

2ej. 34



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**"EVALUACION DE LA INFORMACION GEOHIDRO-  
LOGICA DEL AREA DE GUADALAJARA JALISCO"**

**T E S I S**  
Que para obtener el Título de  
**I N G E N I E R O   G E O L O G O**  
P r e s e n t a

**ALEJANDRO DE VARGAS ROMERO**



**México, D. F. 1984**



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.

## I N D I C E

PREFACIO.....	1
INDICE.....	3
I. I N T R O D U C C I O N .	
1.1. Objetivo del Estudio.....	6
1.2. Metodo de Trabajo.....	8
II. G E N E R A L I D A D E S .	
2.1. Localización y Comunicaciones.....	10
2.2. Hidrografia.....	11
2.3. Clima.....	12
2.4. Vegetación.....	13
2.5. Importancia de la Región.....	13
III. G E O L O G I A .	
3.1. Fisiografia.....	15
3.2. Geomorfología.....	15
3.3. Estratigrafía.....	18
3.4. Geología Histórica.....	28
3.5. Tectónica.....	30
3.6. Manifestaciones Geotérmicas.....	33

IV. GEOHIDROLOGIA .	
4.1.Unidades Geomorfológicas.....	36
4.2.Recarga y Descarga de los Acuíferos...	45
4.3.Aguas Subterráneas.....	46
4.4.Unidades Geohidrológicas.....	47
4.5.Parteaguas Hidrodinámicos.....	53
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
5.1. ....	55
BIBLIOGRAFIA.....	58



FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección  
60-I-208

Señor VARGAS ROMERO ALEJANDRO DE.  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Prof. Ing. - Claudio Molina Torres, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO GEOLOGO.

"EVALUACION DE LA INFORMACION GEOHIDROLOGICA DEL AREA DE GUADALAJARA, JAL."

- INDICE.
- I INTRODUCCION.
  - II GENERALIDADES.
  - III GEOLOGIA.
  - IV GEOHIDROLOGIA.
  - V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar -- Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como -- requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así -- como de la disposición de la Coordinación de la Administración -- Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los -- ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., 13 de octubre de 1983.  
EL DIRECTOR

*Dr. Octavio A. Rascón Chávez*  
Dr. Octavio A. Rascón Chávez

*ml*  
OARCH!MRV!gtg

6  
EVALUACION DE LA INFORMACION GEOHIDROLOGICA  
DEL AREA DE GUADALAJARA JAL .

1. INTRODUCCION

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

La vida del hombre y cualquier actividad que desempeñe, esta ligada al suministro del agua, esta necesidad aumenta proporcionalmente al incremento de sus actividades. En esto estriba la importancia del estudio de la distribución, usos , comportamiento etc. de este vital recurso natural, sobre todo en una región como la de Guad alajara y sus alrededores, de creciente desarrollo urbano, industrial y agrícola.

Debe tomarse en cuenta que para un estudio - de la magnitud que la importancia de la región requiere, es necesaria la observación sistemática con respecto al - tiempo de los aprovechamientos de agua, tanto superficial como subterránea, así como de un estudio a detalle de las características geohidrológicas a profundidad. Todo lo anterior se obtiene mediante personal, equipo y amplios - recursos, por lo que la información existente es limitada; no obstante , esta información dispersa en varias obras es básica para planear futuros estudios.

El objetivo de la presente tesis es: A partir de la interpretación integral de la información disponible, descifrar el comportamiento geohidrológico del área, así como mostrar el conocimiento actual del uso , - exploración y explotación del recurso natural agua en

esta región; descifrando el comportamiento geohidrológico general del área. Para esto se buscará definir cuáles son las principales unidades litológicas permeables e impermeables y su funcionamiento, ya sea el de acuíferos o el de barreras y confinantes del agua subterránea. También será importante definir los parteaguas hidrodinámicos, así como las principales direcciones de flujo subterráneo en base a la información de los censos de pozos existentes.

Con lo anterior se estima dar una visión general, del conocimiento, distribución y comportamiento del agua en esta región.

## 1.2. MÉTODO DE TRABAJO:

Primera mente se compiló la información disponible, la cual consistió en:

- Juego de cartas topográficas, geológicas e hidrológicas del área, escalas 1:50 000 y 1:250 000, editadas por la Dirección general de Geografía del territorio Nacional SPP
- Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco de la SPP.
- Boletines Hidrológicos 24, 25 y 41 de la SARH.
- Geohidrología de los valles de Atemajac, Tesistán, Ameca, Ahualulco y San Marcos, Jal. de la SARH.
- Atlas del Agua de la SARH.

Además de observaciones de campo llevadas a cabo por el autor.

Una vez compilada la información anterior, se estudió para comprender el alcance de cada información y como se podían interrelacionar los datos de una fuente con la otra, hasta visualizar la información útil disponible para los propósitos geohidrológicos.

A continuación se procedió a interpretar las cartas, en función de las unidades de roca, su permeabilidad, su relación estratigráfica, sus estructuras y su grado de continuidad a profundidad, para tener un primer acercamiento hacia la definición de las rutas susceptibles a seguir por el agua subterránea, así como la posibilidades de recarga de los acuíferos.

Se efectuó también un recorrido de campo, con el fin de observar de primera mano, aspectos geológicos, geomorfológicos, fisiográficos, etc.



A partir de los censos de pozos existentes en la región, se elaboró el plano con la información de curvas piezométricas que da la pauta para deducir las direcciones de flujo subterráneas.

En base a sus características geohidrológicas, se subdividió el área en unidades de comportamiento geohidrológico similar.

Mediante este procedimiento de reinterpretación de los datos disponibles, se estima dar un panorama respecto a las condiciones naturales en que se encuentra el agua así como del comportamiento geohidrológico en el área de estudio, contribución básica que permitirá planear estudios de detalle y aprovechamientos futuros.

## II.- GENERALIDADES.

### 2.1. LOCALIZACION Y COMUNICACIONES:

El área de estudio tiene por límites las siguientes coordenadas: 20°00' y 21°00' de latitud norte y 104°00' a 103°45' de longitud oeste; límites que comprenden aproximadamente un área de 14 589 km<sup>2</sup>.

Políticamente se encuentra dentro del estado de Jalisco y comprendida en los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Zapopan, Tonalá, Juanacatlán, Chapala, Tala, Ahualulco de Mercado, Cocula, Zacoalco de Torres, excepto una pequeña porción del área al suroeste de la Laguna de Chapala que corresponde al Estado de Michoacán.

Las principales poblaciones dentro del área son: Guadalajara, Chapala, Tala, Cocula, Zacoalco de Torres, Jocotepec, Tizapán el Alto, Zapotlanejo, Ocotlán, Sahuayo, etc.

Esta zona es una de las mejor comunicadas del país, tanto interna como externamente. Las principales carreteras que comunican la zona son:

La carretera Federal No. 90 que viene de Irapuato a Guadalajara.

La carretera Federal No. 15 de México a Nogales.

La carretera Federal No. 80 San Luis Potosí-Barra de Navidad.

La carretera Federal No. 54 Saltillo-Manzanillo.

La carretera Federal No. 11 de Tala a Tesistán.

Además de numerosos caminos vecinales de menor importancia que unen entre sí a pequeños poblados, así como brechas y terracerías .

Por ferrocarril hay comunicación desde la Cd. de Guadalajara Jal. a Manzanillo Col., México D.F. y a Nogales Son.

Para la comunicación aérea se cuenta con el aeropuerto internacional de la Cd. de Guadalajara, así como varias aeropistas de tierra en los sitios donde existen limitantes en el acceso por tierra.

También se cuenta con amplias facilidades de comunicación por medio de teléfono, telégrafo, radio y correo.

## 2.2. HIDROGRAFIA:

Dentro del área encontramos las siguientes cuencas:

### -Cuenca del Río Santiago:

La corriente mas importante que drena la zona es la del río Santiago, nace en la Laguna de Chapala a la altura de Ocotlán y atraviesa la zona hasta la porción noroeste. Se le une al río Santiago el río Verde en las cercanías de Guadalajara, por la margen derecha.

### -Cuenca de la laguna de Chapala:

La laguna de Chapala tiene como principal afluente el río Lerma y además las numerosas corrientes originadas en los alrededores de las sierras que encierran a este gran cuerpo de agua.

-Cuenca del río Ameca:

Esta cuenca que se encuentra al oeste del área, esta drenada por las corrientes de los ríos Salado, Cocoliso, Chapulimita, Ahuisulco etc. que alimentan la presa La Vega, de la cual nace el río Ameca, que posteriormente desemboca al Océano Pacífico.

-Cuenca del río Armería:

Se encuentra en la porción suroeste. Está drenado por las corrientes: Ferrería, Agua Caliente y Villégas, que constituyen el nacimiento del río Armería, que desemboca al Pacífico.

-Cuenca San Marcos:

En esta cuenca cerrada se encuentran las lagunas de San Marcos, Atotonilco, Zacoalco y Sayula. Están alimentadas por las corrientes de las estribaciones de las sierras que albergan esta cuenca cerrada.

### 2.3. CLIMA:

Del plano de Isotermas de la región se observa que la temperatura media anual fluctúa entre 19°C. y 20°C., disminuyendo en las porciones de sierras altas como al sur de la laguna de Chapala y aumenta en las cañadas por las que corre el río Santiago al norte del área.

En la ciudad de Guadalajara llega el clima a ser caluroso en el verano y durante el invierno no llega a ser extremo.

El régimen de lluvias es en verano y las pre-

ciptaciones medias anuales son casi uniformes en toda el área, 800mm. de precipitación media anual con excepción - de pequeñas superficies en el suroeste de la carta y en - el área de La Primavera y el volcán de Tequila, donde sobrepasa los 1000 mm. y en el valle de la laguna de Sayula donde baja hasta 600mm. de precipitación media anual.

#### 2.4. VEGETACION:

La vegetación consiste principalmente en matorrales subtropicales en las sierras, así como extensas zonas de agricultura en los valles tanto de riego como de temporal. Los cultivos que predominan en esta región son principalmente: maíz, trigo, garbanzo, frijol y hortalizas. También existen áreas de bosque y selva en áreas como la Primavera y en las sierras de los alrededores de la laguna de Sayula y al sur de la laguna de Chapala. Este tipo de vegetación por su densidad, hace que el agua de lluvia escurra por las plantas reduciendo el escurrimiento y aumentando la infiltración en estas áreas.

#### 2.5. IMPORTANCIA DE LA REGION:

La importancia de la región estriba principalmente en albergar a la Cd. de Guadalajara, capital del estado, la cual es uno de los mayores centros urbanos, industriales de la República Mexicana.

Por otro lado es importante por su potencial como estructura agrícola y ganadera, debido a las condi -

ciones favorables del suelo, clima y desarrollo económico.

Cabe hacer notar la importancia de la laguna de Chapala, que es el cuerpo de agua mas extenso del país y tiene grandes posibilidades de usos benéficos como recreación, agricultura, abastecimiento de agua, pesca y generación de energía etc.

Como es ovio el crecimiento demográfico, desarrollo industrial y el aumento de la producción agrícola y ganadera de la región, exigen en la misma proporción de su incremento, el aumento significativo de nuevos volúmenes de aguas disponibles.

### III.- G E O L O G I A :

#### 3.1. FISIOGRAFIA:

El área presenta un relieve accidentado e irregular. Fisiográficamente se encuentra en su mayor parte en la provincia del Eje Neovolcánico, a excepción de dos porciones en la parte norte, separadas por el río Santiago y río Verde, que pertenecen a la provincia de la Sierra Madre Occidental.

La provincia del Eje Neovolcánico, se caracteriza por presentar gran variedad de rocas volcánicas, acumuladas en innumerables y sucesivos episodios volcánicos, que se iniciaron a mediados del Terciario y continuaron hasta el Reciente.

El intenso vulcanismo y fallamiento, desintegró el drenaje de esta provincia, formándose varias cuencas cerradas y lagos que ocupan fosas tectónicas, siendo el más importante ejemplo la laguna de Chapala.

#### 3.2. GEOMORFOLOGIA.

Encontramos en esta área, gran variedad de estructuras geomorfológicas, tales como planicies, mesetas, volcánes, montañas de bloque, fallamientos etc.

Dentro de las planicies tenemos, hacia la porción occidental del área de estudio las de los valles de Ahualulco y Améca, drenados con los ríos que llevan el mismo nombre, los cuales presentan un drenaje dendrítico

que al erosionar han dejado una serie de terrazas sobre sus actuales márgenes.

En la porción oriental esta situada la planicie del valle de Ocotlán de forma alargada, entre montañas de bloques afallados y drenada por el río Santiago, el cual ha dejado numerosos meandros y canales abandonados, así como terrazas sobre sus márgenes.

En la porción central se encuentra la planicie del valle de Guadalajara.

En la porción central y sur, tenemos las planicies que albergan las lagunas de Atotonilco, Zacoalco, San Marcos y Sayula, que son fosas tectónicas rellenas.

Las planicies descritas están formadas por rellenos aluviales.

Las principales mesetas que se encuentran en el área de estudio se localizan en la porción norte, constituidas por una sucesión de derrames basálticos, tobas y riolitas como las que se encuentran en las sierras de Tezistán, mesetas de Ixtlahuacán del Río, Mesa San Juan, Mesa el Majahuate etc. El drenaje desarrollado en estas mesetas es dendrítico rectangular y está representado principalmente por el río Grande de Santiago, el que al erosionar esta secuencia de rocas volcánicas formó un gran cañón en forma de "V", donde se pueden apreciar numerosos escarpes y cantiles casi verticales de rocas de gran resistencia, como riolitas y basaltos y por otra parte pendientes suaves en las rocas de menos dureza, como las to-



bas; el conjunto de estas tobas semejan escalones.

Los volcánes del área consisten principalmente en grandes estratovolcanes y conos de cenizas distribuidos por toda el área de estudio. Están compuestos generalmente por derrames de basalto, vidrios, riolitas, cenizas y escoria. Sus principales representantes son en la parte norte: El volcán de Tequila, cerros Amatitán, la Col, la Higuera, San Miguel; en la porción centro los cerros de Santa Clara, Tototepec, Mazatepec, El Papantón, Grande, El Molino, Punta Grande; en la porción sur los cerros La Coronilla, García etc. El drenaje desarrollado en estas estructuras, es radial presentando en ocasiones profundos cañones donde el material por ser piroclásticos no consolidados es fácilmente erosionado por la acción de ríos y arroyos.

Las montañas de bloque se localizan al sur del área en los alrededores de las lagunas de Atotonilco, San Marcos y Sayula. Se han formado estas montañas de bloque debido al tectonismo consistente en fallamientos normales de dirección aproximada NW-SE y basculamientos de grandes bloques de la corteza terrestre comprendidos entre estas fallas, dando también lugar a la formación de fosas tectónicas donde se han asentado estos lagos.

En la parte norte y sur de la laguna de Chapala, asentada también en una fosa tectónica que se ha formado entre fallas de tipo normal de dirección aproximada E-W, se encuentran grandes montañas de tipo de bloque, inclinadas hacia el sur en la margen sur. El drenaje de-

sarrollado en estas estructuras es del tipo paralelo dendrítico.

### 3.3. ESTRATIGRAFIA:

Las rocas que se encuentran en el área son - de tipo sedimentarias, igneas y metamórficas. Predominan las rocas igneas extrusivas consistentes principalmente en derrames volcánicos y productos piroclásticos del Terciario, que cubren a rocas sedimentarias de origen marino e intrusivas ácidas del Cretácico.

Se pueden separar las siguientes unidades estratigráficas:

#### 3.3.1. TERCIARIO SEDIMENTARIO El cual se subdivide en:

a) Areniscas y Conglomerados.

b) Lacustre.

c) Gravas y Arenas.

#### a) Areniscas y Conglomerados:

Comprenden una alternancia de areniscas, limolitas y conglomerados que varían de color. Se asigna tentativamente una edad Eoceno-Oligoceno del Terciario - Inferior, por su similitud que presenta esta alternancia de areniscas, limolitas y conglomerados del centro del país.

Desde un punto de vista geohidrológico, por su grado de consolidación y cementación, esta unidad litológica no es susceptible de contener ni transmitir agua, por lo que funciona como confinante de otras rocas.

### b) Lacustre:

Con este nombre se ha designado a una serie de sedimentos continentales que ocupan la porción central del valle al este de Ocotlán y parte de las riveras norte y sur de la laguna de Chapala. Por la posición que ocupan estos sedimentos lacustres con respecto a los derrames basálticos antiguos que cubren, se les puede asignar una edad del Terciario Medio al Superior.

La presencia de arcillas interestratificadas con las arenas poco consolidadas y bien clasificadas significa que esta unidad litológica se comporta como acuífero dentro de la zona de estudio, el cual puede ser en partes confinado o semiconfinado debido a la alternancia de horizontes arcillosos.

### c) Gravas y Arenas:

Este tipo de sedimentos se localizan en las partes centrales y estribaciones del valle de Ameca, así como en la porción noroccidental de la laguna de San Marcos, llegando a formar una serie de lomas bajas y aplanadas, donde los ríos y arroyos han labrado un drenaje dendrítico espaciado y unas cañadas profundas y terrazas sobre sus márgenes. Se presentan también, además de los clásticos gruesos predominantes, horizontes de arcillas, limos y diatomáceas, posiblemente de origen lacustre.

Por la posición que guardan este tipo de sedimentos con respecto a los basaltos inferiores que les

subyacen, se les asigna una edad tentativa correspondiente al Terciario Superior-Cuaternario Inferior.

Esta unidad funciona como acuífero libre en la zona de estudio, debido a la presencia de arenas y gravas poco consolidadas y bien clasificadas.

### 3.3.2. Terciario Volcánico:

Estos materiales abarcan el mayor porcentaje del área de estudio, consistiendo en riolitas, basaltos, tobas y vidrios volcánicos. Se agrupan de la siguiente manera informal:

#### -Terciario Riolítico Inferior:

En la secuencia volcánica, se encuentra en las partes más bajas. Ha sido observado en el cañón del río Santiago a la altura de la presa de Santa Rosa.

Tentativamente se asignan en una edad correspondiente al Terciario Inferior.

Por su carácter de rocas densas y poco fracturadas, son prácticamente impermeables, característica que hace funcionar a esta unidad litológica como sello o confinante de acuíferos.

#### -Terciario Basáltico Inferior:

Se localizan estos afloramientos en la porción norte del área de estudio, aunque también se encuentran en otros lados, formando una serie de mesetas de derrames de basalto con horizontes de tobas y brechas basál

ticas, así como estructuras volcánicas.

Por la posición que guardan estos derrames de basalto con respecto a las areniscas y conglomerados rojos que cubren discordantemente en la porción suroccidental - del área de estudio, se les asigna tentativamente una edad del Terciario Inferior.

Geohidrologicamente esta unidad se considera impermeable, debido al grado de alteración e intemperización que presenta, ya que los basaltos se llegan a convertir en arcillas, funcionando como basamento geohidrológico.

#### -Terciario Basaltico Medio:

Las rocas del Terciario Basaltico Medio están representadas por grandes estratovolcánes que se localizan en las porciones norcentral, sur y oriental, de la zona estudiada, formando grandes estructuras cónicas. Algunas de estas estructuras que por su importancia se pueden citar son: los cerros de la Higuera, el Aguaje y el Samay.

La mayor parte de dichas estructuras descansan sobre los basaltos del Terciario Inferior, por lo que tentativamente se les considera en una edad del Terciario Medio al Superior.

Dado su grado de fracturamiento, esta unidad geohidrológica permite el paso del agua infiltrada, hacia rocas situadas en niveles inferiores del subsuelo.

#### -Terciario Riolitico Superior:

Se ha dado este nombre a unas riolitas fluidales de un color que varia desde cafe a gris rosado y que se presentan pseudoestratificadas.

Dado a la posición que presentan con respecto a los basaltos del Terciario Inferior, se les asigna tentativamente en una edad correspondiente al Terciario Medio.

Esta unidad litológica varia en su funcionamiento geohidrológico considerablemente de acuerdo a la densidad de fracturamiento que presente localmente.

#### -Terciario Tobas:

Con este nombre se ha designado a una serie de tobas pumíticas soldadas compuestas de vidrios volcánicos de un color que varía del gris amarillento al café grisaseo.

Estas rocas se encuentran principalmente en las porciones norte y central del área de estudio, donde forman una serie de pequeñas mesetas.

De acuerdo a su posición estratigráfica se les asigna una edad correspondiente al Terciario Superior.

En base a su granulometría y grado de compactación, esta unidad litológica se considera de buena permeabilidad y es susceptible de convertirse en acuífero.

#### -Terciario Vidrios Rioliticos:

Sus mejores afloramientos están en la porción central del área de estudio, en el suroeste de la

Cd. de Guadalajara, específicamente en el área denominada "La Primavera". Esta zona consiste en un gran domo formado por vidrios volcánicos fluidales, posiblemente perliticos, retiniticos y de obsidiana, de un color que varía desde el negro al gris claro, con estructura fluidal y en parte esferulitas.

Por su posición estratigráfica se les asigna una edad tentativa correspondiente al Terciario Superior.

Esta unidad se presenta sumamente fracturada y funciona tanto como transmisor del agua infiltrada, como acuífero que da lugar a manantiales en el área de La Primavera y alimenta los pozos perforados en esta unidad con gastos considerables.

### 3.3.3. CUATERNARIO:

Esta constituido por areniscas, conglomerados, depositos aluviales, así como conos cineríticos y derrames de basalto Recientes, que se distribuyen principalmente en las porciones central y noroccidental del área de estudio.

Por su posición con respecto a los derrames de basalto riolíticos, gravas y arenas Terciarias que cubren, se les asigna una edad tentativa correspondiente al Terciario Superior-Cuaternario.

Desde un punto de vista geohidrológico, por el grado de fracturamiento que presenta, permite el paso

del agua, por lo que esta unidad litológica funciona como transmisora y como acuífero.

Dentro del Cuaternario se encuentran las arenas pumíticas, los depósitos de abanicos aluviales, depósitos de pie de monte, llanuras de inundación, depósitos fluviales, lacustres y aluviales, que se describen a continuación:

**-Arenas pumíticas:**

Esta unidad consiste en una serie de arenas y gravas de color blanco, que se hallan distribuidas en toda el área de estudio, predominando en las porciones norcentral y noroccidental, donde forman una serie de lomeros que presentan un drenaje dendrítico espaciado.

Por la posición que guardan estos depósitos con respecto a los basaltos Recientes a los que sobreyacen se les asigna tentativamente una edad correspondiente al Cuaternario Superior.

Por su granulometría y por encontrarse poco consolidada esta unidad litológica, se considera de buena permeabilidad y constituye el principal acuífero en los valles de Atemajac y Tesistán.

**-Abanicos Aluviales:**

Comprenden una serie de depósitos compuestos por cantos, gravas y arenas de forma subredondeada, que se localizan principalmente en las porciones suroccidental y central del área de estudio.



Por la posición que ocupan con respecto a los derrames basálticos que cubren, se les asigna una edad correspondiente al Cuaternario Superior.

Debido a su tamaño y mala clasificación granulométrica, así como por estar poco consolidados, presentan buena permeabilidad, funcionando como transmisores del agua infiltrada hacia el subsuelo.

**-Depósitos de Pie de Monte:**

Se localizan en las estribaciones de las sierras y cerros de toda el área de estudio, estando compuestos de arenas, gravas y hasta bloques, mal clasificados - granulométricamente, que varían de composición de acuerdo a la roca de que provienen, las que en su mayoría son volcánicas.

Su edad corresponde al Cuaternario Superior.

Geonidrológicamente presentan buena permeabilidad, funcionando como transmisores del agua infiltrada hacia profundidades mayores en el subsuelo.

**-Depósitos de Llanuras de inundación:**

Comprenden una serie de arcillas y limos de color negro, que se localizan en la porción oriente del área de estudio, sobre las márgenes del río Santiago y originados en diferentes épocas, por las inundaciones de dicho río.

Se les asigna en una edad del Cuaternario Superior.

Respecto a su comportamiento geohidrológico por su contenido de arcillas presenta baja permeabilidad, lo que causa encharcamientos en la época de lluvias.

#### -Depositos Fluviales:

Son los depositos en los cauces de arroyos y ríos, formados por clásticos que varían en tamaño al de limos y gravas.

Su edad corresponde al Cuaternario Superior.

Esta unidad es uno de los más importantes medios de recarga.

#### 3.3.4. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS:

Dentro de la zona estudiada, las rocas intrusivas están representadas por rocas graníticas que afloran principalmente en la porción occidental. El principal afloramiento se localiza en la sierra de La Laja, consistiendo en un granito de grano medio, color gris oscuro, que intrusiona a areniscas y limolitas rojas. Por intrusionar a las rocas citadas así como a los basaltos del Terciario Inferior, se les asigna una edad correspondiente al Terciario Inferior.

Desde un punto de vista geohidrológico funcionan como barreras al flujo del agua subterránea e impiden parcialmente la comunicación de esta entre los valles de Ahualulco y Ameca.

### 3.3.5. ROCAS METAMORFICAS:

Estas rocas se presentan en escasos y pequeños afloramientos dentro del área estudiada, localizándose principalmente en las partes superiores de la sierra de Ameca. Consiste en areniscas y conglomerados silicificados, originados por metamorfismo de contacto.

Dado que están alterados por rocas graníticas, se les asigna una edad correspondiente al Terciario Inferior.

Por su estructura masiva y grado de alteración, estas rocas funcionan como barreras al flujo de agua subterránea.

### 3.4. GEOLOGIA HISTORICA.

Esta zona, dado que se encuentra situada en el Eje Neovolcánico, como ya dijimos, se encuentra compuesta por gruesos espesores de materiales igneos, aluvión y lacustres del Terciario y Cuaternario, que no han sufrido perturbaciones desde que se depositaron con excepción de fallamientos y la formación de gravens.

En base a la edad de su litología es difícil establecer que tipos de rocas se encontraban en la base del Eje Neovolcánico antes del Terciario; pero si correlacionamos con otras zonas dentro del Eje Neovolcánico, en el área denominada macizo de Tomatlán aparece una gran extensión de rocas plutónicas (granitos, granodioritas y gabros) y rocas metamórficas no diferenciadas, posiblemente del Paleozóico; También al oriente de Cabo Corriente al suroeste de Bahía de Banderas se encuentra un afloramiento de unos 70km<sup>2</sup> de gneises cuya edad no ha sido determinada, pero podría ser precámbrica. (Lopez Ramos 1981).

Durante el Terciario Inferior se tienen grandes abanicos aluviales que se depositaron en las partes bajas de las cuencas. Hoy se encuentran estos depósitos en forma de areniscas, limolitas y conglomerados, que son las rocas mas antiguas del área de estudio.

Es durante el Oligoceno, que empieza el mecanismo de subducción de la Placa del Pacífico bajo la porción continental.

Después de una fase de quietud, la historia volcánica principia de nuevo en el Oligoceno con la salida de derrames basálticos a causa de los movimientos tectónicos que fracturaron la zona. Esta actividad volcánica durante el Oligoceno y Mioceno, alternó con períodos de relativa quietud, en que se formaron areniscas tobáceas.

Durante esta etapa se formaron grandes estratovolcánes y mesetas de basalto que fueron inclinadas posteriormente por efectos de la tectónica pliocuaternaria.

En el Terciario Medio y Superior, se tiene una serie de grandes fallamientos que originaron fosas tectónicas, siendo las de mayor importancia la de Chapala, San Marcos y el gráven de Tepic que llega hasta Guadalajará y en el que se encuentran manifestaciones como el volcán de Tequila y el domo de La Primavera. En este período los fallamientos provocaron que se formaran depósitos de gravas, arenas y depósitos lacustres, ocurriendo también la salida de material volcánico representado por tóbas pumíticas y soldadas. Cubriendo los depósitos volcánicos se tienen vidrios riolíticos.

Durante el Cuaternario Inferior y Superior, tienen lugar las últimas emisiones magmáticas, representadas por derrames basálticos y conos cineríticos los cuáles junto con el tectonismo configuraron la topografía actual de la zona, siendo rellenadas las partes bajas por arenas pumíticas erosionadas y transportadas.

### 3.5. TECTONICA.

La región estudiada presenta un gran tectonismo, evidenciado por la presencia de fallas asociadas con actividad ígnea, característica de la provincia del Eje Neovolcánico.

De acuerdo a la teoría de Tectónica de Placas, Moser (1973) indica que el Eje Neovolcánico, parece ser una antigua fisura cuya reapertura tuvo lugar en el Terciario Medio.

El empuje de la Placa se Cocos situada en el Pacífico contra la zona de bloques cratónicos del sur de México, contribuyó a la reapertura de la sutura del Eje Neovolcánico, produciendo grandes desplazamientos que provocaron actividad ígnea y la formación de fallas.

Durante el Cretácico Tardío y Cenozoico Inferior, culminó el movimiento del continente norteamericano. Es posible que en el Oligoceno empiece el mecanismo de subducción de la Placa de Pacífico sobre la porción continental y que dio origen a la Trinchera Centroamericana.

Los accidentes tectónicos más notables en la zona estudiada son los siguientes:

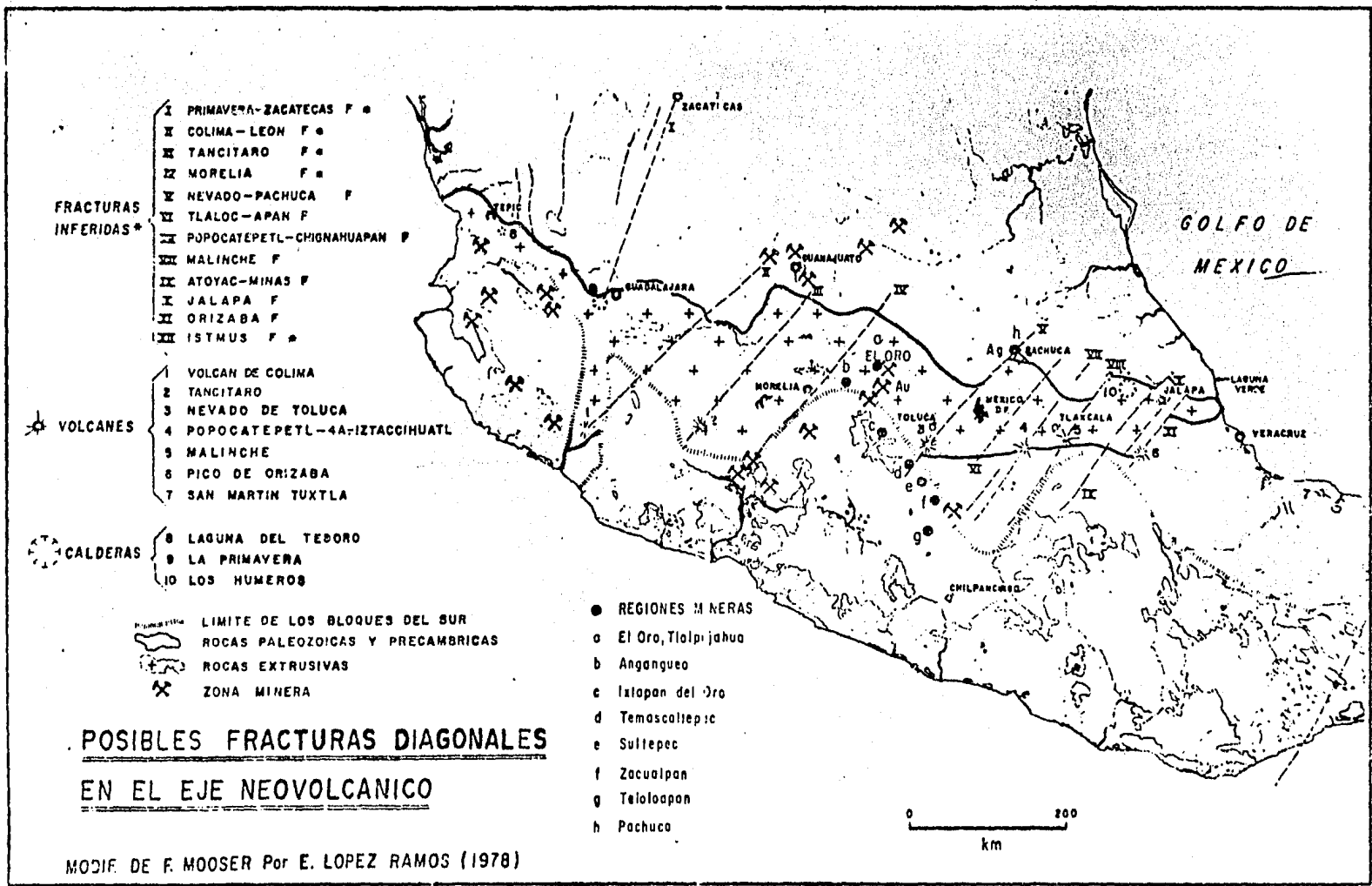
El gráven Chapala-Tepic en el que las manifestaciones volcánicas recientes se alinean con una orientación NW-SE, en una franja que se extiende desde Tepic hasta Guadalajara. A la altura de la Laguna de Chapala cambian las direcciones tectónicas llegando a ser E-W. Los límites del gráven están constituidos por la secuen-

cia volcánica oligo-miocénica, presente al nivel del río grande de Santiago, así como en ambos lados de la laguna de Chapala. Se localizan muchas manifestaciones silíceas de tipo riolítico e ignimbrítico plio-cuaternarias ubicadas entre Tequila Jal. y Magdalena Jal., al norte de Guadalajara y a la altura del río Grande de Santiago. La manifestación riolítica mas espectacular consiste en el domo de la Primavera de edad cuaternaria reciente.

Otro gráven importante es el que aloja a las lagunas de San Marcos, Atotonilco y Sayula, que se encuentra entre montañas de bloques afallados como la sierra de Tapalpa.

En general los rumbos que predominan en los fallamientos del área son NE-SW y E-W, correspondientes a dos etapas de actividad tectónica que dieron lugar a grandes bloques inclinados así como la formación de las fosas antes mencionadas.

Se considera que esta zona se encuentra aún en actividad, como lo demuestra la presencia de zonas geotérmicas en la zona y sus alrededores.





### 3.6. MANIFESTACIONES GEOTÉRMICAS.

En el estado de Jalisco se conocen 16 zonas que en suma contienen mas de un centenar de manifestaciones termales, entre fumarolas, manantiales, geisers, volcánes de lodo, pozos etc. La mayoría de estas zonas geotérmicas están localizadas dentro de la provincia del Eje Neovolcánico y originadas durante los fracturamientos Terciarios.

De acuerdo a la temperatura de estas manifestaciones, puede decirse que la mayoría son mesotermiales (entre 21° y 42°C.). Sin embargo existen 6 zonas con focos epitermales es decir con temperaturas mayores a 43°C. De estas últimas la que tiene mayores posibilidades de una explotación económica es la zona de La Primavera y en la actualidad la Comisión Federal de Electricidad esta realizando perforación de pozos geotérmicos y la instalación de la infraestructura necesaria para el aprovechamiento de dicha energía. Es de notar que la mayoría de las zonas geotérmicas estan localizadas en las estribaciones de estructuras geológicas tales como derrames y aparatos volcánicos o en los bordes de las trazas de fracturas y fallas profundas

ESTADO DE JALISCO LOCALIZACION DE ZONAS GEOTERMICAS

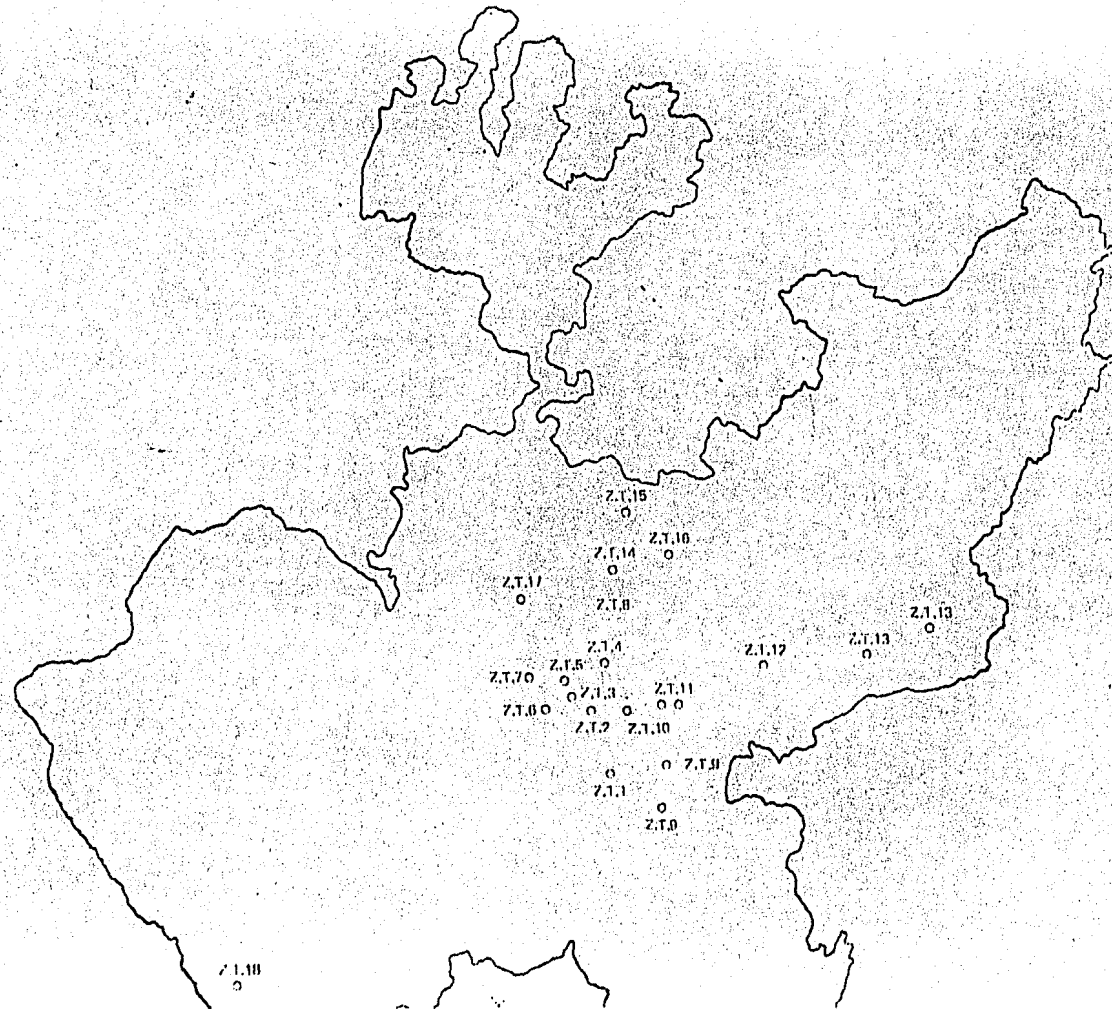


TABLA DESCRIPTIVA DE LAS ZONAS GEOTERMICAS DEL ESTADO DE JALISCO

ZONA LOCALIZACION	CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS.
I Atoyac-Cacaluta	En esta zona existen 6 manantiales mesotermiales (26° - 40° C), que tienen un gasto de 1 l/s aproximadamente de agua bicarbonatada sódica con un pH que oscila entre 7.2 y 8.1.
II San Marcos-Evangelista-El Pantano	Existen 8 manantiales hipotermiales con temperaturas entre los 43° y los 92° C. Estos manantiales tienen gastos de menos de 1 l/s de aguas cuya composición es, en algunos casos sulfato clorurada sódica, y en otros cloro bicarbonatada sódica, con pH entre 7.1 y 8.
III Los Pozos	3 manantiales mesotermiales (30° - 32° C) con gastos de 10 a 500 l/s de agua bicarbonatada sódica, con pH de 8.2 a 8.3.
IV Acatlán de Juárez	3 manifestaciones mesotermiales (30° - 31° C) con gastos entre 3 y 60 l/s de agua bicarbonatada sódica, con pH de 7.8 a 8.2.
V Villa Corona	12 manifestaciones mesotermiales (30° - 42° C) con gastos de 5 a 20 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH 7.2 a 8.4.
VI Atotonilco El Bajo	2 manifestaciones mesotermiales (34° - 35° C), con gasto menor a 1 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH 8.0 a 8.1.
VII Estijoc	3 manantiales mesotermiales (29° C) con gastos entre 1 y 3 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH de 7.7 a 8.0.
VIII San Miguel Mazotepoc	5 manantiales, meso e hipotermiales (32° - 67° C) con gastos de 4 a 40 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH de 7.8 a 8.4.
IX Chapala Sur	5 manifestaciones mesotermiales (25° - 33° C) con gastos de 0.5 a 20 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH 8.1 a 8.6.
X Jocotepoc de los Membrillos	2 manifestaciones mesotermiales que tienen un gasto de 1 l/s de agua bicarbonatada sódica y con pH de 7.9 a 8.2.
XI Chapala Norte	6 manifestaciones hipotermiales (64° - 85° C) con gastos de 2 a 4 l/s. Dos de éstas son de aguas sulfatada sódica y el resto son de agua bicarbonatada sódica, con pH de 7.9 a 8.2.
XII Poncitlán-Zapotlán del Rey	7 manifestaciones mesotermiales (23° - 35° C) con gastos de 1 a 30 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH que va de 7.5 a 8.8.
XIII Agua Caliente-Santa Rita-El Frayle	14 manifestaciones, algunas mesotermiales y otras hipotermiales (25° - 78° C) con gastos que van desde 1 a 64 l/s de aguas bicarbonatada cálcica y bicarbonatada sódica. Su pH varía de 7.3 a 8.6.
XIV La Primavera	7 manifestaciones, algunas mesotermiales y otras hipotermiales (26° - 93° C) con gastos de 40 hasta 60 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH de 6.8 a 7.8.
XV La Boñalad	9 manifestaciones meso e hipotermiales (29° a 95° C) con gastos de 5 a 30 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH de 6.6 a 8.4.
XVI Colimilla	3 manifestaciones hipotermiales (46° - 48° C) con gastos de 10 a 40 l/s de agua bicarbonatada sódica con pH de 6.6 a 8.4.

## IV. GEOHIDROLOGIA.

### 4.1. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.

=Valle de Tesistán:

Se localiza en la porción nororiental del área de estudio y al noroeste de Guadalajara. De extensión reducida, es drenado superficialmente por los arroyos de Agua Zarca y Rio Blanco, que finalmente descargan sus aguas al río Santiago.

Su origen se debe al vulcanismo en épocas pasadas que lo formaron, siendo rellenado por arenas y gravas pumíticas.

Desde un punto de vista geohidrológico, la porción noroccidental de esta valle representada por las lomas de Tesistán, funciona como frontera de los acuíferos constituidos en los rellenos de las planicies, debido a su constitución riolítica masiva.

En la porción nororiental las lomas del San - Esteban formadas por vidrios y riolitas fracturados, permiten el paso del agua subterránea en esa dirección, como lo demuestran los manantiales de Camacho , para descargar finalmente al río Santiago.

Hacia el sur y sureste este valle establece comunicación con el valle de Atemajac através de las arenas pumíticas permeables.

En la porción suroccidental está limitado por los vidrios volcánicos fracturados de las estribaciones -

del domo de La Primavera, cubiertos por las arenas pumíticas a la altura del puerto de La Venta, unidades litológicas que funcionan como una sola unidad geohidrológica, lo que permite inferir que existe una comunicación con el valle de Ahualulco.

-Valle de Atemajac:

Este valle se localiza en la porción central del área de estudio, siendo drenado por varios rios y arroyos que descargan sus aguas al rio Santiago.

Analizando su funcionamiento geohidrológico hacia el norte de este valle, debido a las fracturas de los derrames riolíticos y vidrios riolíticos del cerro de San Esteban y la sierra de Atemajac, permite inferir que cuando menos parte del flujo subterráneo fluye en dirección al rio Santiago.

La porción noroccidental de este valle esta abierta al flujo subterráneo y se comunica con el valle de Tesistán, através de las arenas pumíticas permeables.

La porción sur, también se halla abierta al flujo subterráneo, sólo que através de los conos cineríticos y las arenas pumíticas, lo que permite una comunicación de este valle hacia el sur, hasta mas o menos a la altura del poblado de Santa Anita, donde el parteaguas geohidrológico esta representado por los basaltos antiguos de los cerros de Tlajomulco de Zuñiga y los de los cerros situados al norte de la laguna de Cajititlán que como se ha mencionado, por su grado de alteración e intemperización, además de que sus derrames tienen una inclinación -

hacia el centro del valle de Atemajac, son impermeables e impiden la comunicación.

Entre la citada población de Santa Anita y el lago de Chapala queda comprendida una zona donde se localiza la laguna de Cajititlán la cual debe su origen a un fallamiento tectónico que fue rellenado posteriormente por sedimentos lacustres. Esta zona puede considerarse como una subcuenca geohidrológica de la porción sur del valle de Atemajac, que tiene comunicación subterránea con dicho valle solamente por el oriente.

La porción occidental de este valle, formada por vidrios ríliticos fracturados del domo de La Primavera, posiblemente permite una comunicación con los valles de Ahualulco y Ameca.

La porción oriental del valle de Atemajac, - esta limitada por las mesetas de basaltos antiguos impermeables, impidiendo la comunicación geohidrológica en esa dirección.

-Valle de Ocotlán.

Localizado al oriente de la zona de estudio, su origen se debe a fallamientos normales que produjeron fosas tectónicas rellenas posteriormente. Este valle está drenado principalmente por el río Santiago.

Desde un punto de vista geohidrológico, al norte y sur queda limitado por montañas de bloque constituidas por derrames de basalto impermeables; al oriente se halla abierto al flujo através de sedimentos lacustres, es

estableciendo comunicación con la cienega de Chapala.

Finalmente por el noroeste establece comunicación con el valle de Atemajac, a través de sedimentos lacustres y las arenas pumíticas.

-Valle de San Marcos:

Este valle localizado en la porción suroccidental del área de estudio, debe su origen a una serie de fallamientos normales que dieron lugar a la formación de una fosa tectónica, que posteriormente ha sido rellenada por sedimentos continentales, distribuyéndose los más finos hacia el centro del valle y los más gruesos hacia sus extremos.

Se trata de una gran cuenca endorreica que comprende dos unidades, la primera, localizada al norte abarca las lagunas de Atotonilco y San Marcos; la segunda unidad al sur comprende la laguna de Sayula.

Las porciones norte y noroccidental del valle de San Marcos formadas por conos cineríticos, tobas y estratos volcánicos de composición basáltica, se encuentran abiertas al flujo subterráneo en esas direcciones, como lo demuestra la presencia de manantiales en los alrededores de Acatlán de Juárez y Villa Corona.

La porción sur posiblemente se halla abierta y se comunica con la laguna de Sayula; la porción nororiental se halla cerrada parcialmente por los derrames de basaltos antiguos alterados, aunque la presencia del ma-

nantial Los Pozos, indica posiblemente una pequeña comuni cación en esa dirección, con aportes hacia el valle de San Marcos; el flanco oriental es impermeable por la presen - cia de basaltos antiguos y el flanco occidental formado - por derrames de basalto, brechas y conglomerados rojos, hacen que sea también impermeable.

La laguna de Sayula que ocupa la porción sur del valle de San Marcos, debe su origen a fallamientos nor - males que formaron una fosa tectónica rellena posterior - mente por sedimentos continentales. Sus flancos orien - tal y occidental son impermeables por estar constituidos de basaltos, pero establece comunicación hacia el norte - con la laguna de San Marcos a través de sedimentos lacus - tres.

#### -Valle de Ahualulco:

Localizado en la porción noroccidental del á rea, esta drenado por los ríos Cocoliso, Chapulimita y Sa lado afluentes de la presa La Vega que descarga en el río Ameca.

Geohidrológicamente esta cerrado hacia el - norte por la presencia de riolitas y basaltos antiguos; al noroeste se halla comunicado con los valles de Magdale na y Etzatlán a través de los derrames de basálto y conos cineríticos recientes; al occidente se halla parcialmente cerrado por los granitos de la sierra de La Laja.

La porción oriental de este valle posiblemente se halla abierta a través de arenas y gravas pumíticas , así como los vidrios volcánicos del domo de La Primave-



ra, que por estar densamente fracturados pueden permitir dicha comunicación con los valles de Atemajac y Tesistán; hacia el sur y sureste, también se halla abierto al flujo subterráneo, estableciendo comunicación con el valle de Ameca a través de las arenas y gravas de la planicie.

#### -Valle de Ameca:

Localizado en la porción occidental del área de estudio y al sur del valle de Ahualulco, el valle de Ameca está drenado superficialmente hacia el oeste por el río Ameca. Debe su origen a fallamientos normales que formaron una fosa tectónica, la cual posteriormente fue rellenada por sedimentos continentales.

Desde un punto de vista geohidrológico su porción noroccidental es impermeable por la presencia de areniscas, conglomerados rojos bien cementados y granitos, al norte establece comunicación con el valle de Ahualulco a través de las gravas y arenas del Terciario.

Hacia el sur también es impermeable debido a la presencia de areniscas y conglomerados rojos bien cementados; no obstante por el sureste posiblemente se comunique con el valle de San Marcos a través de los conos cinderíticos y derrames de basalto que limitan estos dos valles. Finalmente hacia el oeste se halla abierto al flujo subterráneo a través de las arenas y gravas continentales por donde desarrolla su curso el río Ameca.

#### -Mesetas:

La zona de mesetas se localiza principalmen-

te en las porciones norte y oriental del área de estudio.

Estan constituidas principalmente por derrames de basalto, riolitas y tobas, donde el drenaje desarrollado es del tipo rectangular dendrítico.

Por lo que respecta a las mesetas de riolita fracturadas, son permeables y constituyen un medio por donde circula el agua subterránea, bien sea funcionando como transmisores del agua infiltrada hacia mayores profundidades en el subsuelo, o bien como acuíferos.

Por otro lado las mesetas constituidas por basaltos antiguos, geohidrológicamente funcionan como barreras impermeables al flujo del agua subterránea, debido al grado de intemperización que los ha alterado a arcillas lateríticas.

#### -Volcánes y Domos volcánicos:

Estas estructuras geológicas se encuentran distribuidas en casi toda el área de estudio y están representadas por grandes estratovolcánes y domos cuya composición varía de basáltica a riolítica y vidrios volcánicos donde se desarrolla un drenaje superficial de tipo radial.

En general se hallan muy fracturados y permiten el paso del agua através de ellos y hacia rocas subyacentes.

En la porción noroccidental del área se localiza el grán estratovolcán denominado Volcán de Tequila, el cual tiene una forma de cono truncado en la parte supe

rior, su cráter está abierto hacia el noreste con una estructura de espina en el centro. Este gran estratovolcán está constituido por una sucesión de derrames de basalto que en su parte norte cubren a vidrios riolíticos que forman la base de este volcán.

Hacia la porción central del área de estudio merece especial atención el gran domo de La Primavera - constituido por vidrios riolíticos muy fracturados y que hacia sus porciones central y occidental está muy erosionado.

Geohidrologicamente funciona como excelente transmisor del agua infiltrada hacia rocas subyacentes debido a su fracturamiento, significándose como una enorme zona de recarga tanto para los acuíferos del valle de Atemajac hacia el oriente, como para los acuíferos del valle de Ameca hacia el poniente. Esto se comprueba por la gran cantidad de manantiales e innumerables lloraderos que afloran en sus flancos.

Cabe mencionar que algunos de estos manantiales acusa<sup>n</sup> termalidad, por lo que este fenómeno debe asociarse con fracturamientos profundos o con la fuente de calor que debe originarse en un intrusivo.

-Montañas de bloque:

Nos referimos con este nombre a una serie de altos estructurales formados por granitos, derrames de basalto, areniscas y conglomerados que se han convertido en montañas a causa de una serie de grandes fallamientos -

normales paralelos. Entre los principales destacan la sierra de La Laja al sur de Ahualulco, la sierra de Tapalpa al oeste de la laguna de Sayula, las sierras que forman los flancos norte y sur del graben de la laguna de Chapala, las sierras al norte de Ocotlán, etc.

Geohidrológicamente son impermeables y funcionan como barreras al flujo del agua subterránea.

#### 4.2. RECARGA Y DESCARGA DE LOS ACUIFEROS.

La recarga de los acuíferos de la zona se debe a la infiltración directa del agua pluvial sobre las unidades geológicas permeables y a través de los depósitos fluviales de los ríos y arroyos existentes.

Las zonas de recarga más importantes se localizan en las estribaciones de las sierras, donde los materiales son más permeables y facilitan la infiltración de los escurrimientos de las sierras.

La descarga de los acuíferos se realiza en dos formas: artificial y natural. En forma artificial por medio de pozos, norias y galerías filtrantes construidas expresamente en tanto que en forma natural ocurre espontáneamente en los numerosos manantiales existentes o bien como flujo subterráneo hacia otras zonas.

Una parte importante de la descarga, tiene lugar a través de los principales ríos, que en la zona estudiada funcionan como drenes superficiales y subterráneos regionales.

### 4.3. AGUAS SUBTERRANEAS.

En la zona de estudio la profundidad de los pozos oscila entre los 15m. y 490m., siendo la profundidad media alrededor de los 115m.

Los valles de Atemajac y de Tesistán, son los más explotados actualmente desde un punto de vista geohidrológico y es donde existe la gran mayoría de los aprovechamientos de agua subterránea, donde también se presentan los casos de pozos más profundos.

En los valles de Ahualulco, San Marcos y Chapala, la profundidad es menor que en el resto de los valles estudiados, siendo del orden de 90m.

En relación con el abastecimiento de agua para la ciudad de Guadalajara y zonas urbanas colindantes, las fuentes de abastecimiento por su origen son subterráneas y superficiales. Las primeras están representadas por el suministro proveniente de la planta de tratamiento en tanto que las subterráneas por los manantiales, galerías filtrantes y pozos existentes.

De la planta de tratamiento de aguas, los volúmenes distribuidos se han incrementado gradualmente con el tiempo, siendo actualmente del orden de  $107.7 \times 10^6 \text{ m}^3$  anuales, o sea un caudal medio de  $3.42 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Por otro lado los volúmenes provenientes del subsuelo pueden ser del orden de  $76.1 \times 10^6 \text{ m}^3$  anuales, lo que representa un caudal medio del orden de  $2.42 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Segun los analisis quimicos existentes se sabe que existen varios acuíferos con características di-

ferenciales que señalan su distinta procedencia. Desde un punto de vista químico, el agua subterránea de la región estudiada, es del tipo bicarbonatada, sodica o cálcica magnésica, siendo en general de buena calidad, incluso dentro de la clasificación de agua potable.

Existe una zona con agua de gran contenido de sales localizada entre las lagunas de San Marcos y Sayula; que degrada la cantidad de agua subterránea; no obstante, dicha calidad mejora un poco a profundidad.

#### 4.4. UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS.

A partir de los censos de pozos existentes en la región se seleccionó la información de algunos pozos representativos de cada lugar con el fin de hacer una configuración piezométrica, en base a la cual, obtener las curvas de igual elevación de nivel estático referidas en metros sobre el nivel del mar. Esta información ha permitido sacar conclusiones de las direcciones de flujo subterráneo con patrones similares de comportamiento subdividiendo el área en las siguientes unidades geohidrológicas:

Unidad Geohidrológica No. I Tesistán-Ocotlán-Atemajac.

Unidad Geohidrológica No. II Ameca-Ahualulco.

Unidad Geohidrológica No. III Chapala.

Unidad Geohidrológica No. IV San Marcos.

Unidad Geohidrológica No. V. Tequila.

-Unidad Geohidrológica No. I Tesistán-Atemajac-Ocotlán.

En estos valles que de acuerdo con sus interdependencias funcionan como una unidad geohidrológica, la red de flujo subterránea nos indica que en Atemajac y Tesistán, el agua circula con un sentido general de poniente a oriente, hacia el cauce del río Santiago.

De igual modo se puede apreciar que las curvas equipotenciales manifiestan un gradiente mas o menos uniforme, sin que se hayan originado conos de abatimiento ni siquiera de tipo local, indicativos de alguna sobreexplotación de los acuíferos.

En la parte correspondiente a estos valles - Atemajac y Tesistán, las equipotenciales de menor valor, (1400 m.s.n.m.) situadas al oriente del valle, en las proximidades del manantial Los Camchos se hallan todavía a unos 200m. arriba del cauce del río Santiago, por lo que en este tramo dicho río recibe aportaciones de los acuíferos funcionando como dren superficial y subterráneo de la región.

Las zonas de recarga de los acuíferos se localizan al noroeste, poniente y sur de esta unidad geohidrológica, destacando como más importante el gran domo de La Primavera, independientemente de la infiltración local directa de los valles. Esto quiere decir que en el supuesto caso de hacer explotaciones de agua subterránea en el domo de la Primavera, esto será en detrimento de los acuíferos de las planicies que actualmente se explotan.

También es de hacerse notar que en el valle de Tesistán, no obstante los grandes volúmenes de agua - subterránea extraída por los pozos que constituyen uno de los sistemas de abastecimiento de la ciudad de Guadalajara, no se notan conos de abatimiento indicativos de sobre explotación.

El valle de Atemajac establece comunicación hacia el oriente con el valle de Ocotlán, através de una estrecha faja de terreno por donde desarrolla el río Santiago su curso, localizada entre los cerros de El Molino y Picacho. Esta comunicación es muy precaria dependiendo únicamente de la sección transversal de la garganta entre dichos cerros y ocupada por los rellenos permeables.

Un poco más al oriente y a la altura de Constancia se aprecia un parteaguas hidrodinámico definido - por la curva equipotencial de los 1530 m.s.n.m., que divide el flujo subterráneo en dos direcciones opuestas, una hacia el poniente siguiendo la dirección del río Santiago en que el flujo pasa por la garganta antes mencionada y - la otra hacia el oriente hacia Ocotlán.

Por lo que corresponde al resto del valle de Ocotlán se puede decir que el flujo subterráneo tiene finalmente una dirección sureste através de los depósitos - lacustres de la planicie.

Las zonas principales de recarga se definen en las porciones norte, desde las elevaciones que delimitan el valle y en el poniente, desde el parteaguas hidrodinámico que ya se mencionó. La recarga proveniente del norte confluye hacia la porción central del valle, para



finalmente dirigirse hacia el sureste. La recarga del poniente presenta una dirección franca hacia el oriente - siguiendo aguas arriba el cauce del río Santiago hasta Ocotlán, donde se observa un pequeño cono de abatimiento - producido por una sobreexplotación local conjunta de los pozos en ese lugar.

-Unidad Geohidrológica No. II Ahualulco-Ameca:

Esta zona se localiza al noroeste de la zona y los acuíferos constituidos en el valle de Ahualulco reciben alimentación de las estribaciones del Volcán de Tequila y del domo de La Primavera. La dirección de flujo es hacia el sureste y cambia de rumbo hacia el poniente a partir del poblado de La Vega, ya francamente dentro del valle de Ameca.

El valle de Ameca recibe también alimentaciones provenientes del sur, de las estribaciones de la sierra de Quila. Dichas alimentaciones toman rumbos que confluyen hacia la porción central del valle de Ameca, que funciona como dren superficial y subterráneo de esta unidad hidrogeológica.

Los gradientes del flujo subterráneo en las porciones centrales de las planicies son moderadas en general, si exceptuamos las franjas que corresponden a las estribaciones de las sierras, donde son más pronunciados.

Dentro de esta unidad geohidrológica, no se advierten depresiones piezométricas que indiquen alguna sobreexplotación de los acuíferos.

Es interesante puntualizar que las alimentaciones del sureste del valle de Ameca, provienen de la infiltración del agua pluvial a través de la estructura geológica que constituye el cerro de Sanchez, pudiendo que - dar reforzada por un posible flujo subterráneo proveniente del valle de San Marcos, dado que dicha estructura geológica es muy permeable.

-Unidad Geohidrológica No. III Chapala.

En la fosa tectónica de la laguna de Chapala las extracciones de agua subterránea se utilizan solamente en la angosta faja ribereña de su perímetro. Por supuesto los niveles piezométricos se ven afectados notoriamente por las oscilaciones del tirante de dicha laguna.

Al noroeste de Jocotepec se aprecia la existencia de un pequeño valle que geohidrológicamente parece funcionar en forma independiente.

-Unidad Geohidrológica No. IV San Marcos:

En la zona que se ha identificado con el nombre de valle de San Marcos la red de flujo en la planicie donde se localizan las lagunas de Atotonilco, Zacoalco y San Marcos, manifiesta gradientes prácticamente nulos, indicando movimientos muy lentos del agua subterránea.

Los acuíferos reciben alimentaciones del norte y del oriente, desde las estribaciones de las sierras, aunque parecen ser las más importantes las de la región - norte del valle de San Marcos. También se aprecia otra

pequeña alimentación del valle del poniente precisamente del cerro de las Barrancas a unos 5km. al noroeste de Za-coalco de Torres.

Hacia el noroeste de este valle se aprecia que los niveles piezométricos acusan una marcada diferencia de altitud con relación a los del valle de Ameca, en esa misma zona por lo que como ya se dijo anteriormente, pudiera existir un flujo subterráneo desde este valle hacia el de Ameca a través de la estructura geológica permeable del cerro de Sanchez .

Con la información que se desprende de los pozos existentes, no se puede asegurar piezométricamente si la porción norte de este valle, tiene comunicación hacia el sur con la laguna de Sayula, la que en caso de existir sería sumamente precaria.

Por su parte esta porción del valle de San Marcos recibe alimentaciones del oriente, desde las estru-baciones de las sierras, para que el flujo subterráneo - prosiga con rumbo franco hacia el poniente con un gradiente fuerte al principio pero que se torna suave posteriormente hasta recargar los acuíferos de la laguna de Sayula no existiendo información al sur de dicha laguna que permita definir si existe o no flujo en esa dirección.

#### -Unidad Geohidrológica No. V Tequila:

En este valle localizado en la porción norte de la zona de estudio, también se analizó el funcionamiento geohidrológico desde un punto de vista piezométrico.

Los acuíferos de esta planicie reciben alimentaciones provenientes del sur y suroeste, desde las estratificaciones de los volcánes de Amatitán y de Tequila, siguiendo el agua subterránea una dirección general suroeste-noroeste, apuntando hacia el cauce del río Santiago.

#### 4.5. PARTEAGUAS HIDRODINAMICOS.

De las direcciones de flujo comentadas anteriormente, se desprende que los parteaguas hidrodinámicos que de ellas se desprenden coinciden sensiblemente con las apreciaciones derivadas de la interpretación geológica correspondiente.

Por su funcionamiento geohidrológico actual, se puede afirmar que las unidades geohidrológicas No. I, II y IV correspondientes a Tesislán, Atemajac, Ocotlán, Chapala y Tequila respectivamente, pertenecen a la cuenca hidrológica del sistema Lerma-Chapala-Santiago.

La unidad geohidrológica No. II identificada como Ahualulco-Ameca, pertenece a la cuenca hidrológica del río Ameca.

La unidad geohidrológica No. IV correspondiente a San Marcos pertenece a la cuenca hidrológica cerrada de las lagunas de San Marcos, Ocotlán y Sayula.

Los parteaguas hidrológicos de cada unidad han quedado definidos por los parteaguas hidrodinámicos los que a su vez han sido determinados por métodos piezométricos principalmente y que casualmente coinciden más o menos actualmente con los parteaguas hidrológicos, o to

pográficos.

No obstante lo anterior, debe tenerse en cuenta que desde un punto de vista geológico puede haber comunicación entre las unidades geohidrológicas antes descritas a través de materiales permeables que les son comunes, ya que los parteaguas hidrodinámicos pueden variar de posición con respecto al tiempo y en función de los gradientes hidráulicos del flujo subterráneo.

## V. CONCLUSIONES Y

### RECOMENDACIONES.

En base al estudio efectuado en el cual se tomaron en cuenta diferentes aspectos geológicos, fisiográficos, piezométricos etc. se puede concluir lo siguiente: Las unidades litológicas permeables que por su posición funcionan como transmisores del agua infiltrada a mayores profundidades, son los estratovolcánes del Terciario Basáltico Medio, algunos afloramientos fracturados del Terciario Riolítico Superior, los abanicos aluviales del Cuaternario Superior, los depósitos de pie de monte y algunas zonas de depósitos aluviales, donde predominan los materiales gruesos en su composición granulométrica, sobre las arcillas y limos.

Las unidades litológicas permeables constituidas en acuíferos son los depósitos lacustres del Terciario donde funcionan como libres, confinados y semiconfinados por la posición estratigráfica de horizontes de diferente permeabilidad; las gravas y arenas donde los acuíferos funcionan como libres; las rocas fracturadas del Terciario Riolítico Superior; las tobas y los vidrios riolíticos; las arenas pumíticas que en los valles de Atemajac y Tesistán constituyen el principal acuífero, funcionando como libre.

Las unidades litológicas impermeables que funcionan como confinantes de los acuíferos o representan

una barrera al flujo del agua subterránea son: las areniscas y conglomerados; las riolitas del Terciario Inferior, que debido a la fuerte intemperización se convirtieron en arcillas impermeables y que, por su posición estratigráfica funcionan como basamento geohidrológico regional; algunos afloramientos del Terciario Riolítico Inferior; los depósitos tanto de las llanuras de inundación como lacustres del Reciente .

Los parteaguas hidrodinámicos coinciden notablemente con los topográficos.

El estudio de las configuraciones piezométricas de la zona y de la interpretación geohidrológica de las principales unidades litológicas , ha permitido agrupar a los valles que funcionan como una sola unidad geohidrológica de la siguiente manera: Unidad Geohidrológica No. I : valles de Tesistán, Atemajac y Ocotlán; Unidad Geohidrológica No. II: valles de Ameca y Ahualulco; Unidad Geohidrológica No. III: valle de la laguna de Chapala; Unidad Geohidrológica No. IV: valle de San Marcos; Unidad Geohidrológica No. V: volcán de Tequila.

Se recomienda establecer un servicio de censos permanente de pozos y demás aprovechamientos de aguas subterráneas existentes, en el que se midan las descargas de los pozos y norias para evaluar con precisión los volúmenes de extracción y efectuar periódicamente mediciones piezométricas en pozos seleccionados como de observación en la región estudiada con objeto de descubrir a

tiempo posibles depresiones piezométricas que indiquen so  
breexplotación de los acuíferos y conocer la evolución de  
los mismos con respecto al tiempo.



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

- 1.- Carta Topográfica Guadalajara  
NF-13-12 Esc. 1:250 000.  
DETENAL S.P.P.
- 2.- Juego de Cartas Geológicas Claves: F-13-D-54, F-13-D-55,  
F-13-D-56, F-13-D-57, F-13-D-64, F-13-D-65, F-13-D-66,  
F-13-d-67, F-13-D-74, F-13-D-75, F-13-D-76, F-13-D-77.  
Esc. 1:50 000. DETENAL S.P.P.
- 3.- Carta Hidrológica de Aguas Superficiales.  
F-13-12 Esc. 1:250 000.  
DETENAL S.P.P.
- 4.- Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas.  
F-13-12 Esc. 1:250 000  
DETENAL S.P.P.
- 5.- Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco.  
DETENAL S.P.P.
- 6.- Boletín Hidrológico No. 24 Secretaría de Recursos  
Hidráulicos - Comisión Lerma-Chapala-Santiago -  
Dirección de Hidrología. México 1964.
- 7.- Boletín Hidrológico No. 24 Secretaría de Recursos  
Hidráulicos - Comisión Lerma-Chapala-Santiago-  
Dirección de Hidrología. México 1965.

- 8.- Boletín Hidrológico No. 41 Secretaría de Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Estudios. Dirección de Hidrología. 1970.
- 9.- Asistencia Técnica "Plan Lerma" Boletín No.1 y 4. Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- 10.- Estudio Geohidrológico preliminar en los valles aledaños al río Lerma entre el río Turbio, Gto. y presa Santa Rosa Jal. Ariel Construcciones S.A. 1970.
- 11.- Reconocimiento Hidrogeológico Preliminar de los Valles de Atemajac y Tesistán, Jal. Ariel Construcciones S.A. ING. Federico Mayer P. 1970.
- 12.- Geohidrología de los Valles de Atemajac, Tesistán, - Ameca, Ahualulco y San Marcos Jal. Secretaría de Planeación, Dirección General de Estudios. Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1973.
- 13.- Estudio Geohidrológico de Evaluación y Censo en el Estado de Jalisco. 1977. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos Dirección General de Irrigación y Control de Ríos
- 14.- Censo de Pozos de la Oficina de Control de Aguas del Subsuelo. Dirección General de Aprovechamientos Hidráulicos, Secretaría de Recursos Hidráulicos.

- 15.- Guadalajara. Abastecimiento de Agua Potable Memoria 1961-1964 del Patronato de Servicios de agua y Alcantarillado de la Ciudad de Guadalajara México 1964.
- 16.- Land Forms of México,  
Erwin Raisz. 1959.
- 17.- Atlas del Agua. México.  
Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- 18.- Las Provincias geohidrológicas de México.  
Boletín del Instituto de Geología. UNAM.  
De la O. Carreño A. 1954.
- 19.- Notas sobre la Geología Regional del Occidente de México y la Geohidrología de la cuenca de Guadalajara.  
Congreso Geológico Internacional. México 1956.
- 20.- Geología de México Tomo III.  
Lopez Ramos E. Geología de México. 1981.