hasta la Presa Derivadora Tecolotes.



La zona de estudio, queda comprendida entre los paralelos $20^{\circ} 36' 32''$ y $20^{\circ} 33' 54''$ de latitud norte y entre los meridianos $99^{\circ} 16' 10''$ y $99^{\circ} 13' 00''$ de longitud Oeste. (Figura 2.2).



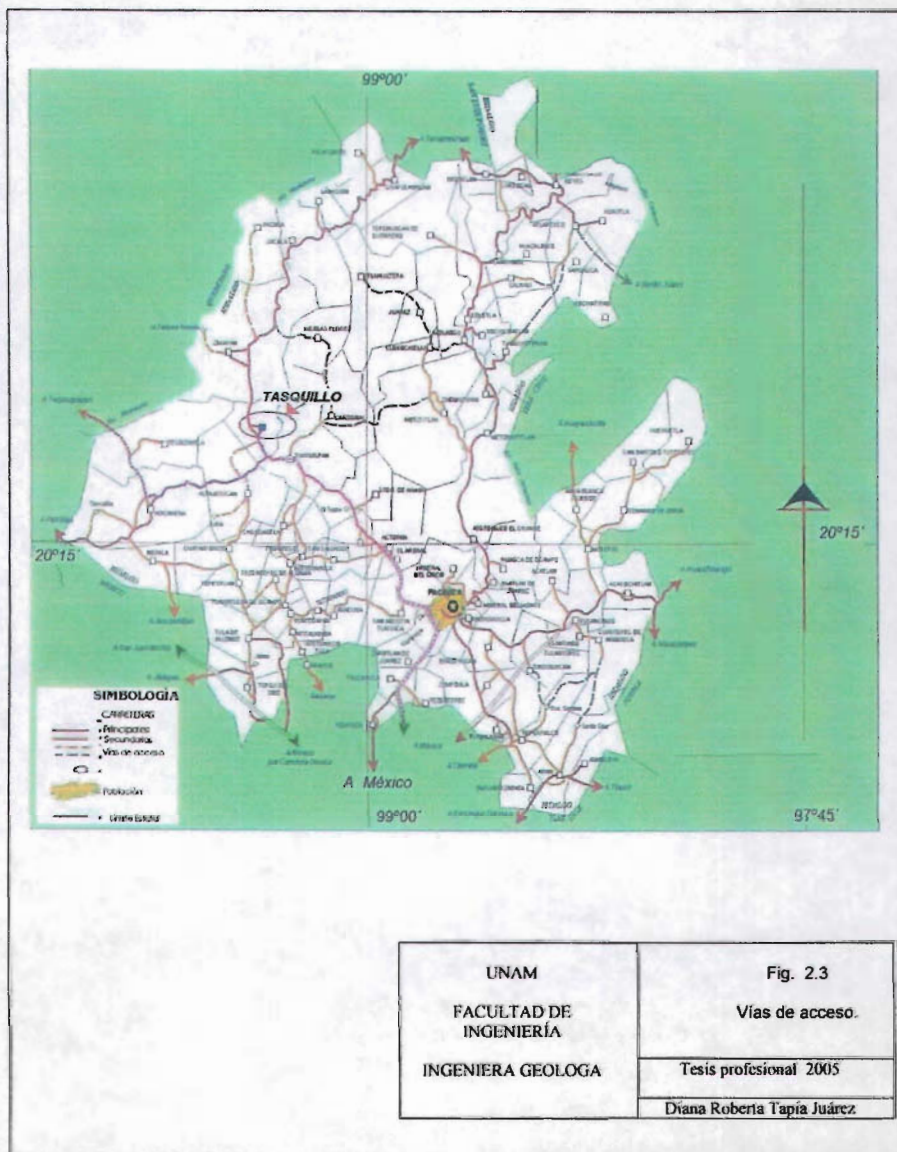
Dentro del área en cuestión, se ubican numerosos centros de población, los cuales van desde rancherías con menos de 500 habitantes, hasta poblaciones que cuentan con más de 15,000. Las poblaciones principales dentro del área de estudio son: El Dexthí, Orizabita, Naxthey, Cantamayé, Ustheje y El Bojay.

2.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN Y ACCESO.

El acceso al área se efectúa por las carreteras Federales de Tepeji del Río, Qro. a Jalpan, Qro. (No 120), en el sector occidental y por la carretera México- Laredo (No. 85), en la porción oriental.

La primera cruza los poblados queretanos de Ezequiel Montes y Cadereyta, Qro., hasta llegar a Tequisquiapan. Desde Tequisquiapan se entronca con la carretera (No 45) que conduce a Ixmiquilpan donde se desprenden tres ramales el primero de izquierda a derecha comunica dentro del área a los poblados San Juanico, la Palma para finalmente llegar al Dexthí, el ramal intermedio pasa por la comunidad el Durazno, la Palma y al Dexthí y finalmente el camino asfaltado del lado derecho nos lleva a Orizabita donde se desprende un camino secundario de terracería por el lado izquierdo que nos lleva a el Dexthí. Hgo.

La segunda La carretera México – Laredo (No 85) comunica a Pachuca con los poblados de Atocpan, Maguey Blanco, el Tephé y comunica también con Ixmiquilpan (Figura 2.3).



UNAM
FACULTAD DE
INGENIERÍA
INGENIERA GEOLOGA

2.3 OROGRAFÍA.

En la zona estudiada existen los siguientes cordones montañosos: Sierra de San Miguel, Sierra del Ojuelo, Sierra del Banxhú y Sierra de Juárez; estando disectados los dos primeros por el arroyo La Pechuga; las sierras mencionadas tienen un relieve del orden de 5200-3000 m.s.n.m.

Dentro de las elevaciones orográficas más prominentes se pueden mencionar: Cerro Pechuga, Cerro Banxhú, Cerro Nijamayé, Cerro Santo niño, Cerro La Muñeca y Cerro Juárez.

La altitud promedio de Ixmiquilpan (Valle del Mezquital) y El Poblado Las Emes en El cerro La muñeca es la siguiente:

a) Ixmiquilpan	1730 msnm.
b) Poblado Las Emes	2800 msnm.

2.4 HIDROGRAFÍA.

El sistema de drenaje imperante en el área de estudio es del tipo arborescente que es una variedad del sistema dendrítico, característicos de la erosión de sedimentos químicos clásticos. Los arroyos mayores se caracterizan por tener bastantes afluentes de pequeño desarrollo, dichos arroyos desembocan en los ríos de las vertientes del Golfo de México.

Los arroyos y barrancas de la región fueron labrados por la erosión causada por las precipitaciones pluviales que descienden por el terreno abrupto, la mayoría de los arroyos llevan caudal de agua únicamente en tiempo épocas de lluvias (meses de junio y septiembre), por lo cual se les puede considerar del tipo intermitentes o de aguas broncas; con excepción del Arroyo La Pechuga y un afluente llamado Arroyo Orión que llevan agua durante todo el año, siendo del tipo perenne; el caudal de agua que llevan estos arroyos proviene de manantiales que se encuentran en las estribaciones de La Sierra Banxhú y los escurrimientos que provienen de ésta. El Río Tula es la corriente superficial más importante de la Región del Alto Pánuco, cruza el área en su porción occidental y el agua que lleva se utiliza principalmente para riego.

RÍO TULA

El Río Tula tiene sus orígenes en el cerro La Bufa, donde se le conoce como Río Tepeji, hasta que sus escurrimientos son controlados por la presa Taxhimay, donde toma una dirección normoroeste, pasa por las inmediaciones de la población del mismo nombre y aguas abajo es controlado por la presa Requena. Aguas abajo recibe aportaciones del río Salto que lleva importantes volúmenes de aguas residuales provenientes del Emisor Central del drenaje profundo de la ciudad de México. Las aguas del río son controladas por la presa Endhó, para su posterior aprovechamiento en el Distrito de Riego No. 100 (donde se riegan más de 24 000 hectáreas) mediante la distribución de unos 400 Mm³/año equivalente a 12.68392 m/s de aguas superficiales.

Ya con el nombre el Río Tula, en este tramo recibe aportaciones por su margen izquierda de sus tributarios, los ríos Tlautla y Rosas. Poco después cambia rumbo al noreste para llegar a Mixquiahuala, San Nicolás, La Heredad y Progreso de Obregón, y otra vez cambiar de rumbo hacia el norte, pasar por Chilcuautla, Tlacotlapilco e Ixmiquilpan (Figura 2.4), hasta su confluencia con el Río Actopan. Prosigue su curso y recibe a sus tributarios el Río Alfajayucan por su margen izquierda y desemboca al Río San Juan cerca de Zimapán, y con el aporte del Río Hondo cambia de nombre a Río Moctezuma, el cuál es uno de los afluentes más importantes del Río Pánuco.

El único afluente de importancia del Río Tula entre la presa Endhó e Ixmiquilpan es el Río Salado, que además de sus recursos propios drena también considerables volúmenes provenientes del desagüe del valle de México, a través de los dos túneles de Tequisquiac (su área de captación es de 635 km²).

Otro de los tributarios del Río Tula es el Río Actopan o Chicavasco. Tiene su origen en el parteaguas común con la cuenca del Río de Las Avenidas y el Río Amajac, unos 9 km al norte de la ciudad de Pachuca; inicialmente sigue su curso al poniente, hasta confluir con su tributario mas importante en esta zona que es el arroyo Puerto de la Palma, donde cambia rumbo hacia el norte, este río, de cabeceras muy diversificadas, toma su nombre del poblado en donde todas las aguas forman el cauce principal después de descender de las sierras de Pachuca y Chicavasco.



Cauce del Río Tula, hacia el lado derecho aguas abajo se encuentra el manantial Tlacotlapilco



UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERAGEOLOGA	Figura 2.4 Río Tula
	Tesis profesional 2005
	Diana Roberta Tapia Juárez

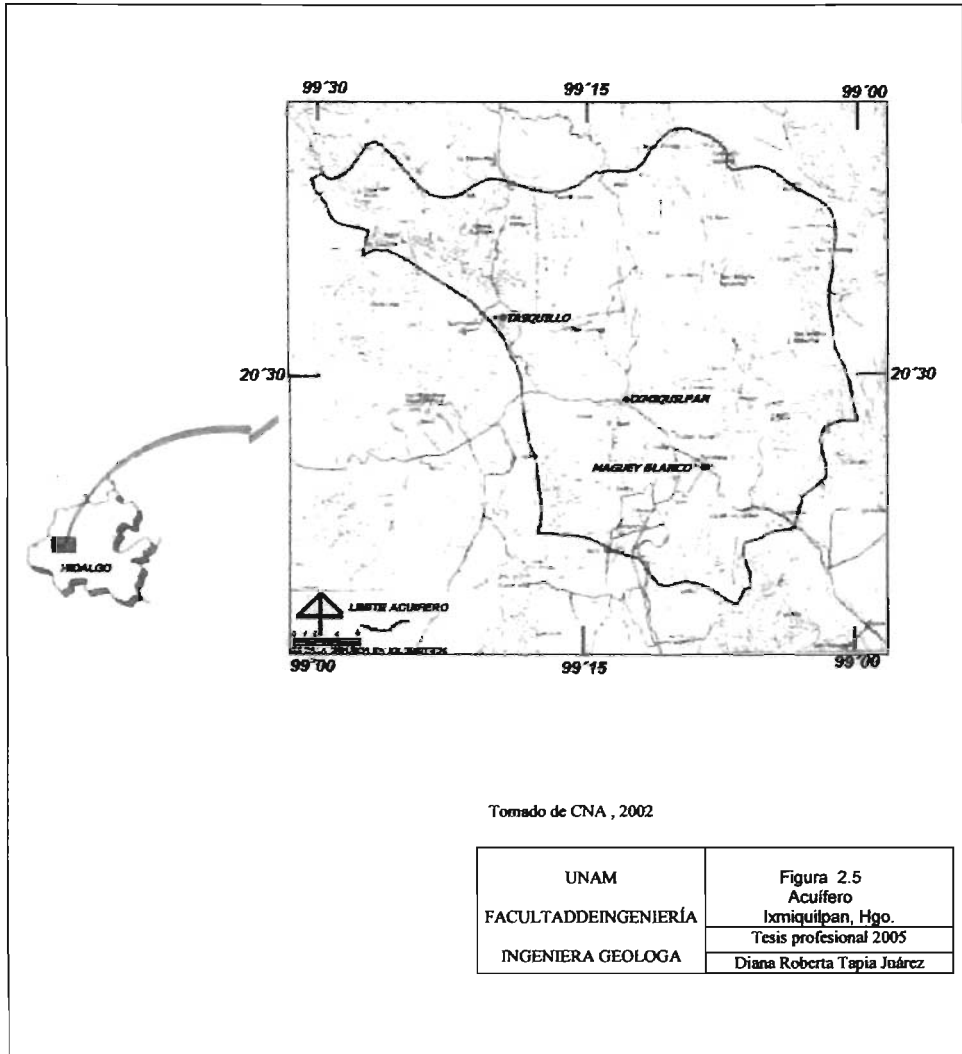
El río está controlado en sus primeros desarrollos por pequeños almacenamientos y por la presa El Durazno; entra al valle de Actopan, pasa por esta población adoptando su nombre y cambia de dirección hacia el noroeste para cruzar todo el valle, y luego pasa por una zona montañosa que divide a los valles de Actopan e Ixmiquilpan.

Posteriormente penetra a este último, que forma parte del genéricamente llamado Valle del Mezquital, antes de llegar a la población de Ixmiquilpan, a unos 3 km, descarga al considerado como colector general de la región, que es el río Tula.

Otro afluente importante del RíoTula es el Río Alfajayucan que drena una buena parte del noroeste de la cuenca del Río Tula, cuenta con 872 km², siendo el segundo más importante como afluente del Río Tula, en cuanto a superficie drenada. Los escurrimientos que genera son moderados y son controlados por la presa Vicente Aguirre, donde también concurren las aguas residuales derivadas desde la presa Endhó, por bombeo, a través del Canal del Centro.

2.4.2 LOCALIZACIÓN, EXTENSIÓN Y LIMITES DE LA REGIÓN HIDROGEOLÓGICA.

El lugar de estudio pertenece a la zona denominada Acuífero Ixmiquilpan (Figura 2.5), la cual se localiza en la porción central del estado de Hidalgo, cubre aproximadamente 1,152 km². Tiene como límites al norte la sierra de Juárez hasta el poblado Nicolás Flores, al sur con la ciudad de Ixmiquilpan y el Cerro Ventorrilla, al oriente con un tramo del Río Amajac y al poniente con el Río Tula.



Las coordenadas para este acuífero, que propuso la CNA (Tabla 2.1) comprende en forma parcial las zonas del Cardonal, Tasquillo y Zimapán; una pequeña franja del área de Santiago de Anaya, San Salvador, Progreso, Chilcuautla, Alfayucan y casi en su totalidad el municipio de Ixmiquilpan

VERTICE	LATITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	99	6	36.0	20	19	15.6
2	99	11	6.0	20	20	9.6
3	99	17	42.0	20	22	30.0
4	99	19	51.6	20	33	57.6
5	99	16	51.6	20	38	38.4
6	99	14	27.6	20	39	36.0
7	99	9	46.8	20	41	34.8
8	99	9	21.6	20	41	34.8
9	99	8	27.6	20	41	16.8
10	99	1	30.0	20	37	44.4
11	99	1	12.0	20	31	15.6
12	99	0	0.0	20	27	46.8
13	99	1	48.0	20	27	28.8
14	99	1	44.4	20	25	8.4
15	99	6	18.0	20	22	4.8
1	99	6	36.0	20	19	15.6

TOMADA DE CNA, 2002

UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERAGEOLOGA	Tabla N° 2.1 Coordenadas que definen el área Geohidrológica de Ixmiuilpan
	Tesis profesional 2005
	Diana Roberta Tapia Juárez

2.5.-CLIMA

El tipo de clima está condicionado por factores geográficos; por un lado las diferentes altitudes, y por otro una mínima influencia de humedad proveniente del Golfo de México, debido a que la Sierra Madre Oriental actúa como una barrera orográfica y no permite el paso de los vientos húmedos procedentes del Golfo de México lo que ocasiona climas secos, semisecos y templados subhúmedos con lluvias en verano, según la clasificación de Köeppen, con la distribución de franjas burdamente concéntricas.

El clima seco es de subtipo semicálido con lluvias en verano de precipitación invernal entre 5% y 10.2 %, que se observa en la región Ixmiquilpan –Tasquillo (Facultad de Ingeniería, UNAM, 1989).

2.6.-POBLACIÓN Y CULTURA.

El municipio de Tasquillo tiene según el censo de población del año 2000, 13,797 habitantes, con una densidad de población de 88.4 habitantes/Km². Un total de 4 294 habitantes que corresponden a la población económicamente activa.

Entre las actividades económicas pertenecientes a sectores muy reducidos destacan la agricultura, ganadería y caza, comercio, explotación de minas y canteras, industrias manufactureras, servicios comunales, entre otras actividades insuficientemente especificadas (Figura 2.6).



Esta imagen describe la situación económica de la gente así como una de las actividades económicas basadas en el procesamiento de cierto tipo de maguey para hacer escobetas de uso doméstico.

UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERA GEOLOGA	Figura 2.6 Contexto social
	Tesis profesional 2005
	Diana Roberta Tapia Juárez

La religión que predomina es la Católica con 13,128 personas, seguida por la protestante con 213 personas, 50 tienen otro tipo de religión y 406 no tiene.

La población alfabetizada corresponden con 5 215 personas con edad de más de 15 años y analfabetas con 2 163 personas. La población que habla lengua indígena más el español es aproximadamente de 5,907, no hablan español 759 y sin especificar se tienen 353 personas.

Las cabeceras municipales cuentan con todos los servicios tanto sanitarios, como de comunicación y educativas (hasta nivel preparatoria o equivalente); los demás poblados y rancherías se encuentran en condiciones poco favorables; algunos cuentan con centros de educación a nivel primaria, en los poblados medianos como Rancho Nuevo tiene tele-secundarias; además existen clínicas rurales del programa IMSS-COPLAMAR en lo poblados de Villa Progreso, San Javier (Las Tuzas), Pathé, Rancho Nuevo, Saja, San Antonio y La Pechuga entre otros; en estas clínicas se brindan servicios médicos en todo el tiempo. Aproximadamente la mitad de los poblados tienen líneas de conducción eléctrica; el abastecimiento de agua potable en algunas comunidades se logra a partir de manantiales dispersos por toda el área, los poblados más alejados y marginados se abastecen principalmente por un tipo de cisternas que son llenadas por manantiales de zonas alejadas.

Estas características socioculturales del área se obtuvieron del censo de INEGI, 2000.

3. GEOLOGÍA

3.1 GEOLOGÍA REGIONAL.

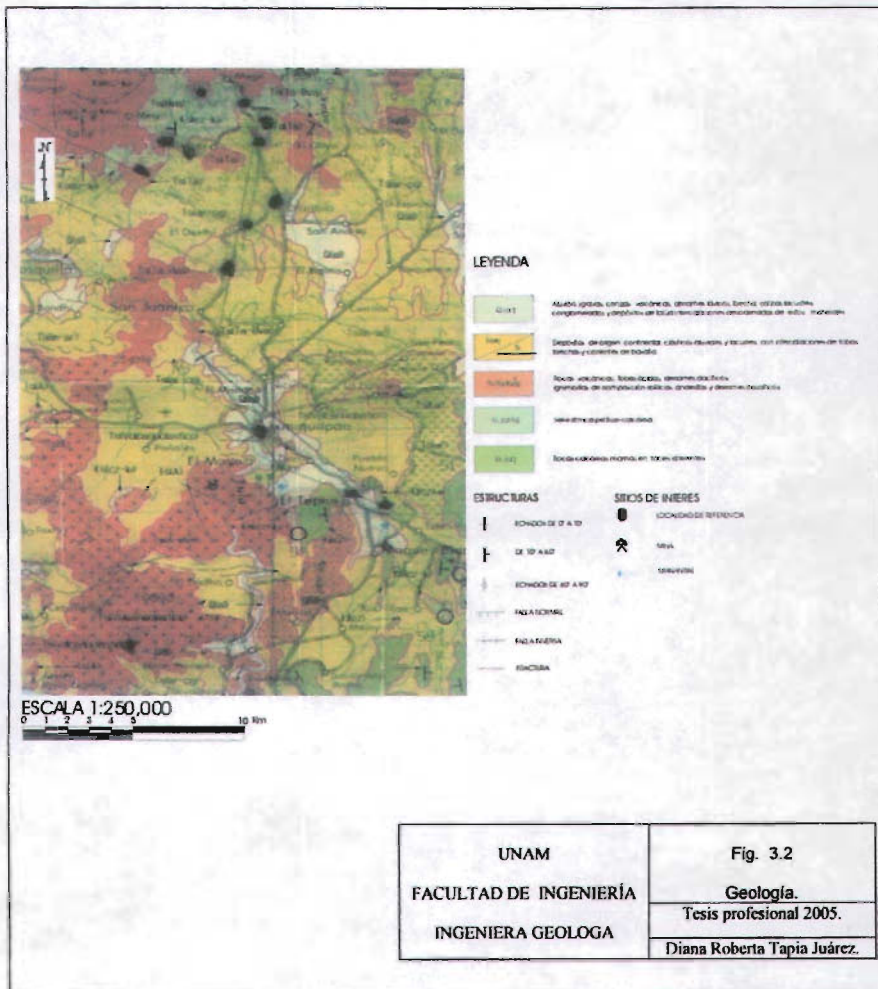
El área de estudio, de acuerdo con la clasificación de Raiz, (1964), pertenece a la provincia denominada Sierra Madre Oriental (Figura 3.1). Colinda con el Eje Neovolcánico Mexicano, al sur, formando un amplio valle dividido por serranías y por cerros separados y aislados. Los rasgos geomorfológicos más notables son las montañas calcáreas, cañadas y lomeríos, mesas de conglomerados, estructuras volcánicas (mesas volcánicas, conos cineríticos) escarpes y planicies aluviales. Los procesos endogénos más evidentes en el área son de carácter tectónico y volcánico, en cuanto a los procesos exógenos se manifiestan en la acción de los agentes de intemperismo y erosión que desgastan las masas rocosas.



Tomado de INEGI. Moran Zenteno 1984

UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERA GEOLOGA	Fig. 3.1 Provincias Fisiográficas.
	Tesis profesional 2005.
	Diana Roberta Tapia Juárez.

Las rocas más antiguas que afloran pertenecen a secuencias de carbonatos y secuencias calcáreo-arcillosas marinas del Cretácico Inferior y superior (Formación el Doctor, Tamaulipas Inferior, Tamaulipas Superior, Soyatal), siendo las más jóvenes, el material de relleno constituido por aluviones y materiales clásticos del reciente (Figura 3.2).

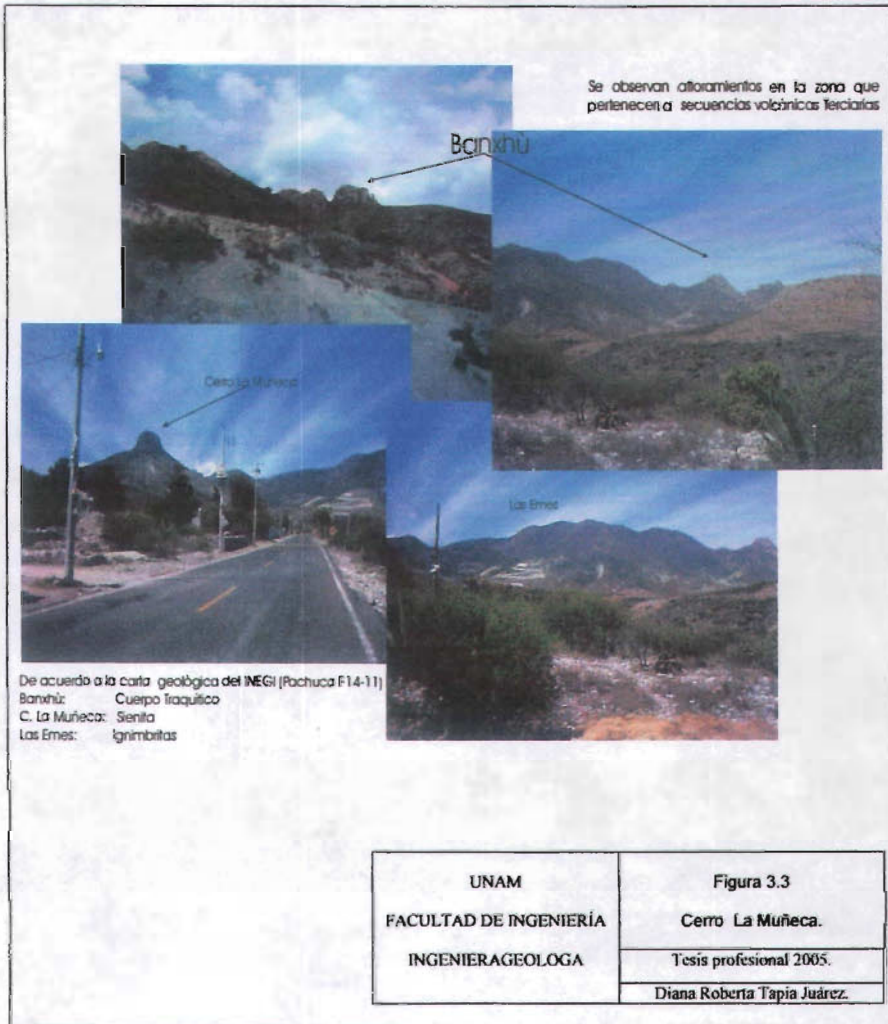


El área estudiada se ubica dentro de la franja estructural de pliegues y cabalgaduras originadas por la Orogenia Laramida a finales del cretácico y principios del terciario. Cubriendo la secuencia sedimentaria se encuentra un grupo de derrames lávicos de composición básica.

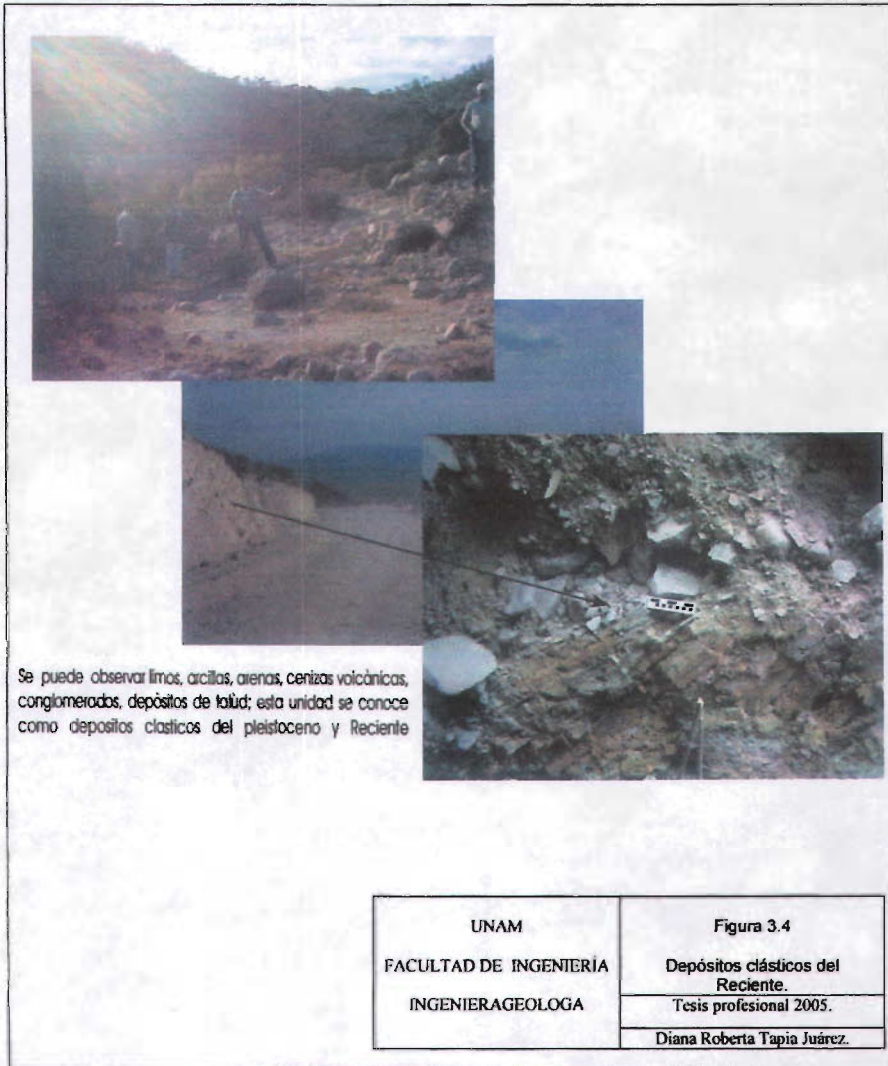
De acuerdo a los estudios estructurales realizados en la región se infieren cuatro fases tectónicas de deformación, dos compresivas (Finales del Jurásico y finales del Cretácico) y dos distensivas (Mioceno).

3.2.-GEOLOGÍA LOCAL.

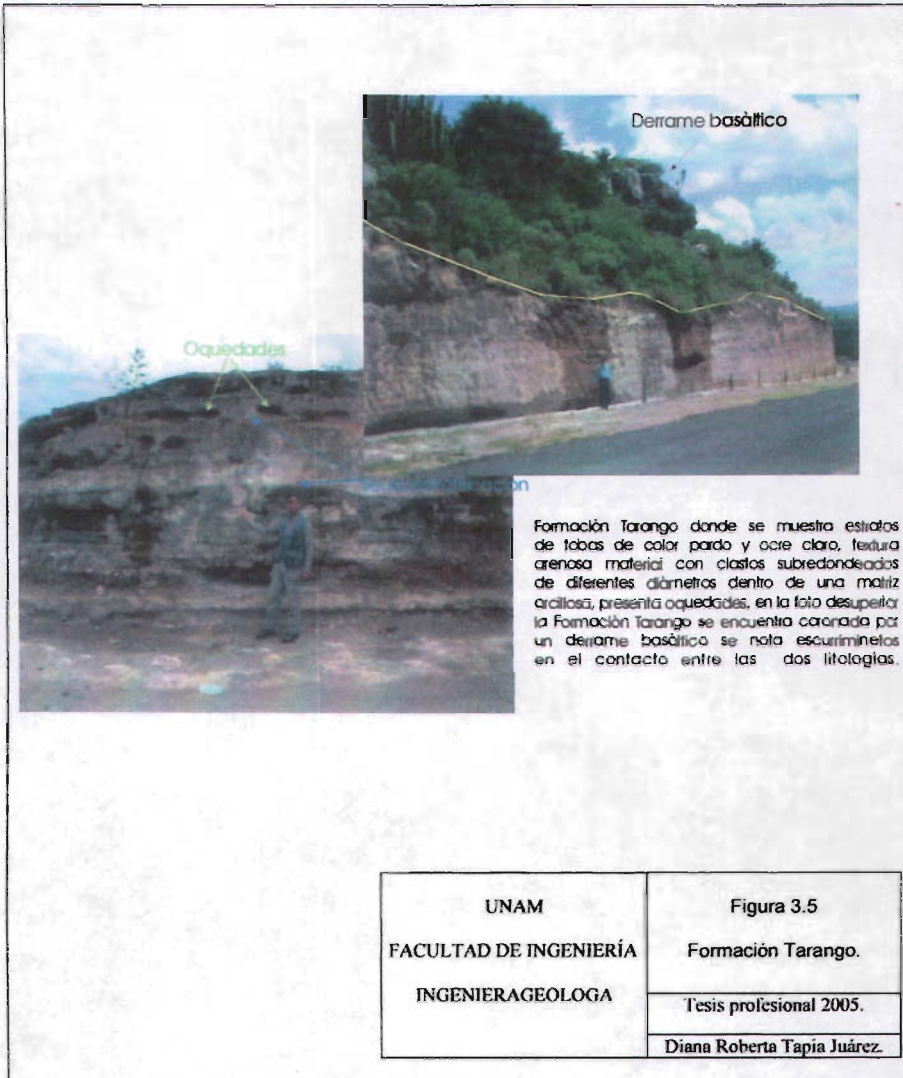
En el área de estudio se distinguen básicamente dos conjuntos litológicos, la Formación Tarango cuyo afloramiento se ubica en un valle al Oriente, limitado por una serie de lomeríos suaves y al Oeste una Secuencia Volcánica Cenozoica que compone un sistema de Sierras; los cerros más importantes de dicho sistema son el Cerro Juárez que es una secuencia volcánica traquítica, al Norte, el Cerro Banxhú es una secuencia sienítica y el cerro La Muñeca pertenece a una unidad de tobas e ignimbritas de composición riolítica y dacítica, de acuerdo a la carta geológica del INEGI (Figura 3.3).



Integrando las observaciones de superficie realizadas en campo, así como la información bibliográfica e información de la carta Geológica Pachuca F-14-11 aflora aluviones constituidos por gravas y arenas, dentro de una matriz limosa, el material es poco compacto y sin cementar. El espesor de esta unidad es del orden de 10 a 20 m (Figura 3.4).



Subyaciendo a la unidad anterior y aflorando en los lomeríos se presentan estratos de limonitas pertenecientes a la formación Tarango. La roca es de color gris claro casi blanca, se presentan estratos horizontales de 25 a 40 cm de espesor. (Figura 3.5).



Hacia la parte occidental del área de estudio existen afloramientos de rocas volcánicas compuestas por tobas y brechas volcánicas de composición ácida a intermedia que corresponden a las Formaciones Zumate y Toba Don Guinyo. Antes de llegar a Ixmiquilpan, se pueden ver derrames basálticos sobre la Formación Tarango aproximadamente de 2 a 4 m. de espesor (Figura 3.5).

3.3.-FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El área comprendida en este estudio pertenece a la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, que se caracteriza por montañas del Mesozoico, plegadas y cortadas por profundos cañones y por sierras conformadas por rocas volcánicas del Cenozoico.

En las planicies los depósitos clásticos Cenozoicos tienen un espesor reducido, del orden de decenas de metros.

La zona estudiada presenta dos unidades geomorfológicas: Sierras y llanuras. Las sierras se localizan principalmente en las porciones norte y oriental, están constituidas por rocas ígneas y sedimentarias, su relieve es abrupto y su elevación varía entre 1 750 y 2 750 msnm. Las llanuras ocupan la porción central de la zona y fueron formadas por la acumulación de sedimentos fluviales, lacustres y aluviales, producto de la erosión y transporte de las rocas expuestas en la zona montañosa.

La zona Ixmiquilpan — Tasquillo es drenada por el Río Tula y sus tributarios, los cuales han labrado a su paso profundas cañadas, imprimiendo un aspecto de juventud a la antigua llanura.

3.4.- ESTRATIGRAFIA

El marco geológico de la zona está conformado por rocas ígneas y sedimentarias fechadas con edades del Jurásico Superior al Reciente. Los materiales ígneos están representados por rocas extrusivas de variadas composiciones y texturas; las rocas sedimentarias son de origen marino y continental.

La secuencia estratigráfica que se presenta en la zona de estudio se describe a continuación.

Calizas El Doctor- Cretácico Medio Ks (cz). Descrita por J. Wilson (1954), se encuentra su localidad tipo en el poblado del mismo nombre del Municipio de Cadereyta, Querétaro, que se encuentra a 25 km al noroeste de Zimapán, Hidalgo. En general consiste en calizas relativamente puras, de textura variada con o sin lentes de pedernal, intercalaciones de dolomita y capas delgadas de lutita. En su localidad tipo se han distinguido cuatro facies de esta formación: una facies biostromífera de aguas someras (facies Cerro Ladrón), otra conglomerado fino con coquina clástica (facies Socavón), una tercera de capas gruesas con nódulos de pedernal (facies San Joaquín) y la cuarta de capas delgadas a medianas de caliza con bandas de pedernal que se depositaron en aguas profundas (facies La Negra); estas facies han sido consideradas como desarrollo en la periferia de un bioherma que constituyen esta formación (Wilson, et, al 1955).

Yace sobre la Formación Santuario en la parte norte de la zona, y en algunos sitios sobreyacen a la Formación Las Trancas. El espesor de esta unidad es muy variable ya que mientras en el área de Ixmiquilpan, Hidalgo alcanza a medir hasta 750-900 m, en la Sierra Juárez al norte de Ixmiquilpan se reduce a 100-200 m.

En esta unidad se pueden encontrar una gran variedad de fósiles tales como rudistas, gasterópodos, pelecípodos, amonitas géneros Hamites y abundantes miliólidos visibles a simple vista; los cuales le asignan una edad desde el Albiano al Cenomaniano Inferior y se correlacionan con la formación El Abra de la Cuenca Tampico-Misantla al noreste (Bonet, 1952) y con la Formación Morelos al sur (Fries, 1956).

Formación Soyatal- Cretácico Superior Ks(s). Esta formación fue descrita por White (1948), conformada por calizas arcillosas de color gris oscuro en capas de espesor mediano a delgado y sin pedernal; presenta intercalaciones frecuentes de lutitas calcáreas ligeramente gris oscuro y laminación fina con aumento de lutitas en las partes superiores. La formación tiende a formar bajos topográficos, siendo su espesor de 0 a 300 m, sobreyace en la parte norte de la zona a la Caliza El Doctor, aparentemente en concordancia.

En esta unidad se puede encontrar el pelecípodo *Inoceramus biatus* recolectado por Segerstrom en la Sierra de Juárez y que le asigna una edad del Turoniano. Se correlaciona con la formación Agua Nueva de la Cuenca Tampico-Misantla (Imlay, 1944).

Formación Zumate Ts(Ta-Bva). Se compone de tobas ácida y brechas volcánicas presenta pseudo estratificación por la sucesión de rocas piroclásticas y brechas de derrames de composición dacítica, con algunas variaciones andesíticas sobresalientes por erosión diferencial, son rocas de color gris con tonos azules y púrpura con fenocristales de cuarzo y plagioclasa dentro de una matriz afanítica. Las brechas constituyen su totalidad de la parte superior, donde se observan intercalaciones de ceniza y gruesos espesores de aglomerados volcánicos y de depósitos de lahar, pertenece al Plioceno Inferior. Esta formación sobreyace al Grupo Pachuca sobreyace al grupo Pachuca, morfológicamente forma mesetas de hasta 300 m de altura.

Toba Don Guinyo Ts (Ta). Corresponde al Plioceno Inferior de acuerdo a Segerstrom, 1961; se compone de tobas e Ignibritas de composición riolítica y dacítica comúnmente asociadas, presentan intrcalaciones gruesas de obsidiana, derrames basálticos y secuencias riolíticas; los afloramientos ofrecen diversas características físicas. Es una toba riolítica intensamente fracturada e interperizada a profundidad de color blanco caolinizada que sobreyace discordantemente a las formaciones Soyatal y el Doctor.

Formación Tarango- Ts (volcanoclástico). Fries Jr., 1962 describe depósitos de clásticos aluviales y lacustres, con intercalaciones de tobas, brechas y derrames de basalto. Está ampliamente expuesta en gran parte de la zona; su espesor Varía de 30 a 400 m.

Basalto del Pleistoceno Q (B). Los afloramientos de esta unidad dentro del área estudiada son muy reducidos, encontrándose expuestos únicamente al sureste del poblado de Ixmiquilpan. Están constituidos por derrames de composición basáltica de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa y olivino, sobreyace discordantemente a la unidad volcanoclástica (Formación Tarango). Es correlacionable con el Grupo Chichinautzin de la Cuenca de México. La expresión geomorfológica comprende pequeñas mesetas las cuales han sido intrusiónadas por diferentes cuerpos intrusivos Ledesma-Guerrero (1987) lo reporta que corresponde a basalto de olivino.

Depósitos clásticos y aluviales del Pleistoceno y Reciente-Cuaternario Q (al) . Dentro de esta unidad se incluyen limos, arcillas, arenas, cenizas volcánicas, conglomerados, depósitos de talud y otros materiales derivados de rocas preexistentes. Esta unidad alcanza espesores de 3 a 10 m.

3.5 ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES.

La región que comprende el área del presente trabajo, se encuentra en la franja estructural de pliegues y cabalgaduras que se desarrolló durante la Orogenia Larámide hacia finales del Cretácico y principios del Terciario, constituida por anticlinales, sinclinales y fallas tipo inverso; los pliegues son asimétricos, recostados y en chevrón, cuya orientación burda de sus ejes es en dirección NW-SE.

Las estructuras asociadas a dicha provincia estructural, han sido estudiadas por Carrillo y Suter, (1982) y Suter, (1984).

Una de las estructuras más importantes dentro de la región, según Segerstrom, es el Anticlinal Bonanza, es un pliegue falla recostado al Noriente que cabalga sobre el Sinclinal el Fraile. Se trata de una estructura con un rumbo general Noroeste 40° Sureste. El anticlinal está abierto en la formación Las Trancas y en sus flancos se observa la secuencia Santuario, Cuesta del Cura y Soyatal, se extiende a lo largo de 16.5 Km y tiene un ancho aproximado de 6 Km; estas estructuras no parecen afectar en la zona de estudio.

Al oriente del poblado La Palma aflora en el núcleo de la estructura la Formación Las Trancas. El anticlinal se encuentra truncado al Sur por la Falla normal Juárez de rumbo Noroeste 62° Sureste.

La falla normal Juárez se encuentra dentro de las familias de fallas con rumbos preferenciales Noroeste 75° sueste y Noreste 35° Sureste, y Noroeste 35° Sureste. Existen otras dos familias de fallas con rumbo Este- Oeste y la otra Norte -Sur. La familia de la falla Bonanza disloca a toda la secuencia mesozoica y cenozoica, excepto a los miembros de la Formación Tarango. Se pueden mencionar de las fallas normales que forman parte de la carta Tasquillo la Falla Peña Colorada, El Aguacatal, Santa Rita que se encuentran aproximadamente 5, 7 y 9 Km respectivamente del Dexthí.

Debido a que La Formación Tarango cubre mayor área en la zona de estudio y dicha formación no se vio afectada por procesos tectónicos no se observan fracturamiento ni fallas.

3.6 GEOLOGÍA HISTÓRICA

La historia geológica de la región se inicia durante el Kimmeridgiano al Portlandiano con el depósito en ese tiempo de sedimentos arcillo-arenosos provenientes de tierras positivas que perturban la sedimentación calcárea que se efectuaba en un medio ambiente de cuenca, formándose de este modo los miembros arcillo-calcáreos de la Formación Las Trancas, deduciéndose que la línea de costa se encontraba al oeste. A fines del Jurásico y principios del Cretácico Inferior se efectuó la apertura e inundación del ancestral Golfo de México, que se manifestó en la región únicamente en grandes basculamientos que afectaron a la plataforma continental la cual al adoptar condiciones de aguas tranquilas y someras favoreció el desarrollo de organismos arrecifales, por lo que se formó el bioherma que constituye la Formación Doctor, el cual se desarrolló durante el Albiano y el Cenomaniano, originándose en su periferia diversas facies litológicas, de tal modo que mientras la estructura seguía creciendo su mismo peso producía el hundimiento de su base.

En el Cenomaniano no se produjo depositación de sedimentos marinos debido probablemente a que en tierra firme existían condiciones de peniplanicies; pero al iniciarse el Turoniano debieron haberse efectuado movimientos ascendentes de bloques en tierras positivas y la cuenca marina, marcando otra etapa en la sedimentación que se caracterizó por grandes avenidas de material arcilloso representado por las Formaciones Soyatal y Mexcala, lo que indica que desde el Turoniano al Campaniano existieron fenómenos de transgresiones y regresiones marinas, de tal modo que se formaron las alternancias de sedimentos calcáreos, arcillosos y arenosos que forman el paquete del Cretácico Superior.

Al finalizar el Cretácico Superior e iniciando el Cenozoico ocurrió la Orogenia Laramide, plegando la secuencia sedimentaria mesozoica, dando lugar a una topografía abrupta que fue afectada por los procesos erosivos cuyos depósitos se llevaron a cabo en las partes bajas formando abanicos aluviales bien cementado, que están agrupados en lo que regionalmente se le llama Fanglomerado El Morro de edad Eoceno-Oligoceno.

En el Mioceno principia una actividad ígnea esencialmente volcánica y explosiva, la cual está representada por tobas riolíticas y andesíticas que afloran al sur-sureste del área de estudio, cubriendo a las rocas cretácicas; estas rocas eruptivas son contemporáneas de las rocas volcánicas Las Espinas (final del Oligoceno al Mioceno) de la zona de Zimapán, Hidalgo. Posteriormente continúan los emplazamientos de cuerpos mineralizados, esta etapa comienza con la intrusión de rocas monzoníticas y dioríticas que junto con los diques se encuentran muy ligados a las fracturas y fallas laramídicas; estas intrusiones produjeron en la periferia del cuerpo intrusivo rocas de metamorfismo de contacto en las calizas del Cretácico Inferior.

4 HIDROGEOLOGÍA

4.1 CENSO DE POZOS Y MANANTIALES.

El censo de manantiales y pozos cercanos a la zona de estudio es muy importante para deducir el comportamiento del flujo de agua subterránea y crear el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico. Esta actividad tiene como fin relacionar características físicas y químicas del agua, localización dentro del ambiente hidrogeológico, nivel piezométrico (profundidad y elevación) de pozos y manantiales, información geológica (secciones geológicas, estratigrafía, litología).

Para llevar a cabo el censo se revisó la carta geológica del INEGI 1:250 000, Pachuca F14-11. En ella se ubicaron los manantiales de la zona, de acuerdo a los rasgos superficiales de flujo de agua que los relaciona, posteriormente se eligieron Tlacotalpilco, El Tephé, Maguey Blanco, Nandhó y Las Emes para tomar muestras de agua, datos físicos y su ubicación Figura 4.1 y Tabla 4.1

Tabla 4.1

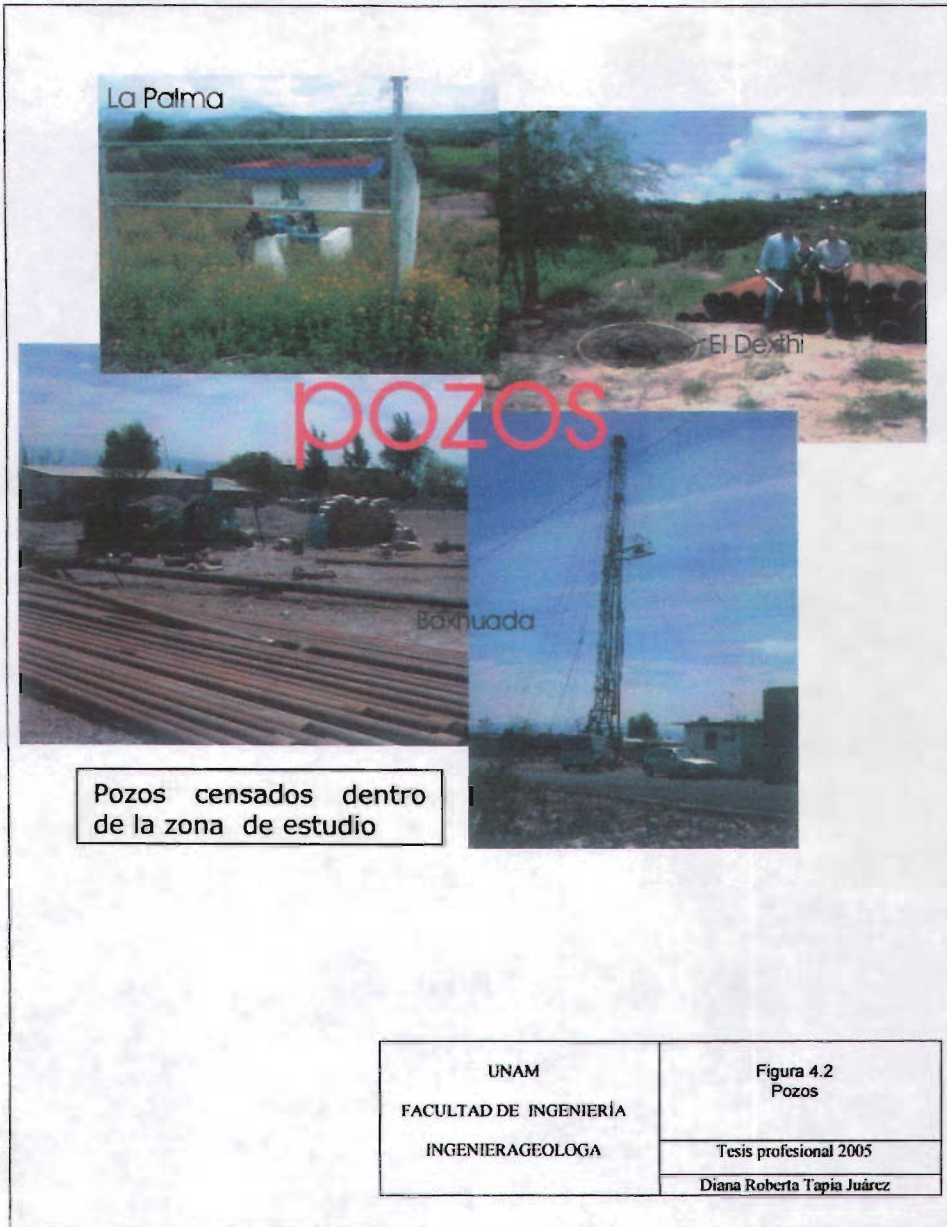
MANANTIAL	COORDENADAS	ALTURA (N.M.M)	PH	CONDUCTIVIDAD μ S	TEMPERATURA °C
Tlacotalpilco	14Q 0477635 UTM 2251895	1880	7.6	500	50
Maguey Blanco	14Q 0482871 UTM 2258323	1820	6.9	660	24
El Tephé	14Q 0480774 UTM 2260210	1821	7.1	720	36
Las Emes	14Q 0474596 UTM 2281382	2280	6.6	610	22
El Nandhó	14Q 0477978 UTM 2281374	2260	7.4	580	20



Se censaron tres pozos, La Palma, EL Dexthí y Baxhuada que se encuentran cercanos al área Figura 4.2. El primero se sitúa a un kilómetro en línea recta al sureste del Dexthí, es un pozo terminado pero aún no esta en operación y es el único del que se pudo obtener el corte litológico Figura 4.3 y Tabla 4.2 ; el segundo es un pozo perforado sin terminar y el tercer pozo se encuentra en perforación a dos y medio kilómetros al norte de Orizabita. De este pozo sólo se pudo obtener esquirlas del material perforado a 200 m de profundidad, dicho material se clasificó como roca ígnea perteneciente a las tobas e ignimbritas de composición riolítica y dacítica Figura 4.3.

Tabla 4.2

POZOS (P)	COORDENADAS	ALTURA (N.M.M)	NIVEL ESTÁTICO (M)
(P) La Palma	14Q 0475196 UTM 2272436	1745	84.20
(P) Baxhuada	14Q 0476871 UTM 2279051	2099	Sin información
(P) Dexthí	14Q 0475789 UTM 2273586	1771	170



UNAM
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERAGEOLOGA

Figura 4.2
Pozos

Tesis profesional 2005

Diana Roberta Tapia Juárez

Tabla 4.3

POZO LA PALMA

TRAMO (m)	DESCRIPCIÓN DEL CORTE
0-2	Suelo
2-12	Aluvión.
12-22	Toba Riolítica color rojizo
22-80	Toba Riolítica color rojizo
80-155	Toba Riolítica
155-244	Andesita gris oscuro
244-296	Toba riolítica
296-322	Toba lítica.
322-332	Toba riolítica Color rojizo
332-336	Riolita color gris a rojizo
336-350	Toba Riolítica

Descripción del corte litológico del pozo La Palma.
 Tabla obtenida de Gerencia Estatal Hidalgo,
 Subgerencia de Ingeniería Infraestructural Hidráulica, 2001.

Esquirlas obtenidas de la excavación del pozo Baxhuada. Corresponden a fragmentos de roca color gris con tonalidad púrpura y rojiza, se observan fenocristales de plagioclasa, cuarzo, anfíboles dentro de una matriz afanítica, se clasifica como ignimbrita de composición andesítica



UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERAGEOLOGA	Figura 4.3 Esquirlas del material extraído del pozo Baxhuada
	Tesis profesional 2005
	Diana Roberta Tapia Juárez

4.2 MUESTREO DE AGUA.

Las muestras de agua fueron tomadas de cinco manantiales, el trabajo de muestreo se dividió en dos partes, primero los manantiales cercanos al Municipio de Ixmiquilpan que son: Tlacotalpilco (Los pocitos), Maguey Blanco, El Tephé y posteriormente los cercanos al poblado del Dexthí (El Nandhó y Las Emes).

En total se obtuvo dos litros por cada manantial, es decir cinco muestras de agua para su respectivo análisis químico, que fueron obtenidas en un envase, éste se enjuagó tres veces con el agua proveniente del mismo manantial antes de llenarse, para evitar que las muestras de agua se contaminen con algunos residuos que contenga el envase, se llenó el envase, tapándolo herméticamente, se etiqueta con los datos del manantial (Figura 4.4), para posteriormente colocarlo dentro de una hielera, finalmente se trasladaron al Laboratorio de Química de La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) donde se realizaron los análisis químicos correspondientes.

Durante la captura de agua de los manantiales se realizaron mediciones in-situ, como la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica. La temperatura se tomó con un termómetro de mercurio con un rango de -60 °C a 260 °C, el pH con un pHmetro y la conductividad eléctrica con un conductímetro (ambos equipos son portátiles).

El pH: Es la medida específica de la acidez (1-7) de la alcalinidad (7-14). Referencia M. Oficial N° 2. Medida directa.

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$): Expresa la concentración total de sales solubles contenidas en el agua (Referencia M. Oficial N°7).

La Conductividad eléctrica se puede expresar en diferentes unidades y sus equivalencias son las siguientes:

$1\text{micromhos}/\text{cm}=1\text{microSiems}/\text{cm}=1\mu\text{mhos}/\text{cm}=1\mu\text{S}/\text{cm}$

$1\text{milimhos}/\text{cm}=1\text{miliSiems}/\text{cm}=1\text{mmhos}/\text{cm}=1\text{mS}/\text{cm}$

$1\text{milimhos}/\text{cm}=1\text{miliSiems}/\text{cm}=1000\text{micromhos}/\text{cm}=1000\text{ microSiems}/\text{cm}$.

En este caso la conductividad se tomo en $\text{microSiems}/\text{cm}$.

También se obtuvieron las coordenadas y la altura con respecto al nivel del mar con un GPS marca Gammin.

a) **DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA DE LOS MANATIALES.**

En el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se llevó a cabo los análisis químicos para obtener la concentración de los principales iones contenidos en las muestras de agua con los métodos que a continuación se describen:

Aniones:

Carbonato (meq/l): Valoración con HCl de 0,01 N hasta viraje de la fenolftaleína.

Carbonatos y bicarbonatos: Tomando como referencia la M. Oficial N°18. La alcalinidad del agua se determinó con solución de ácido clorhídrico a los puntos sucesivos de equivalencia del anión carbonato (pH 8,3) y del anión bicarbonato (pH 4,0).

Bicarbonato (meq/l): En la misma solución del carbonato, continuó la valoración con ácido HCl 0,01 hasta viraje del naranja de metilo.

Sulfatos: Tomando como referencia la M. Oficial N°17, Reducción de Nitratos a Nitritos con solución de sulfato de hidracina. Medición colorimétrica a 540 nm en presencia de sulfanilamida y naftil-etilendiamida.

Cloruros: Tomando de referencia la M. Oficial N° 19. Se determinó potenciométrica de los cloruros por el método argentométrico con nitrato de plata.

Cationes:

Na: Tomando como referencia la M. Oficiales (14,15) el contenido de sodio se obtuvo de forma indirecta a partir del contenido de Na HCO₃, a través del Cl residual, considerando que el contenido de K sea nulo.

Ca y Mg (meq/l): Tomando como referencia la M. Oficiales [16(a) y 16 (b)]. Se determinó la aplicación de la propiedad que tiene EDTA de formar (reacción de complejación) empleando los indicadores la Murexida y el Eriocromo T.

Los resultados de los análisis de agua se muestran en las tablas 4.4,4.5, 4.6, 4.7, y 4.8.

TABLA 4.4


FACULTAD DE INGENIERÍA																													
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			LABORATORIO DE QUÍMICA																										
			FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICO PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS																										
HOJA DE ANÁLISIS																													
Manantial: Tlacotalpilco																													
Estado: HIDALGO	Municipio Ixmiquilpan	Fecha: 01-Abril-05																											
Conductividad: 500 μs		pH: 7.6																											
Temperatura: 50 °C																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Anión</th> <th>p.p.m (L)</th> <th>Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HCO₃⁻ Bicarbonato</td> <td>335.5</td> <td>7.164</td> </tr> <tr> <td>CO₃⁻ Carbonato</td> <td>145</td> <td>0.715</td> </tr> <tr> <td>SO₄⁻ Sulfato</td> <td>73.65</td> <td>0.766</td> </tr> <tr> <td>Cl⁻ Cloruro</td> <td>91.8675</td> <td>1.24</td> </tr> <tr> <td>NO₃⁻ Nitrato</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>NO₂⁻ Nitrito</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>PO₄⁻ Fosfato</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)	HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	335.5	7.164	CO ₃ ⁻ Carbonato	145	0.715	SO ₄ ⁻ Sulfato	73.65	0.766	Cl ⁻ Cloruro	91.8675	1.24	NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00	NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00	PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00	TOTAL		
Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	335.5	7.164																											
CO ₃ ⁻ Carbonato	145	0.715																											
SO ₄ ⁻ Sulfato	73.65	0.766																											
Cl ⁻ Cloruro	91.8675	1.24																											
NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00																											
NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00																											
PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00																											
TOTAL																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Catión</th> <th>p.p.m (L)</th> <th>Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Na⁺ Sodio</td> <td>59.30</td> <td>2.579</td> </tr> <tr> <td>K⁺ Potasio</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Ca⁺⁺ Calcio</td> <td>60.3124</td> <td>3.099</td> </tr> <tr> <td>Mg⁺⁺ Magnesio</td> <td>36.086</td> <td>2.967</td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺ Amonio</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Catión	p.p.m (L)	Meq/l (L)	Na ⁺ Sodio	59.30	2.579	K ⁺ Potasio		0.00	Ca ⁺⁺ Calcio	60.3124	3.099	Mg ⁺⁺ Magnesio	36.086	2.967	NH ₄ ⁺ Amonio		0.00	TOTAL								
Catión	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
Na ⁺ Sodio	59.30	2.579																											
K ⁺ Potasio		0.00																											
Ca ⁺⁺ Calcio	60.3124	3.099																											
Mg ⁺⁺ Magnesio	36.086	2.967																											
NH ₄ ⁺ Amonio		0.00																											
TOTAL																													

TABLA 4.5


FACULTAD DE INGENIERÍA																													
 VEEDERIDAD NACIONAL AVIPIPIA DE MEXICO	LABORATORIO DE QUÍMICA																												
FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEAS.																													
HOJA DE ANÁLISIS																													
Manantial: Maguey Blanco																													
Estado: HIDALGO	Municipio Ixmiquilpan	Fecha: 01-Abril-05																											
Conductividad: 660 m/c		pH: 6.9																											
Temperatura: 24° C																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Anión</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 40%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HCO₃⁻ Bicarbonato</td> <td>274.5</td> <td>6.719</td> </tr> <tr> <td>CO₃⁻ Carbonato</td> <td>205</td> <td>0.682</td> </tr> <tr> <td>SO₄⁻ Sulfato</td> <td>64.82</td> <td>0.674</td> </tr> <tr> <td>Cl⁻ Cloruro</td> <td>142.905</td> <td>1.933</td> </tr> <tr> <td>NO₃⁻ Nitrato</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>NO₂⁻ Nitrito</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>PO₄⁻ Fosfato</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)	HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	274.5	6.719	CO ₃ ⁻ Carbonato	205	0.682	SO ₄ ⁻ Sulfato	64.82	0.674	Cl ⁻ Cloruro	142.905	1.933	NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00	NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00	PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00	TOTAL		
Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	274.5	6.719																											
CO ₃ ⁻ Carbonato	205	0.682																											
SO ₄ ⁻ Sulfato	64.82	0.674																											
Cl ⁻ Cloruro	142.905	1.933																											
NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00																											
NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00																											
PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00																											
TOTAL																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Cación</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 40%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Na⁺ Sodio</td> <td>61.93</td> <td>2.694</td> </tr> <tr> <td>K⁺ Potasio</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>CA⁺⁺ Calcio</td> <td>185.6965</td> <td>2.89</td> </tr> <tr> <td>Mg⁺⁺ Magnesio</td> <td>50.038</td> <td>4.114</td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺ Amonio</td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Cación	p.p.m (L)	Meq/l (L)	Na ⁺ Sodio	61.93	2.694	K ⁺ Potasio		0.00	CA ⁺⁺ Calcio	185.6965	2.89	Mg ⁺⁺ Magnesio	50.038	4.114	NH ₄ ⁺ Amonio		0.00	TOTAL								
Cación	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
Na ⁺ Sodio	61.93	2.694																											
K ⁺ Potasio		0.00																											
CA ⁺⁺ Calcio	185.6965	2.89																											
Mg ⁺⁺ Magnesio	50.038	4.114																											
NH ₄ ⁺ Amonio		0.00																											
TOTAL																													

TABLA 4.6


FACULTAD DE INGENIERÍA																													
	LABORATORIO DE QUÍMICA																												
FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEAS.																													
HOJA DE ANÁLISIS																													
Manantial: El Tephé																													
Estado: HIDALGO	Municipio Ixmiquilpan	Fecha. 01-Abril-05																											
Conductividad : 720 μ c/s		pH: 7.1																											
Temperatura:36° C																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Anión</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 40%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HCO₃⁻ Bicarbonato</td> <td style="text-align: center;">390.4</td> <td style="text-align: center;">6.293</td> </tr> <tr> <td>CO₃⁻ Carbonato</td> <td style="text-align: center;">192</td> <td style="text-align: center;">0.639</td> </tr> <tr> <td>SO₄⁻ Sulfato</td> <td style="text-align: center;">70.09</td> <td style="text-align: center;">0.729</td> </tr> <tr> <td>Cl⁻ Cloruro</td> <td style="text-align: center;">86.35</td> <td style="text-align: center;">1.9</td> </tr> <tr> <td>NO₃⁻ Nitrato</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>NO₂⁻ Nitrito</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>PO₄⁻ Fosfato</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)	HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	390.4	6.293	CO ₃ ⁻ Carbonato	192	0.639	SO ₄ ⁻ Sulfato	70.09	0.729	Cl ⁻ Cloruro	86.35	1.9	NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00	NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00	PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00	TOTAL		
Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	390.4	6.293																											
CO ₃ ⁻ Carbonato	192	0.639																											
SO ₄ ⁻ Sulfato	70.09	0.729																											
Cl ⁻ Cloruro	86.35	1.9																											
NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00																											
NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00																											
PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00																											
TOTAL																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Cación</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 40%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Na⁺ Sodio</td> <td style="text-align: center;">53.60</td> <td style="text-align: center;">2.331</td> </tr> <tr> <td>K⁺ Potasio</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>CA⁺⁺ Calcio</td> <td style="text-align: center;">86.35</td> <td style="text-align: center;">4.311</td> </tr> <tr> <td>Mg⁺⁺ Magnesio</td> <td style="text-align: center;">47.729</td> <td style="text-align: center;">3.92</td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺ Amonio</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Cación	p.p.m (L)	Meq/l (L)	Na ⁺ Sodio	53.60	2.331	K ⁺ Potasio		0.00	CA ⁺⁺ Calcio	86.35	4.311	Mg ⁺⁺ Magnesio	47.729	3.92	NH ₄ ⁺ Amonio		0.00	TOTAL								
Cación	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
Na ⁺ Sodio	53.60	2.331																											
K ⁺ Potasio		0.00																											
CA ⁺⁺ Calcio	86.35	4.311																											
Mg ⁺⁺ Magnesio	47.729	3.92																											
NH ₄ ⁺ Amonio		0.00																											
TOTAL																													

TABLA 4.7



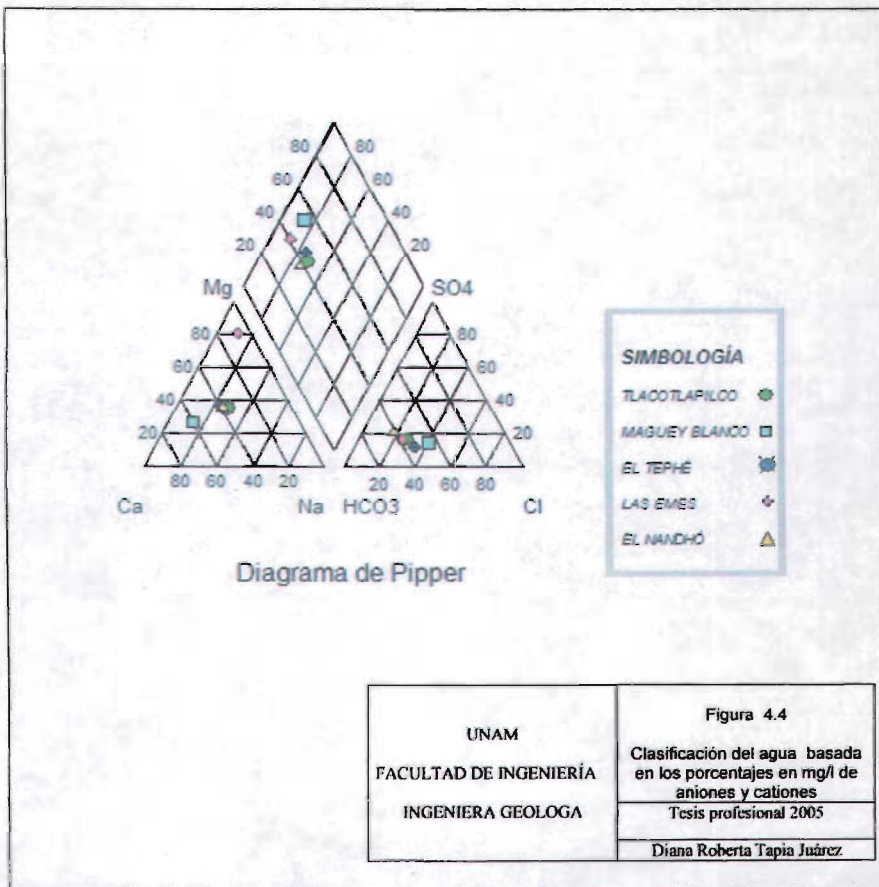
FACULTAD DE INGENIERIA																													
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	LABORATORIO DE QUIMICA																												
FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEAS.																													
HOJA DE ANÁLISIS																													
Manantial: Las Emes																													
Estado: HIDALGO	Municipio Ixmiquilpan	Fecha: 01-Abril-05																											
Conductividad 6100 μs		pH: 6.6																											
Temperatura: 22° C																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Anión</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 40%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HCO₃⁻ Bicarbonato</td> <td style="text-align: center;">300.93</td> <td style="text-align: center;">0.3146</td> </tr> <tr> <td>CO₃⁻ Carbonato</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>SO₄⁻ Sulfato</td> <td style="text-align: center;">71.51</td> <td style="text-align: center;">0.714</td> </tr> <tr> <td>Cl⁻ Cloruro</td> <td style="text-align: center;">73.49</td> <td style="text-align: center;">0.442</td> </tr> <tr> <td>NO₃⁻ Nitrato</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>NO₂⁻ Nitrito</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>PO₄⁻ Fosfato</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)	HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	300.93	0.3146	CO ₃ ⁻ Carbonato	0.00	0.00	SO ₄ ⁻ Sulfato	71.51	0.714	Cl ⁻ Cloruro	73.49	0.442	NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00	NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00	PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00	TOTAL		
Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	300.93	0.3146																											
CO ₃ ⁻ Carbonato	0.00	0.00																											
SO ₄ ⁻ Sulfato	71.51	0.714																											
Cl ⁻ Cloruro	73.49	0.442																											
NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00																											
NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00																											
PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00																											
TOTAL																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Cation</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 40%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Na⁺ Sodio</td> <td style="text-align: center;">60.81</td> <td style="text-align: center;">2.645</td> </tr> <tr> <td>K⁺ Potasio</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>Ca⁺⁺ Calcio</td> <td style="text-align: center;">28.569</td> <td style="text-align: center;">1.583</td> </tr> <tr> <td>Mg⁺⁺ Magnesio</td> <td style="text-align: center;">184.758</td> <td style="text-align: center;">0.347</td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺ Amonio</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Cation	p.p.m (L)	Meq/l (L)	Na ⁺ Sodio	60.81	2.645	K ⁺ Potasio		0.00	Ca ⁺⁺ Calcio	28.569	1.583	Mg ⁺⁺ Magnesio	184.758	0.347	NH ₄ ⁺ Amonio		0.00	TOTAL								
Cation	p.p.m (L)	Meq/l (L)																											
Na ⁺ Sodio	60.81	2.645																											
K ⁺ Potasio		0.00																											
Ca ⁺⁺ Calcio	28.569	1.583																											
Mg ⁺⁺ Magnesio	184.758	0.347																											
NH ₄ ⁺ Amonio		0.00																											
TOTAL																													

TABLA 4.8

FACULTAD DE INGENIERIA																																																		
 <p style="font-size: small; text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>	LABORATORIO DE QUIMICA																																																	
FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEAS.																																																		
HOJA DE ANÁLISIS																																																		
Manantial: Nandhó																																																		
Estado: HIDALGO	Municipio Ixmiquilpan	Fecha. 01-Abril-05																																																
Conductividad: 580 μs .		pH: 7.4																																																
Temperatura: 20° C																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Anión</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 20%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HCO₃⁻ Bicarbonato</td> <td style="text-align: center;">192.5</td> <td style="text-align: center;">4.78</td> </tr> <tr> <td>CO₃⁻ Carbonato</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>SO₄⁻ Sulfato</td> <td style="text-align: center;">44.37</td> <td style="text-align: center;">0.462</td> </tr> <tr> <td>Cl⁻ Cloruro</td> <td style="text-align: center;">23.664</td> <td style="text-align: center;">0.663</td> </tr> <tr> <td>NO₃⁻ Nitrato</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>NO₂⁻ Nitrito</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>PO₄⁻ Fosfato</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Cación</th> <th style="width: 20%;">p.p.m (L)</th> <th style="width: 20%;">Meq/l (L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Na⁺ Sodio</td> <td style="text-align: center;">50.49</td> <td style="text-align: center;">2.196</td> </tr> <tr> <td>K⁺ Potasio</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>CA⁺⁺ Calcio</td> <td style="text-align: center;">31.743</td> <td style="text-align: center;">1.425</td> </tr> <tr> <td>Mg⁺⁺ Magnesio</td> <td style="text-align: center;">17.3210</td> <td style="text-align: center;">1.519 0.00</td> </tr> <tr> <td>NH₄⁺ Amonio</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TOTAL</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)	HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	192.5	4.78	CO ₃ ⁻ Carbonato	0.00	0.00	SO ₄ ⁻ Sulfato	44.37	0.462	Cl ⁻ Cloruro	23.664	0.663	NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00	NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00	PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00	TOTAL			Cación	p.p.m (L)	Meq/l (L)	Na ⁺ Sodio	50.49	2.196	K ⁺ Potasio		0.00	CA ⁺⁺ Calcio	31.743	1.425	Mg ⁺⁺ Magnesio	17.3210	1.519 0.00	NH ₄ ⁺ Amonio			TOTAL		
Anión	p.p.m (L)	Meq/l (L)																																																
HCO ₃ ⁻ Bicarbonato	192.5	4.78																																																
CO ₃ ⁻ Carbonato	0.00	0.00																																																
SO ₄ ⁻ Sulfato	44.37	0.462																																																
Cl ⁻ Cloruro	23.664	0.663																																																
NO ₃ ⁻ Nitrato		0.00																																																
NO ₂ ⁻ Nitrito		0.00																																																
PO ₄ ⁻ Fosfato		0.00																																																
TOTAL																																																		
Cación	p.p.m (L)	Meq/l (L)																																																
Na ⁺ Sodio	50.49	2.196																																																
K ⁺ Potasio		0.00																																																
CA ⁺⁺ Calcio	31.743	1.425																																																
Mg ⁺⁺ Magnesio	17.3210	1.519 0.00																																																
NH ₄ ⁺ Amonio																																																		
TOTAL																																																		

b) CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DEDUCIDAS DE LOS DIAGRAMAS DE PIPPER.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los datos de los análisis químicos interpretados por el software AcuaChem 3.7, es posible señalar que las aguas analizadas de los manantiales Tlacotalpilco, Maguey Blanco, El Tephé y El Nandhó corresponden al tipo genético Cálctica-magnésica (sódica, carbonatada y bicarbonatada respectivamente), la correspondiente al manantial Las Emes es Magnésica- bicarbonatada (Figura 4.4).



Los tipos de agua tienen relación en este caso con rocas sedimentarias carbonatadas pertenecientes a la Formación el Doctor que es la mayor zona de recarga, dicha roca se encuentra al Norte de la zona de estudio; sin embargo también existen zonas de recarga en rocas ígneas como en el Cerro Juárez (traquita), Cerro el Banxhú (sienita).

Se deducen tres flujos subterráneos naturales que van de Norte a Sur uno es por rocas calizas que brotan hasta Ixmiquilpan un ejemplo es el manantial Magüey Blanco que surge a 1800 m en rocas calizas de la Formación el Doctor, su contenido en sodio del agua es resultado de la contaminación por el contacto con rocas ígneas del terciario, el segundo atraviesa rocas pertenecientes a la secuencia volcánica Terciaria de acuerdo a el nivel estático de los Pozos Baxhuada, La Palma y El Dexthí y brotan en el manantial El Nandhó del Municipio de Tasquillo. El tercer tiene origen en rocas carbonatadas su flujo se manifiesta en los basaltos del Cuaternario en los manantiales Tlacotalpilco y el Tephé del Municipio de Ixmiquilpan que surgen en basaltos.

Del estudio de los análisis químicos de las aguas subterráneas se concluye que la concentración de aniones y cationes disueltos, ubican a los manantiales censados dentro de un mismo origen.

4.3 MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.

Es importante mencionar que el término de modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico es una representación simplificada de la realidad física, que intenta explicar el comportamiento de los parámetros que actúan en el flujo de agua subterránea. Debido a que estos sistemas físicos están caracterizados por una gran complejidad de fenómenos integrados, los modelos conceptuales que resulten de tales estudios, siempre serán menos complejos que el mismo sistema real al que representan; sin embargo, el modelo que se proponga procurará explicar de manera más fiel y convincente, el comportamiento de todos o algunos de los aspectos que están influyendo en el sistema físico.

Para representar el flujo del agua subterránea en dos secciones esquemáticas se consideró la información de las concentraciones de iones de los cinco manantiales, el corte litológico y el nivel del pozo La Palma, todo esto junto con la estratigrafía y la geología estructural.

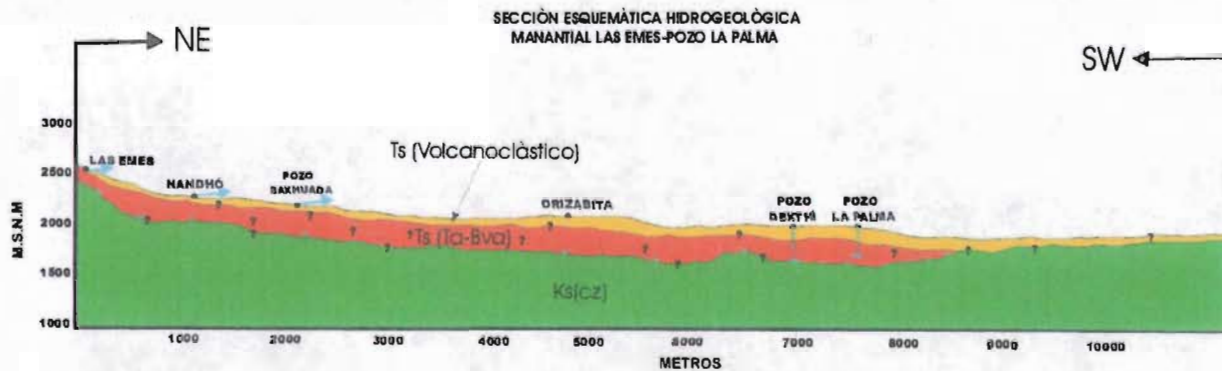
La sección hidrológica esquemática Las Emes - La Palma de rumbo NE-SW, muestra el sitio donde brota el manantial Las Emes; casi toda la sección cruza a la Formación Tarango. A partir de la información de los pozos censados el Dexthí, Baxhuada y La Palma se infiere una secuencia volcánica que sobreyace discordantemente a la Formación el Doctor (Figura 4.5). Se interpreta un flujo de agua que atraviesa las rocas volcánicas y que es del tipo local en un acuífero semiconfinado heterogéneo.

La sección Ixmiquilpan-Maguey Blanco N-S, donde se encuentran los manantiales Dios Padre, El Tephé y Maguey Blanco, muestra la misma litología que la sección Las Emes – La Palma, presentan flujo de local en rocas volcánicas e intermedio en las rocas calizas de la Formación Doctor (Figura 4.6).

Finalmente integrando todo la información de este trabajo se trató de crear el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico.

Las rocas carbonatadas encontradas en la zona de estudio pertenecen a la Formación El Doctor. Este tipo de secuencia constituyen acuíferos heterogéneos con respecto a sus características hidráulicas debidas al fracturamiento y gran desarrollo kárstico; esto le confiere una alta capacidad de infiltración y elevada permeabilidad, en general su capacidad transmisora es alta, como lo demuestran los manantiales generados por su descarga como ocurre con el manantial Maguey Blanco y la distribución de una gran parte de la población cercana al mismo.

Dentro de las rocas ígneas hay un grupo que puede formar acuíferos principalmente por fracturamiento que le ocasiona mayor permeabilidad y mejora la transmisibilidad. Dicho grupo se compone de tobas e ignimbritas de la Toba de Don Guíno (Segerstrom, 1961) y por consecuencia de rocas piroclásticas y derrames volcánico de composición dacítica y andesíticas pertenecientes a la Formación Zumate, así como la unidad correspondiente a los Basaltos Cuaternarios.



La figura muestra el flujo del agua a través de las diferentes secuencias litológicas

LEYENDA

- Ks(cz) Aluvión, gravas, arenas, arcillas, cenizas, lavas, brechas, corales, basaltos, conglomerados y depósitos de las erupciones de estratos de estos materiales.
- Ts (la-Bva) Depósitos de origen volcánico, volcánicos lavas y lavas, con intercalaciones de tóbas, pedregos y cenizas, de lavas.
- Ts (Volcanoclastico) Brechas, lavas, tóbas, lavas, cenizas, lavas, fragmentos de composición silíceas, andaluz y perlas, basaltos.
- Ts (Volcanoclastico) Brechas, lavas, tóbas, lavas, cenizas, lavas, fragmentos de composición silíceas, andaluz y perlas, basaltos.
- Ks(cz) Brechas, lavas, tóbas, lavas, cenizas, lavas, fragmentos de composición silíceas, andaluz y perlas, basaltos.

La Formación Tarango es la unidad que cubre mayor área en la zona de estudio. Forma un acuífero muy heterogéneo y de transmisividad media a baja con una permeabilidad no uniforme, lo cual no permite una buena infiltración del agua de lluvia que constituye una recarga para el acuífero.

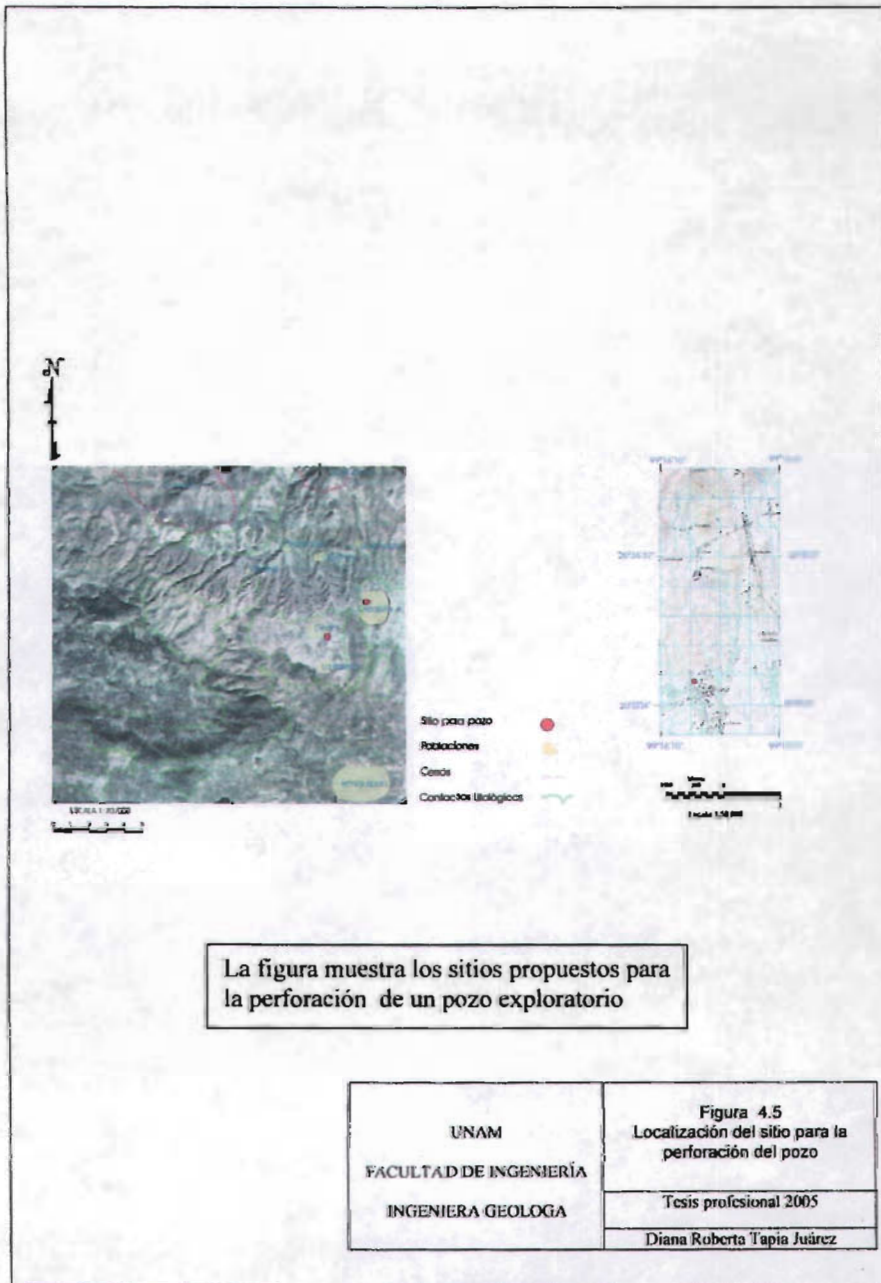
También se tiene material constituido por aluvión de origen fluvial y por aluviones de material clástico, con lentes locales de ceniza volcánica y calizas lacustres. Estos depósitos afloran principalmente en algunos tramos del cauce del Río Tula, así como en los alrededores de la población de Ixmiquilpan. Su permeabilidad se considera elevada, constituyen acuíferos de reducida extensión y espesor, funcionan como fuentes de recarga de la Formación Tarango.

4.4 LOCALIZACIÓN DE SITIO PARA POZOS.

De acuerdo a la caracterización hidrogeológica se concluyó que los mejores sitios para la perforación de un pozo exploratorio se encuentran, uno dentro del poblado de Orizabita con coordenadas 14Q 478872 UTM 2276116 y otro de coordenadas 14Q. 0475789 UTM 22776586, en el poblado del Dexthí (Figura 4.5). El primero según las secciones hidrogeológicas se sugiere llevar a cabo una perforación exploratoria de 500 m para alcanzar el nivel del agua a 300 m y el segundo de 400 m para alcanzar el nivel del agua a 300 m y dar espacio a una columna de acuífero de 100 m para ambos. En este sitio según se infiere de las secciones hidrogeológicas esquemáticas, se pretende interceptar el flujo en las rocas pertenecientes a la secuencia volcánica.

Las características geohidrológicas en las cuales se basaron los estudios para decidir la mejor ubicación son: se interpretó a la secuencias litológicas de media a alta porosidad, lo que hace que no haya corrientes superficiales significativas y el acuífero tenga una mayor recarga en las zonas altas a través de fracturas en las secuencias volcánicas que son un transmisor hacia el nivel estático; se espera que con la dirección de flujo subterráneo deducida de Norte a Sur, que el volumen almacenado a profundidad sea mayor hacia las zona Sur; debido a que la mayor área que aflora de la zona de estudio esta conformada por la Formación Tarango presenta menos fracturamiento, por lo que la medición de datos estructurales, relacionados con los rumbos y buzamientos de fallas y fracturas, para obtener un análisis cuantitativo y obtener una orientación preferencial de dichas discontinuidades no se consideró para ubicar dentro de un marco estructural al sitio de la perforación del pozo.

En la región predomina un clima que no propicia suficientes precipitaciones al año para producir una recarga regional del acuífero que permita almacenar y tener suficiente agua, sino que influyen diferentes factores como las características fisiográficas, permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación, el flujo no es homogéneo. Debido a que esta zona desde el punto de vista económico depende de la agricultura por que no se tiene fuentes de trabajo suficientes, nos podemos dar cuenta la importancia que debe tener un pozo en ese Municipio tomando en cuenta las necesidades de abasto de agua potable.



CONCLUSIONES

Con la información disponible y de los resultados que integran el presente estudio se concluye:

1 En las rocas calcáreas se establece un flujo de agua subterránea de Norte a Sur. El nivel del agua en estas rocas tiene una profundidad mínima de 300 m y esta situado en el contacto de las rocas ígneas cenozoicas y las calizas mesozoicas.

2 El agua subterránea en la secuencia calcárea aflora en el sitio Maguey Blanco. El caudal descargado es de 150 lps.

3 En la secuencia volcánica descarga el manantial Nandhó. Además se infiere los pozos Dexthí y La Palma, que cortan el nivel del agua subterránea en la misma secuencia volcánica.

4 En las rocas basálticas (recientes) circula un flujo intermedio a regional (agua caliente), cuya manifestación es el manantial Dios Padre, Tephé y Tlacotlapilco .

5 Los análisis químicos interpretados por el programa de cómputo AcuaChem versión 3.7, permiten concluir que el agua de los manantiales Tlacotlapilco, Maguey Blanco, El Tephé y El Nandhó corresponden al tipo genético Cálctica-magnésica-sódica, carbonatada y Cálctica-magnésica-bicarbonatada respectivamente, la correspondiente al manantial Las Emes es Magnésica- bicarbonatada

6 Se deducen tres flujos de agua, uno a través de calizas, el segundo atraviesa rocas de la secuencia volcánica cenozoica, el tercer flujo se localiza en rocas basálticas del Cuaternario.

7 Existen zonas de recarga en rocas ígneas como en el Cerro Juárez (traquita), Cerro el Banxhú (sienita), y en rocas carbonatadas principalmente en las Calizas de la Formación el Doctor.

8 El agua se mueve de manera altamente heterogénea en un medio anisótropo, en que los volúmenes que transitan varía de un punto a otro, por lo que es muy difícil trazar una red de flujo.

9 Con base en los resultados obtenidos se propone la perforación de un pozo exploratorio de 450 m para el poblado el Dexthí y de 500 para la comunidad Orizabita.

RECOMENDACIONES

1 Que los interesados tomando como base este informe, soliciten la perforación de un pozo entreguen este informe a La CNA, considerando que hace falta complementarlo con datos geofísicos y la interpretación de dichos datos.

2 Se recomienda hacer una exploración geofísica con métodos eléctricos en la zona estudiada, se sugiere para dicho levantamiento el sitio con coordenadas 14Q 0478872 y UTM 2276116, en dirección E-W en el poblado Orizabita, otro sitio es entre los poblados El Dexthí y La palma con coordenadas 14Q 475789 UTM 2273586 en dirección N-E.

3 Se recomienda complementar en mucho los análisis químicos del agua para determinar si cumple con los parámetros previstos en la Norma Oficial Mexicana No 127, para calidad de agua potable.

4 Se recomienda el uso de un trazador idóneo para confirmar la dirección que tiene el agua subterránea en la zona de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Alarcón-Parra, S. 1998, **"Estudio Geológico Efectuado para Determinar las Causas que Provocan la Inestabilidad de las Laderas del Cerro donde se Asienta la Población de Metztlán, Estado de Hidalgo."** UNAM, Facultad de Ingeniería. Tesis profesional (inédita), 21-58 p.

Cortés-Rodríguez, M. A. 1986, **"Estudio Geológico de la Carta Ixmiquilpan F-14-C-79, En su Porción Noreste. Estado de Hidalgo."** UNAM, Facultad de Ingeniería. Tesis profesional (inédita), 18-29 p.

Carranza-Castañeda, Oscar.,1994, **"Late Tertiary equidis from the State of Hidalgo, México."** UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 11, núm.1. p.53.

Del Arenal, R.1978, **"Carta Hidrogeológica del Área de Actopan-Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo."** UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 2, núm.1. p.98-103.

Del Arenal R.1985, **"Estudio Hidrogeoquímico de la Porción Centro-Oriental del Valle del Mezquital, Hidalgo"** UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 6, núm.1. p.86-97.

Facultad de Ingeniería, UNAM, 1989, **"Informe Geológico Prospecto Zimapán"** Facultad de Ingeniería, Área Zimapán, realizada para Petróleos Mexicanos, inédito.

Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica, 2002, **"Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo"**. Comisión Nacional del Agua, Subgerencia de Aguas Subterráneas.

Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica, 2002, **"Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo"** Comisión Nacional del Agua, Subgerencia de Aguas Subterráneas.

Gerencia Estatal Hidalgo, Subgerencia de Ingeniería Infraestructural Hidráulica, 2001, **"Estudio Geohidrológico del Valle de San Salvador Atocpan Hidalgo"** Comisión Nacional del Agua, Normas y Control de Causas. P. 101-123,135.

Gerencia Estatal Hidalgo, Subgerencia de Ingeniería Infraestructural Hidráulica, 2001, "**Estudio Geológico Geofísico de la comunidad La Palma de San Juanico, Municipio Ixmiquilpan Hidalgo**". Comisión Nacional del Agua, Normas y Control de Causas. P. 8-12, 21-22.

Hernández-Laloth, N. 1991, "**Modelo Conceptual de Funcionamiento Hidrodinámico del Sistema Acuífero del Valle de León, Guanajuato.**" UNAM, Facultad de Ingeniería. Tesis de Ingeniero Geólogo (inédita), 59-113 p.

Huízar-Álvarez, R. 2001, "**Evaluación Hidrogeológica de la Subcuenca de Tecocomulco, Estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, México**" UNAM, Instituto de Geología. Revista de Ciencias Geológicas. Vol 18, núm.1. p.55-73.

Huízar-Álvarez, R., Campos-E., O., Mitre-Salazar, L. M., Alatriste V., David., Mendez G., Teodoro y Juárez S. Faustino, 2001, "**Hidrogeología de la Subcuenca de Apan-Tóchac, Estados de Hidalgo y Tlaxcala, México**" UNAM, Instituto de Geología y Sociedad Geológica de México. Revista de Ciencias Geológicas. Vol 16, núm.2. p.217-229.

Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI). 1991, "**Carta Geológica Escala 1:250 000**".

Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI). 2001, "**Carta Topográfica Escala 1:150 000**".

Monografía Geológico-Minera del Estado de Hidalgo. 2000, Consejo de Recursos Minerales (COREMI).

Mora-Álvarez, G. 1986, "**Geología de la Porción Sureste de la Carta Ixmiquilpan F-14-C-79.**" UNAM, Facultad de Ingeniería. Tesis de Ingeniero Geólogo (inédita). p14-65.

Ochoa-Camarillo, H. R. 1998, "**Contribución al conocimiento de la bioestratigrafía, paleoecología y tectónica del Jurásico (anticlinorio de Huayacocotla) en la región de Molango Hidalgo, México.**" UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 15, núm.1. p.57.

Palacio-Prieto, José Luis.1994. **"Variabilidad y distribución espaciales de algunos parámetros físicos y químicos del suelo en el distrito de riego 03, Estado de Hidalgo, México. Parte 1 y 2."** UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 11, núm.1. p.62-68.

Silva-Mora, L.1997, **"Geología volcánica y carácter químico preliminar de las rocas de la región Tula- polotitlan, edos de Hidalgo y Querétaro, México."** UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 14, núm.1. p.50.

Silva-Mora, L.1996, **"Vulcanismo explosivo al norte y el oeste de la ciudad de Tula edo. de Hidalgo, México."** UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 13, núm.1. p.52.

Suter, Max.1980, **"Tectonics of the external part of the Sierra Madre Oriental foreland thrust-and kuld belt between Xilitla and Moctezuma River (Hidalgo and San Luis Potosí States)."** UNAM, Instituto de Geología. Revista. Vol 13, núm.1. p.52.

Stanley N. D. Roger J.M. de Wiest, 1971**"Hidrogeología"** Ediciones Ariel, Barcelona. p. 455-474.

<http://tierra.rediris.es/hidrared/ebooks/sequia/t-cap06.htm/>.

ANEXO

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS MANANTIALES

SampleID : 1
 Location : Tlacotlapilco
 Site : Ixmiquilpan
 Sampling Date : 17/03/1626
 Geology : Ixmiquilpan
 Watertype : Ca-Mg-Na-HCO3-CO3-Cl

Sum of Anions (meq/l) : 14,5502
 Sum of Cations (meq/l) : 8,3116
 Balance: : -27,29%

Calculated TDS(mg/l) : 450,6

Hardness	meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	5,98	29,89	16,74	298,9
Permanent hardness	0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	5,98	29,89	16,74	298,9
Alkalinity	10,33	51,66	28,93	516,6

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	53,65	2,334	2,334	8,748
K +	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca++	60,312	1,505	3,01	13,122
Mg++	36,08	1,484	2,968	8,748
Cl-	91,868	2,591	2,591	8,748
SO4--	78,14	0,813	1,627	4,374
HCO3-	335,5	5,499	5,499	21,871

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1,672	1,014	0.319	0.194
Ca/SO4	0,772	1,85	0.152	0.364
Na/Cl	0,584	0,901	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	136,517	2,3336
Dolomite (CaMg(CO3)2)	127,271	0,691
Anhydrite (CaSO4)	110,796	0,813

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS MANATIALES.

SampleID : 2
 Location : Maguey Blanco
 Site : Ixmiquilpan
 Sampling Date : 17/03/1626
 Geology : Ixmiquilpan
 Watertype : Ca-Mg-CO3-HCO3-Cl

Sum of Anions (meq/l) : 16,7818
 Sum of Cations (meq/l) : 15,4678
 Balance: : -4,07%

Calculated TDS(mg/l) : 974,2

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 13,38	66,91	37,47	669,1
Permanent hardness	: 2,05	10,26	5,74	102,6
Temporary hardness	: 11,33	56,66	31,73	566,6
Alkalinity	: 11,33	56,66	31,73	566,6

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/1 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	47,93	2,085	2,085	6,202
K +	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca++	185,697	4,633	9,266	27,907
Mg++	50,038	2,058	4,117	12,403
Cl-	142,905	4,031	4,031	12,403
SO4--	68,16	0,71	1,419	3,101
HCO3-	274,5	4,499	4,499	12,403

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	3,711	2,251	0.319	0.194
Ca/SO4	2,724	6,529	0.152	0.364
Na/Cl	0,335	0,517	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 121,962	2,0848
Carbonate (CaCo3)	: 186,71	1,8671
Dolomite (CaMg(CO3)2):	378,939	2,058
Anhydrite (CaSO4)	: 96,646	0,71

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS MANANTIALES

SampleID : 3
 Location : El Tephé
 Site : Ixmiquilpan
 Sampling Date : 17/03/1626
 Geology : Ixmiquilpan
 Watertype : Ca-Mg-HCO3-CO3-Cl

Sum of Anions (meq/l) : 18,1528
 Sum of Cations (meq/l) : 10,8624
 Balance: : -25,13%

Calculated TDS(mg/l) : 607,1

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 8,24	41,18	23,06	411,8
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 8,24	41,18	23,06	411,8
Alkalinity	: 12,8	63,99	35,84	639,9

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	60,39	2,627	2,627	6,893
K +	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca++	86,35	2,154	4,309	13,786
Mg++	47,729	1,963	3,927	10,339
Cl-	140,456	3,962	3,962	10,339
SO4--	66,89	0,696	1,393	3,446
HCO3-	390,4	6,399	6,399	20,679

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1,809	1,097	0.319	0.194
Ca/SO4	1,291	3,094	0.152	0.364
Na/Cl	0,43	0,663	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 153,667	2,6268
Dolomite (CaMg(CO3)2)	: 268,432	1,458
Anhydrite (CaSO4)	: 94,845	0,696

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS MANANTIALES

SampleID : 4
 Location : Las Emes
 Site : Tasquillo
 Sampling Date : 17/03/1626
 Geology : Ixmiquilpan
 Watertype : Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 8,3551
 Sum of Cations (meq/l) : 18,7789
 Balance: : 38,42%

Calculated TDS(mg/l) : 702,0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 16,63	83,13	46,55	831,3
Permanent hardness	: 11,69	58,47	32,74	584,7
Temporary hardness	: 4,93	24,66	13,81	246,6
Alkalinity	: 4,93	24,66	13,81	246,6

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/1 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	49,5	2,153	2,153	7,371
K +	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca++	28,569	0,713	1,426	3,685
Mg++	184,758	7,6	15,2	55,281
Cl-	73,49	2,073	2,073	7,371
SO4--	64,82	0,675	1,35	3,685
HCO3-	300,93	4,933	4,933	14,742

Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	0,155	0,094	0.319	0.194
Ca/SO4	0,441	1,056	0.152	0.364
Na/Cl	0,674	1,039	0.556	0.858

Dissolved Minerals:

	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 121,264	2,0729
Dolomite (CaMg(CO3)2):	6,993	0,038
Anhydrite (CaSO4)	: 91,91	0,675

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS MANATIALES

SampleID : 5
 Location : Nandhó
 Site : Tasquillo
 Sampling Date : 17/03/1626
 Geology : Ixmiquilpan
 Watertype : Ca-Mg-Na-HCO₃-SO₄

Sum of Anions (meq/l) : 5,1712
 Sum of Cations (meq/l) : 4,0494
 Balance: : -12,17%

Calculated TDS(mg/l) : 214,9

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness	: 3,01	15,04	8,43	150,4
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 3,01	15,04	8,43	150,4
Alkalinity	: 3,2	16,00	8,96	160,0

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	23,92	1,04	1,04	10,845
K +	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca++	31,743	0,792	1,584	10,845
Mg++	17,321	0,713	1,425	10,845
Cl-	32,66	0,921	0,921	0,0
SO ₄ --	50,45	0,525	1,05	10,845
HCO ₃ -	195,2	3,2	3,2	32,536

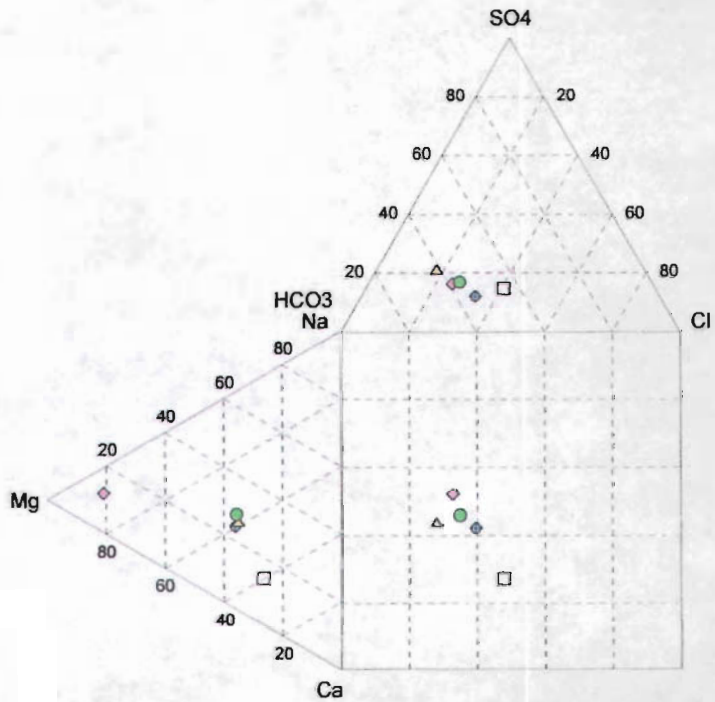
Ratios

	mg/l	mmol/l	Comparison to Seawater	
			mg/l	mmol/l
Ca/Mg	1,833	1,112	0.319	0.194
Ca/SO ₄	0,629	1,508	0.152	0.364
Na/Cl	0,732	1,129	0.556	0.858


Dissolved Minerals:

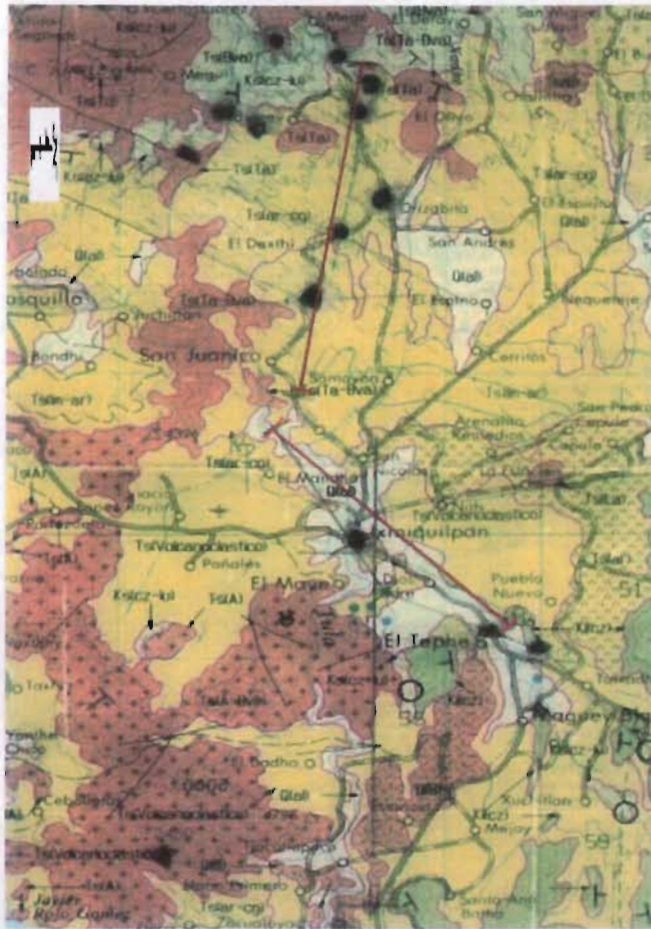
	mg/l	mmol/l
Halite (NaCl)	: 53,891	0,9212
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂):	49,114	0,267
Anhydrite (CaSO ₄)	: 71,534	0,525

DIAGRAMA DE DUROV DE LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADA DE LOS MANANTIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO



SIMBOLOGÍA

- TLACOTALPILOO 
- MAGÜEY BLANCO 
- EL TEPHE 
- LAS EMES 
- EL NANDÓ 



LEYENDA

- | | |
|--|--|
| | Aluón, ligeros cenizas volcánicas, derrames lávicos, brechas, coladas lacustres, conglomerados y depósitos de arena intercalaciones desmenuzadas de estos materiales |
| | Depósitos de origen continental, clásticos aluviales y lacustres, con intercalaciones de lavas, brechas y corrientes de basalto |
| | Rocas volcánicas: lavas ácidas, derrames dacíticos, ignimbritas de composición félsicas, andesitas y derrames basálticos |
| | Serie ítmica pelítico-calabrea |
| | Rocas calcáreas marinas en facies diferentes |

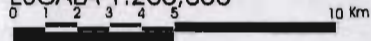
ESTRUCTURAS

- ECHADOS DE 0° A 10°
- DE 10° A 80°
- ECHADOS DE 80° A 90°
- FALLA NORMAL
- FALLA INVERSA
- FRACATURA

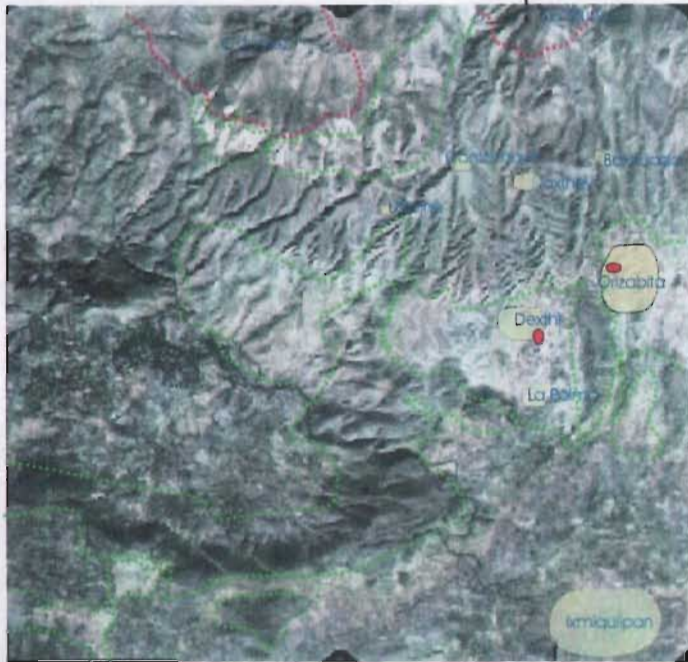
SITOS DE INTERES

- LOCALIDAD DE REFERENCIA
- MINA
- MANANTIAL
- DIRECCIÓN DE LAS SECCIONES

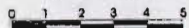
ESCALA 1:250,000



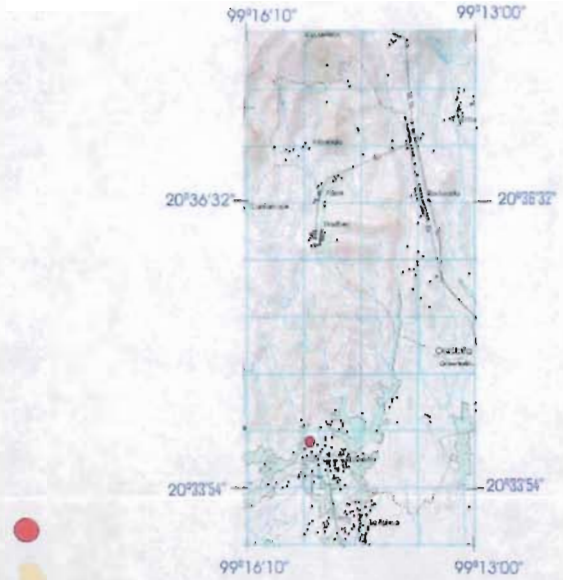
MAPA GEOLOGICO

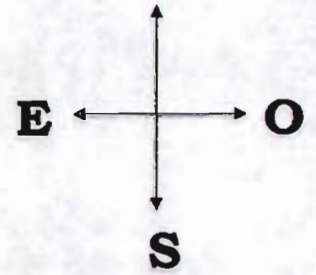


ESCALA 1:70,000



- Sitio para pozo
- Poblaciones
- Cerros
- Contactos Litológicos





Cuenca Hidrológica
