

29.32



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA SUBCUENCA TORREON-  
TLAHUALILO DEL RIO NAZAS, DGO.- COAH.

## TESIS PROFESIONAL

Para obtener el Título de  
INGENIERO GEOLOGO  
P r e s e n t a

MIGUEL ANGEL VIRGILIO JIMENEZ



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.

ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA SUBCUENCA TORREON-  
TLAHUALILO DEL RIO NAZAS, DGO-COAH.

INDICE

RESUMEN .....	12
I.- GENERALIDADES .....	15
I.1.- Introducción .....	15
I.2.- Objeto del Estudio .....	16
I.3.- Método de Trabajo .....	17
I.4.- Localización y Vías de Comunicación .....	18
I.5.- Trabajos Previos .....	20
II.- BOSQUEJO GEOLOGICO .....	22
II.1.- Provincia Fisiográfica .....	23
II.2.- Rasgos Geomorfológicos .....	26
II.3.- Secuencia Estratigráfica .....	27
1.- Jurásico Superior .....	27
1.a.- Formación La Gloria (impermeable, iJlg) ...	27
1.b.- Formación La Casita (impermeable, iJlc) ...	29
2.- Cretácico Inferior .....	29
2.a.- Serie Coahuiliana (impermeable, iKsc) .....	30
2.b.- Formación Cuchillo (impermeable, iKcuc) ...	31
2.c.- Formación Aurora (permeable, pKa) .....	31
3.- Cretácico Superior .....	32
3.a.- Formación Indidura (impermeable, iKi) .....	33
4.- Terciario .....	33
4.a.- Formación Ahuichila (semipermeable, sTa) ..	33
4.b.- Rocas Igneas Intrusivas (impermeable, iIgi) ...	34
4.c.- Rocas Igneas Extrusivas (semipermeable, sIge) ...	35
5.- Cuaternario .....	35
5.a.- Aluvión (permeable pQal) .....	35
5.b.- Depósitos Eólicos (permeable, peo) .....	36

II.4.- Geología Estructural .....	36
1.- Anticlinorio de Mapimí .....	37
2.- Anticlinorio de Las Noas .....	39
3.- Anticlinal de las Sierras Texas-San Lorenzo .....	39
4.- Sierras de La Campana y Tlahualilo .....	39
5.- Sistema de Fallas y Fracturas .....	39
5.a.- Sierra de Mapimí-El Sarnoso .....	40
5.b.- Sierra Texas-San Lorenzo .....	42
5.c.- Sierra Las Noas .....	42
5.d.- Sierra La Campana .....	45
II.5.- Geología Histórica .....	45
III.- GEOFISICA .....	49
III.1.- Método Utilizado .....	49
III.2.- Ventajas y Resultados del Método .....	49
III.3.- Interpretación Geofísica-Geológica .....	51
IV.- HIDROGEOQUIMICA .....	52
IV.1.- Muestreo y Análisis Químico .....	52
IV.2.- Calidad del Agua para uso Industrial .....	53
IV.3.- Configuraciones .....	54
1.- Sólidos Totales Disueltos .....	54
2.- Conductividad .....	54
3.- Sulfatos y Calcio .....	59
IV.4.- Tipos de Agua .....	59
1.- Clasificación Piper .....	61
2.- Clasificación Chasse Palmer .....	61
V.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL .....	65
V.1.- Climatología .....	65
1.a.- Lluvia .....	65
1.b.- Temperatura .....	70
1.c.- Evaporación .....	70
1.d.- Clima, Vegetación y Fauna .....	74
V.2.- Evapotranspiración .....	77

1.- Evapotranspiración en la zona uno .....	78
2.- Evapotranspiración en la zona dos .....	79
V.3.- Escurrimiento Superficial e Hidrometría .....	79
V.4.- Balance Hidrológico Superficial .....	92
a.- Balance en la zona uno .....	92
b.- Balance en la zona dos .....	94
VI.- HIDROLOGIA SUBTERRANEA .....	94
VI.1.- Inventario de Aprovechamientos de Agua Subte rránea .....	94
VI.2.- Red de Observación del Agua Subterránea .....	97
VI.3.- Pruebas de Bombeo .....	98
VI.4.- Red de Flujo .....	100
VI.5.- Funcionamiento Hidrogeológico de la Subcuenca	100
VI.6.- Balance Hidrológico Subterráneo .....	102
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	105
VII.1.- Conclusiones .....	105
VII.2.- Recomendaciones .....	106
BIBLIOGRAFIA .....	109

## FIGURAS, TABLAS Y GRAFICAS

Fig. II.1.- Subprovincia Fisiográfica .....	24
Fig. II.2.- Sierras-Valles del Area .....	25
Tabla II.1.- Correlación Estratigráfica .....	28
Fig. II.3.- Esquema Estructural .....	38
Fig. II.4.- Roseta de Fracturas (Sierra Mapimi-Sarnoso)	41
Fig. II.5.- Roseta de Fracturas (Sierra Texas-San Lorenzo)	43
Fig. II.6.- Roseta de Fracturas (Sierra Las Noas) .....	44
Fig. II.7.- Roseta de Fracturas (Sierra La Campana) ....	46
Tabla IV.2.- Calidad del Agua para uso Industrial .....	55
Graf. IV.1.- Gráfica Sólidos Disueltos V.S. Conductividad	60
Fig. IV.1.- Diagrama de Piper .....	62
Tabla V.1.- Estaciones Climatológicas .....	66
Tabla V.2.- Lluvia Mensual Total .....	68
Fig. V.3.- Lámina y Volumen Mensual Total de Lluvia ...	69
Tabla V.3.- Temperatura Media Mensual .....	71
Fig. V.4.- Temperatura Media Mensual .....	72
Tabla V.4.- Evaporación Mensual Total .....	73
Fig. V.5.- Evaporación Media Mensual Total .....	75
Tabla V.5.- Resumen Anual de Escurrimientos .....	81
Tabla VI.1.- Pruebas de Bombeo .....	99

## ANEXOS

1).- Plano de Localización .....	Fig.	I.1
2).- Localización de Secciones Geofísicas .....	Fig.	III.1
3).- Secciones de Geofísica (A, B, C, D, E, F y G) .....	Fig.	III.2
4).- Secciones de Geofísica (H, I, J, K y L) .....	Fig.	III.3
5).- Análisis Químicos de Muestra de Agua .....	Tabla	IV.1
6).- Distribución de Sólidos Totales Disueltos ...	Plano	IV.1
7).- Distribución de Conductividad .....	Plano	IV.2
8).- Distribución de Sulfatos .....	Plano	IV.3
9).- Distribución de Calcio .....	Plano	IV.4
10).- Clasificación Geoquímica de Piper .....	Plano	IV.5
11).- División de la Subcuenca .....	Fig.	V.1
12).- Isoyetas medias totales anuales, Isotermas me dias anuales y Evaporación media total anual	Plano	V.1
13).- Estación Climatológica Presa Coyote .....	Fig.	V.2
14).- Estación Hidrométrica Los Angeles .....	Fig.	V.6
15).- Profundidad del Nivel Estático .....	Plano	VI.1
16).- Red de Flujo .....	Plano	VI.2
17).- Prueba de Bombeo .....	Fig.	VI.1
18).- Plano Hidroestratigráfico .....	Fig.	VI.2

## RESUMEN

Del estudio que se expone en los siguientes capítulos se da a continuación un resumen de las características más importantes, determinadas en este trabajo, como son:

La infraestructura de comunicación y recursos humanos que presenta la subcuenca es buena para el asentamiento de una Termoeléctrica.

Se encuentran aflorando rocas sedimentarias; Formación La Gloria, Formación La Casita, Serie Coahuiliana, -- Formación Cuchillo, Formación Aurora, Formación Indidura, -- Formación Ahuichila y Depósitos de Aluvión y Eólicos Rocas ígneas; Rocas intrusivas y extrusivas y Rocas metamórficas (mármol), con edades que abarcan del Jurásico hasta el Reciente.

Los plegamientos principales son cinco: Anticlinorio de Mapimí, Anticlinorio de Las Noas, Anticlinal de la Sierra San Lorenzo-Texas, Anticlinal de la Sierra La Campana y Anticlinal de la Sierra Tlahualilo. Las anteriores estructuras se encuentran afectadas por numerosas fracturas y fallas de tipo normal.

La Formación Aurora tiene buenas perspectivas de almacenamiento por su carácter arrecifal y de buena permeabilidad debido a su fracturamiento y carsticidad, en cuanto al

material que rellenan los valles sus características de almacenamiento y permeabilidad son excelentes y de tipo primario.

De los resultados de Geofísica se detectaron nueve unidades geoelectricas ( $U_1, U_2, U_3, U_4, U_4', U_5, U_5', U_5'', U_6$ ) de las cuales, las unidades que presentan características hidrogeológicas con fines de explotación, son  $U_4, U_5$  y  $U_5'$ .

El promedio total anual de lluvia es de 217.53 mm equivalente a un volumen para la subcuenca de  $1413.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ . El mes más lluvioso es septiembre con una lámina de 44.93 mm y el registro menor para marzo con 2.97 mm.

La temperatura media anual es de  $21.0^\circ\text{C}$ , la mínima corresponde al mes de diciembre con  $13.37^\circ\text{C}$  y la máxima de  $27.17^\circ\text{C}$  en junio. La evaporación promedio total anual es de 1442.26 mm, con un valor máximo en el mes de mayo igual a 174.63 mm y mínimo en enero de 59.11 mm.

Se utilizó la estación hidrométrica Los Angeles, con escurrimiento promedio anual de  $1080.0 \times 10^6 \text{ m}^3$  para efectuar el balance hidrometeorológico superficial obteniendo de éste, una infiltración de  $385.98 \times 10^6 \text{ m}^3$  para la zona uno y para la zona dos se tiene un déficit.

Existen en el área de estudio 2738 pozos de los cuales se extraen  $847.7 \times 10^6 \text{ m}^3$  anuales y sus profundidades promedio de nivel estático se encuentran a más de 75 m y en-

tre 90 a 120 m en las áreas más explotadas. Existen partes con niveles muy someros que fluctúan entre 10 y 60 m, tal es el caso de San Pedro de las Colonias que tiene pozos con nivel estático a profundidad de 6 m.

Del balance hidrológico subterráneo se tiene que se extrae anualmente del almacenamiento del acuífero  $542.7 \times 10^6 \text{ m}^3$  y por tanto seguirá aumentando la profundidad del nivel estático.

De 143 muestras de agua subterránea distribuidas en los municipios de Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, San Pedro de las Colonias, Tlahualilo, Francisco I. Madero, Mapimi y Matamoros se obtuvo que el 48% es de mala calidad y el 52% es de buena calidad y de 147 muestras con la misma distribución anterior el 84% son aguas incrustantes, 2% son aguas agresivas y el 14% restante está en equilibrio.

La clasificación geoquímica de Piper demostró -- que la familia más abundante es la sulfatada-cálcica y en segundo lugar la bicarbonatada-cálcica. Según la clasificación de Chasse Palmer todas las muestras son de tipo III.

## I.- GENERALIDADES

### I.1.- Introducción

El avance tecnológico que presenta el país ha ocasionado que las demandas de energía eléctrica sean cada día mayores, sobre todo en aquellos estados de mayor desarrollo industrial. Esto ha motivado a la Comisión Federal de Electricidad, organismo descentralizado encargado de suministrar tan importante servicio, a instrumentar programas de investigación y obras tendientes a resolver esta problemática.

Son varias las formas de generar energía eléctrica, así se tienen las Carboeléctricas, Termoeléctricas, Geotérmicas, Turboeléctricas, Nucleoeléctricas e Hidroeléctricas, siendo esta última forma una de las más antiguas usadas en el país y el mundo.

El tipo de generación de electricidad más usado en el noreste del país, corresponde a las termoeléctricas, las cuales necesitan vapor de agua para generar energía eléctrica. El agua que utilizan puede ser superficial o subterránea, en este caso se descartó la superficial por no contar la zona con cantidad suficiente, ya que actualmente se encuentra concesionada para uso agrícola quedando como única opción la subterránea, de ahí la necesidad de Comisión Federal de Electricidad de hacer Estudios de Geohidrología. Ya

que el agua es un elemento imprescindible para la operación de una Central Termoeléctrica (la carencia de ella ocasiona la suspensión de generación de energía y por consiguiente, restricción de circuitos que incluyen servicios domésticos, agrícolas e industriales), es necesario asegurar el suministro de agua requerida para la operación de unidades generadoras (el destino principal del agua extraída del subsuelo para utilizarla en una Central Termoeléctrica, consiste en reponer el agua evaporada y purgada en el circuito de agua de enfriamiento del Condensador y en menor cantidad reponer el agua desmineralizada perdida durante el ciclo que se efectúa en los Recuperadores de Calor). Es necesario aclarar que el consumo de agua de repuesto es proporcional a la generación de energía eléctrica, así como al contenido de sales de calcio y sílice en el agua cruda de repuesto, por lo que se extrae únicamente el agua requerida por las unidades, según condiciones momentáneas de demanda y disponibilidad. En lo correspondiente a este trabajo se determinó la disponibilidad de agua en el subsuelo y calidad de ésta bajo cinco conceptos, analizados en el trabajo.

## I.2.- Objeto del Estudio

El problema a resolver fue planteado a la Subgerencia de Ingeniería Preliminar Civil y Geotecnia por la Gerencia de Generación y Transmisión (C.F.E.), con la finali--

dad de llevar a cabo un estudio geohidrológico en la región Lagunera, debido al aumento de nivel dinámico que actualmente experimentan los pozos de extracción de agua subterránea de las Centrales Termoeléctricas: Francke, La Laguna y Ciclo Combinado.

El presente estudio tiene por objeto, conocer el posible comportamiento a futuro del acuífero explotado para suministrar las Centrales Eléctricas mencionadas y las medidas que deberán establecerse para asegurarles el abastecimiento de agua.

### I.3.- Método de Trabajo

Conocer el comportamiento geohidrológico de una zona donde se realiza un estudio hidrológico resulta una tarea complicada, ya que para ejecutarlo es necesario disponer de suficiente tiempo. De lo anterior se desprende la importancia de realizar un programa lo más cuidadosamente posible, con el fin de que al llevarse a cabo, la bondad de la investigación se desarrolle a la brevedad posible y con el mínimo de inversión.

El programa elaborado y llevado a efecto para el presente trabajo (Método de Trabajo) se desglosa a grandes rasgos como sigue:

- a) Recopilación y depuración de datos, Literatura Hidrogeológica, Hidrológica e Hidrogeoquímica existente (incluyendo planos Geológicos, Hidrogeoquímicos, Climáticos, uso de suelo, Potenciométricos, etc.)
- b) Inspección de fotografías aéreas existentes.
- c) Reconocimiento terrestre, con obtención de -- muestras y definición de los rasgos geomorfológicos, estructurales, estratigráficos e hidrogeológicos más importantes.
- d) Realización del Censo de Aprovechamientos Hidráulicos.
- e) Reconocimiento terrestre, con obtención de -- muestras de agua y medición de niveles estáticos.
- f) Elaboración del bosquejo geológico
- g) Análisis y Estructuración del Comportamiento Hidrológico Superficial en la Cuenca Hidrográfica.
- h) Interpretación del comportamiento Hidrológico Subterráneo en la Cuenca Hidrográfica.
- i) Obtención de conclusiones y recomendaciones.

#### I.4.- Localización y Vías de Comunicación

El área en estudio pertenece a la Región Hidroló

gica núm. 36 de la Cuenca del Río Nazas y se localiza en la Subcuenca Hidrográfica Torreón-Tlahualilo, donde tiene su -- desembocadura el Río Nazas. La subcuenca fue limitada por -- su parteaguas o línea imaginaria, que la divide de otras subcuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado -- por la lluvia. El parteaguas está formado por todos los pun -- tos de mayor nivel topográfico y en él tienen las corrientes su punto de inicio, localizándose en este estudio en forma -- burda en la red de coordenadas geográficas con los paralelos  $25^{\circ} 20'$  a  $26^{\circ} 35'$  de latitud norte y los meridianos  $102^{\circ} 50'$  a  $103^{\circ} 40'$  de longitud oeste. Colindando al norte con la re -- gión Hidrológica N<sup>o</sup> 35, al sur con la subcuenca de Los Angeles y Viesca, al este con la de Mayrán y al oeste con la de Mapimí y Conejos, (ver anexo figura I.1)

La extensión del área estudiada abarca parte de los municipios de Francisco I. Madero, San Pedro de la Colonias, Matamoros y Torreón del Estado de Coahuila, y los de -- Tlahualilo, Gómez Palacio, Mapimí y Lerdo del Estado de Durango, cuya magnitud de  $6,500 \text{ km}^2$  consiste en la proyección horizontal encerrada por el parteaguas.

El acceso se puede realizar a través de caminos (pavimentados, terracería y brechas), ferrocarril y vía aé-- rea.

Entre los caminos más importantes, se pueden men --

cionar a la carretera estatal N<sup>o</sup> 30, enlazando las ciudades de Torreón-Cuatro Ciénegas; la carretera federal N<sup>o</sup> 40, Torreón-Salttillo y la carretera federal N<sup>o</sup> 49 Torreón-Chihuahua; de las carreteras mencionadas parten numerosos caminos pavimentados, terracerías y brechas, los cuales conectan diversas rancherías y poblados ubicados dentro del área estudiada.

Dentro de las vías férreas se tienen el ferrocarril de México a ciudad Juárez, con estaciones en Bermejillo y Gómez Palacio y el ferrocarril de Torreón-Salttillo.

Por vía aérea se tiene el aeropuerto de la ciudad de Torreón, donde se puede trasladar a diferentes partes del país y gran número de pequeñas pistas para avionetas comerciales y particulares.

El área presenta buenos atractivos en cuanto a infraestructura de comunicación (carreteras, ferrocarril, pistas aéreas, etc.), infraestructura de energéticos, facilidades para la interconexión de líneas de conducción eléctrica y recursos humanos.

#### I.5.- Trabajos Previos

La atrayente importancia de la Comarca Lagunera ha sido objeto de diversas investigaciones de carácter cien-

tífico y económico.

Hacer una enumeración de todos los trabajos realizados en esta parte, probablemente sería incompleto; baste decir que casi todas las instituciones que realizan trabajos exploratorios en México, en menor o mayor grado han llevado a cabo estudios de este tipo.

Se mencionan aquí los trabajos que aportaron datos importantes para la realización de este estudio como son los efectuados por C.F.E., 1979, "Estudio Geohidrológico Preliminar de un Area al Norte de Torreón, Coah.", en el que se hace un análisis geohidrológico al norte de la Sierra de Mapimi hasta el sur de la Sierras La Campana y Tlahualilo, en que se dan características interesantes para efectuar estudios a mayor detalle, como es el caso del Rincón de San Alejandro, al sur de la Sierra de Bermejillo y el área de Viesca-Parras; C.F.E., 1982, "Estudio para Abastecimiento de Agua Subterránea del Material de Relleno, Area Villa Juárez, Dgo.", se establece un balance geohidrológico desde la estación hidrométrica Cañón Fernández hasta la estación hidrométrica los Angeles, estableciendo a la zona como en equilibrio hidrológico subterráneo en la cual se puede extraer un poco más de agua sin efectuar perjuicios al acuífero por explotar; S.A.R.H., 1980, "Servicios de Prospección y Levantamientos Geológicos y Geofísicos en la zona de Mapimi-Tlahualilo, Coah-Dgo.", se da una descripción hidrogeológica e hi-

drogeoquímica al poniente de Torreón, Coah; S.A.R.H., 1980, "El agua en la Región Lagunera", se da una descripción histórica y actual de la distribución y uso del agua subterránea en la comarca Lagunera incluyendo su aporte al desarrollo -- agropecuario e industrial de esta región; S.A.R.H., 1978, -- "Inventario de los Usos del Agua en la Región Lagunera", se establece el Censo y Uso de aprovechamientos hidráulicos en la Comarca Lagunera con un total de 3000 pozos comprendidos en los Estados de Durango y Coahuila; Instituto de Geología de la U.N.A.M., cartas geológicas escala 1:100000 "Clemons - E.R. (hoja Torreón, 1966)", "Pantoja A.J. (hoja San Pedro -- del Gallo, 1963)", "Mc Leroy F.D. (hoja Pedriceñas, 1965)", "Enciso de la Vega (hoja Nazas, 1963)"; cartografía completa de la actual Dirección General de Geografía del Territorio - Nacional.

## II.- BOSQUEJO GEOLOGICO

Conocer tanto las características de heterogeneidad y anisotropía de los materiales que integran el marco físico de la subcuenca en estudio, como las condiciones pasadas que pueden dar la pauta para establecer el comportamiento actual, es indispensable para lograr una interpretación geohidrológica adecuada por tal motivo se realizó la geología superficial bajo los aspectos descritos a continuación.

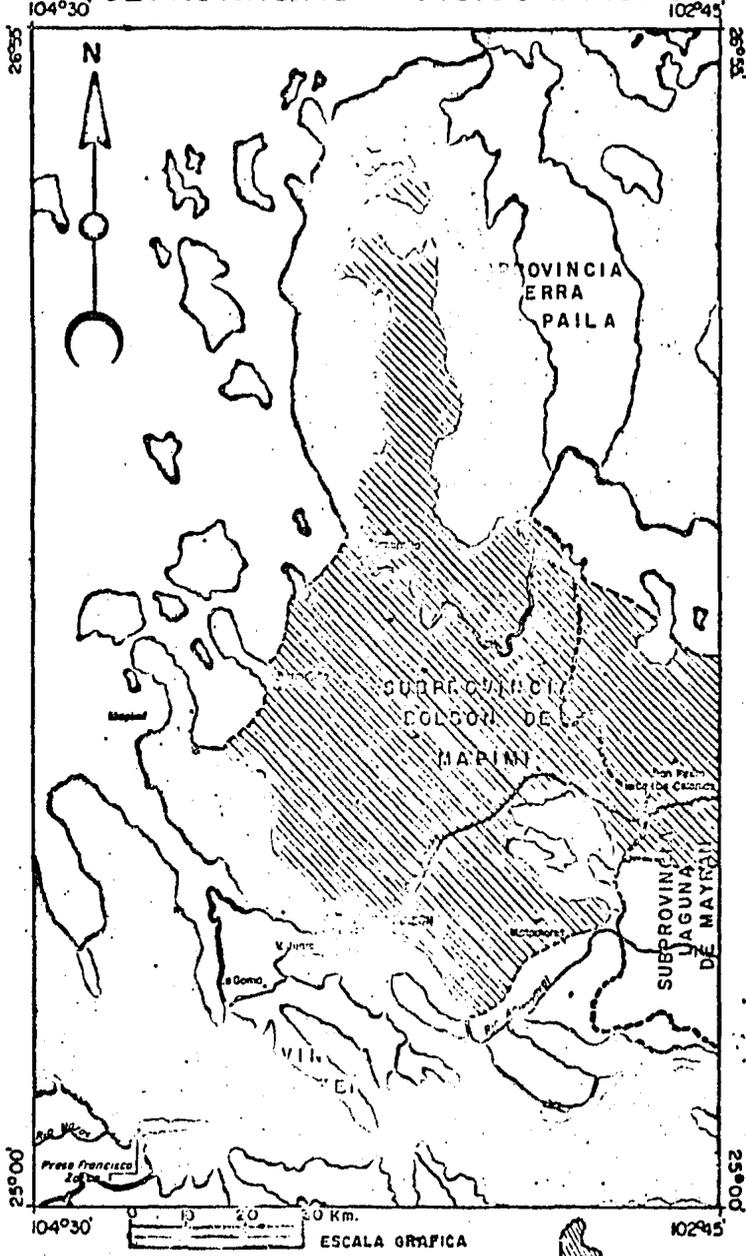
## II.1.- Provincia Fisiográfica

La subcuenca en estudio forma parte de las subprovincias fisiográficas (ver figura II.1): Sierras Transversales y Sierra de la Paila (P.F. Sierra Madre Oriental), Bolsón de Mapimí y Laguna de Mayrán (Provincia Fisiográfica Sierras y Llanuras del Norte). Presentando las dos primeras subprovincias un conjunto orográfico escarpado de relieve medio, constituido por sedimentos calcáreos-arcillosos litificados (Sierra de Mapimí, Sierra Las Noas, Sierra La Campana y Sierra de Tlahualilo, ver figura II.2) y en algunos casos con rocas ígneas (Sierra El Sarnoso), siendo sus pendientes, por lo general, convexas con frecuentes rupturas. Las sierras de la subprovincia de Sierras Transversales se alinean NW-SE creando estructuras alargadas y angostas en la que su topografía disminuye SW-NE, de 2050 msnm a 1500 msnm. Perpendiculares a las sierras, se encontraron pequeños valles y cañones (cañón El Soldado).

Las sierras de la Subprovincia de la Sierra de la Paila se alinean N-S, separadas por valles paralelos y amplios, cuyas alturas sobre el nivel del mar varían de 2000 m a 1100 m.

Las Subprovincias Bolsón de Mapimí y Laguna de Mayrán presentan en conjunto una extensa cuenca endorreica de material de acarreo (aluvión y eólico). Esporádicamente,

# SUBPROVINCIAS FISIOGRAFICAS



- AREA DE ESTUDIO \_\_\_\_\_
- ROCA INSITU \_\_\_\_\_
- RELLENO DE VALLE \_\_\_\_\_
- LIMITE PROVINCIA FISIOGRAFICA \_\_\_\_\_
- LIMITE SUBPROVINCIA FISIOGRAFICA \_\_\_\_\_
- TESIS PROFESIONAL : MICUEL A. VIRGILIO J.

FIG. II.1.



en áreas reducidas, existen pequeñas sierras de sedimentos - calcáreo-arcillosos litificados (Sierra de San Lorenzo y Sierra de Texas) cuya topografía varía de 1600 msnm a 1100 msnm

La red hidrográfica presenta un comportamiento perpendicular al alineamiento de las sierras, no encontrándose se esta red integrada.

## II.2.- Rasgos Geomorfológicos

El relieve está formado por montañas plegadas -- que se intrincan por la presencia de fallas y una amplia planicie creada por fuerzas compresionales y tensionales de la Orogenia Laramide. Las rocas que la constituyen son sedimentarias, ígneas y metamórficas, predominando los sedimentos -- no consolidados en las partes bajas, debido a la erosión de las prominencias topográficas en las cuales predominan las calizas y en cantidades menores lutitas, areniscas, margas y en algunos casos ígneas volcánicas y metamórficas.

El proceso degradatorio que ha sufrido el relieve es debido a las aguas meteóricas, los vientos y a los cambios de temperatura, presentándose el intemperismo mecánico en mayor proporción al intemperismo químico. Los rasgos más sobresalientes son, la extensa cuenca y los pequeños valles y cañones donde se observa la disolución de un sistema cársico de juventud.

Los rasgos de agradación los constituyen la extensa planicie de depósitos de tipo aluvión y eólicos y los conos de deyección al pie de las sierras.

### II.3.- Secuencia Estratigráfica

Las unidades estratigráficas estudiadas y las de áreas adyacentes se registran en la columna (ver tabla II.1) que va del Triásico Superior hasta el Reciente. Su descripción en el área estudiada se da de la más antigua a la más reciente como sigue.

#### 1.- Jurásico Superior

##### 1.a.- Formación La Gloria (impermeable, iJlg)

Se le considera como del Oxfordiano, (Im--lay, 1938), constituida por areniscas con pequeñas manchas rosadas (oxidación) y limolitas las cuales alternan con capas de calizas y algunas veces con un conglomerado compuesto principalmente de clásticos subredondados de caliza; las primeras son de color blanco, de grano medio a grueso que in--temperizan a un color amarillento y rojizo, sus estratos va--rían de 0.10 m a 0.60 m de espesor, en algunos casos se ob--serva bandeamiento incipiente. Las limolitas son de color verde pálido, de 0.20 m de espesor, e intemperiza en pardo amarillento.

# TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

UNAM. F. I. TESIS PROFESIONAL DE: MIGUEL A. VIRGILIO J. 1984.

ERA	SISTEMA PERIODO	PISO EUROPEO	(1) EDAO MO	HOJA NAZAS (2)	HOJA TORREON (3)	HOJA VIESCA (4)	HOJA PEDRICERA (5)	AREA DE ESTUDIO	
CEROZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	1	ALUVION	ALUVION	RELLENO DE VALE Y ABANCOS ALUVIALES	ALUVION	ALUVION Y EOLICOS	
		PLEISTOCENO		GERRANES BASALTO				GERRANES BASALTO	
	TERCIARIO		PLIOCENO	13	ROCAS			ROCAS	
			MIOCENO	25	VOLCANICAS	ROCAS VOLCANICAS		VOLCANICAS	
			OLIGOCENO	30	FORM SANCHILA	FORM SANCHILA	FORM ANUICHILA	FORM ANUICHILA	FORM SANCHILA
			EOCENO	50					
			PALEOCENO	63					
	MESOZOICO	CRETACICO	MAESTRICHTIANO	77					
			SUPERIOR	CAIZESIANO					
				SANTONIANO	84				
CONIACIANO									
MEDIO			TURONIANO	99	FORM INDOLIRA	FORM INDOLIRA	FORM INDOLIRA	FORM INDOLIRA	FORM INDOLIRA
			CENOMANIANO	110					
			ALBIANO	120					
			APTIANO						
			BARREMIANO		SERIE COAHUILIANA		SERIE COAHUILIANA		SERIE COAHUILIANA
INFERIOR			HAUTERVIANO						
		VALANGIANO							
		BERRIASIANO	135						
		TITONIANO							
JURASICO		SUPERIOR	BONONIANO			FORMACION LA CASITA	FORMACION LA CASITA	FORMACION LA CASITA	FORMACION LA CASITA
	HAVRIANO								
	SEQUANIANO								
	ARGOVIANO				FORMACION LA GLORIA	FORM. LA GLORIA	FORM. LA GLORIA	FORMACION LA GLORIA	
	DIVESIANO								
	MEDIO	CALLOVIANO							
		BATHONIANO	166						
		BAJOCIANO							
		IASICO	181						
TRIASICO	SUPERIOR	RETIANO			FORMACION NAZAS	FORMACION NAZAS	FORMACION NAZAS		
		MORIANO							
	MEDIO	CARNIANO	200						
		LADINIANO							
PALEOZOICO	INFERIOR	ANISIANO							
		SOYTIANO	230						
	PERMIICO		280						
	CARBONIFERO		320						
	DEVONICO								
	SILURICO		475						
	ORDOVICO		500						
	CAMBRIICO		530		FORM. NODOS				

- 1-) Millones de años segun escala geocronologica de Kulp, (1961, P. I, III).
- 2-) Hoja Nazas (Enciso de la Vega, 1963).
- 3-) Hoja Torreón (Clemons y Mc Leroy, 1964).
- 4-) Hoja Viesca (Federico y Mayer Rül, 1962).
- 5-) Hoja Pedrera (Mc Leroy y Clemons, 1965).

TABLA II.1.

NO DEPOSITO
  NO AFLORA EN EL AREA ESTUDIADA
  NO AFLORA

Se consideró a esta unidad como impermeable debido a la alternancia con materiales mas finos y compactos, -- ademas presenta poco fracturamiento todo lo cual hace que la infiltración sea baja o nula.

#### 1.b.- Formación La Casita (impermeable, iJlc)

Su edad abarca desde el Kimmeridgiano hasta el Tithoniano, (Mc Leroy 1966). Localmente presenta una sección de más o menos 500 m de espesor, constituida en su parte inferior por lutita carbonosa, arenisca muy fosilifera, su parte superior la constituyen dolomia y caliza interestratificadas con lutitas carbonatadas de color gris.

Al igual que la anterior unidad se considera esta como impermeable debido a la roca que constituye su parte superior como inferior (contactos) esta formada por material arcilloso compacto y aunque la porosidad en este tipo de roca es elevado, en el supuesto caso de estar en contacto con agua no permiten el paso del agua debido a que no existe una interconexión entre sus poros y al carácter bipolar del agua, por otra parte el fracturamiento presente en esta unidad es poco.

#### 2.- Cretácico Inferior

La litología de estos sedimentos varia de carbonatada a arcilla y evaporítica y están integrados por la lla

mada Serie Coahuiliana y las Formaciones Cuchillo y Aurora.

2.a.- Serie Coahuiliana (impermeable, iKsc)

En el área explorada está representada por las Formaciones Carboneras, Taraises, Las Vigas, Parritas y la parte inferior de La Peña (Imlay, 1944 p. 1046 y tabla 10 A), aflora en espesores pequeños y su litología es muy similar - por lo que es casi imposible separar cada una de las unidades, por tanto se hablará de estas rocas en términos generales. Esta serie con un espesor aproximado de 350 m presenta cambios litológicos tanto lateral como verticalmente.

Russell E. Clemons (1966), le asignan una edad -- que abarca todo el Neocomiano y la parte inferior del Aptiano. Una buena sección se encuentra en el Cañón del Soldado, consiste de caliza y dolomía que alterna con areniscas rojizas de tipo arcósico y lutitas en estratos delgados.

El contacto superior se presenta donde terminan los sedimentos arcillosos y empiezan los calcáreos de la Formación Aurora, el contacto inferior está representado por la terminación de dolomía y la caliza arcillosa de la Formación La Casita. Ambos contactos son transicionales y concordan-- tes.

Esta unidad se le dió la categoría de impermea-- ble por encontrarse alternadas con lutitas y bajo fractura-- miento.

### 2.b.- Formación Cuchillo (impermeable, iKcuc)

Tiene una edad que va desde el Aptiano Superior al Albiano, Tardy (1976). Encontrándose presente en las sierras de la Campana y Tlahualilo. Tiene un espesor de 450 m aproximadamente, presentando dos miembros. El inferior de calizas dolimitizadas y dolomías en estratos de 1 m a 2 m, y el miembro superior constituido de calizas, dolomías, brechas calcáreas y abundantes capas de yeso, se encuentra en contacto con la Formación Aurora no así su contacto inferior, el cual no aflora en el área de estudio.

Esta unidad se considera impermeable debido a su litología ya que la dolomía es más resistente a la carsticidad y la abundancia de capas de yeso debido a su gran solubilidad hacen que los posibles conductos de disolución sean sellados nuevamente, además presenta bajo fracturamiento.

### 2.c.- Formación Aurora (permeable, pKa)

Esta formación es muy fosilífera, algunos autores le asignan edad Albiano Cenomaniano consiste de caliza gris claro a oscuro que intemperiza a gris parduzco con texturas que abarcan desde Mudstone a Packstone en estratificación que va de delgada a masiva. Su composición litológica la hace resistente a la erosión, por lo que presenta un relieve accidentado y topográficamente alto. Sobreyace concordantemente a la Formación Cuchillo en las Sierras de La Cam-

pana y Tlahualilo donde el contacto es transicional y a la Serie Coahuiliana en las Sierras de Mapimí, El Sarnoso y Las Noas.

Se infiere que la Formación Aurora se adelgaza hacia el poniente del área. Localmente presenta secciones que varían en espesor de 300 a 500 m.

En la Sierra de Mapimí área de Ojuela esta formación presenta un espesor de 500 m aproximadamente. Debido a la abundancia de rudistas y miliólidos se le considera de carácter arrecifal, contiene además módulos de pedernal.

En la Sierra de La Campana se encuentran dolomías y lentes de yeso intercaladas con calizas, mientras que en la parte inferior de la Sierra de Las Noas se aprecian varios metros de espesor de dolomías puras. En la Sierra de San Lorenzo y Texas tiene textura de Packstone originada por la abundante cantidad de miliólidos.

Debido al carácter arrecifal de esta formación se le da cierto valor de permeabilidad primaria y almacenamiento, pero básicamente se le considera permeable por observarse moderado fracturamiento y disolución cárstica en el campo y a razón de ciertos pozos perforados en Mapimí y Vieca en posible caliza Aurora.

### 3.- Cretácico Superior

### 3.a.- Formación Indidura (impermeable, iKi)

Esta formación se le asigna edad Turoniana, Kellum (1936), aflora únicamente en las Sierras de Mapimí y -- Las Noas, sobreyace discordantemente a la Formación Aurora y su parte superior se encuentra erosionada, sólo se midieron 110 m de espesor en la Sierra de Mapimí. Su litología consiste de interestratificaciones delgadas de lutita con calizas negras. Debido a su carácter arcilloso sólo se encuentra en las partes topográficamente bajas.

Se le consideró impermeable debido a su litología de lutitas y bajo fracturamiento.

## 4.- Terciario

### 4.a.- Formación Ahuichila (semipermeable, sTa)

De Cserna (1956-1960), considera a esta Formación como de edad Eocénica Tardía o Oligocénica Temprana. -- Se encuentra distribuida en las faldas de las Sierras de Mapimí y Las Noas.

Está constituida por depósitos de origen continental, proveniente de la erosión de las rocas mesozoicas -- preexistentes formando conglomerados y brechas dispuestos en forma masiva. El material está formado principalmente por -- fragmentos subredondeados, semiconsolidados de caliza de di-

ferentes tonos de gris a rosa y lutita calcárea, contiene -- además arenisca calcárea, pedernal negro y localmente algunos fragmentos de roca volcánica, con cementante calcáreo. El tamaño de los fragmentos varía de unos cuantos milímetros a cantos mayores de 30 cm de diámetro. El color al intemperismo varía de amarillo grisáceo a gris claro.

Esta roca cayó en el rango de semipermeable debido a su fracturamiento moderado ya que su litología creada de material compacto y en algunos casos bien cementado - lo hace de baja conductividad hidráulica.

#### 4.b.- Rocas Igneas Intrusivas (impermeable, iIgl)

Se encuentra intrusionando la Sierra El Sarno al poniente de Dinamita, en forma de tronco con una superficie de  $75 \text{ km}^2$ . Es de afinidad diorítica pero se han observado fases monzoníticas según Rusell y Mc Leroy (1966), las superficies intemperizadas son de color pardo amarillento, pero las superficies frescas son de color gris o rosa, presentando metamorfismo de contacto, como es el caso del mármol que se extrae, producto de la alteración de fluidos y altas temperaturas al estar en contacto con las calizas.

Debido al tipo de litología y bajo fracturamiento observado en este tipo de roca se consideró a esta de comportamiento impermeable.

#### 4.c.- Rocas Igneas Extrusivas (semipermeable, -- sIge)

Al norte de la subcuenca, en el Valle de Tla--  
hualilo se presentan como derrames de basalto formando peque--  
ños lunares, mientras que en el área al norte de San Pedro  
de las Colonias, forma la Sierra de Santiago.

Aunque el grado de solidificación de esta roca -  
la hace considerarla de baja conductividad hidráulica el mo-  
derado fracturamiento que presenta, la cataloga en la unidad  
semipermeable.

#### 5.- Cuaternario

##### 5.a.- Aluvión (permeable, pQal)

Es la roca sedimentaria granular originada por  
la erosión procedente de partes altas, se le asigna una edad  
del Pleistoceno al Reciente. Dichos sedimentos tienen una -  
clasificación muy pobre cuyos clastos varían en tamaño desde  
cantos rodados en las faldas de las sierras hasta arcillas -  
conforme se aleja de las partes altas.

El material se presenta en mayor porcentaje, cons-  
tituido por arenas medias o finas, arcillas, limos y gravas.  
De la observación del subsuelo en zanjas y arroyos se deter-  
minó un espesor aproximado de 5 m a 10 m de arenas finas y -  
arcillas, no teniéndose más información a profundidad.

En terminos generales se consideró a estos depósitos permeables aunque en los primeros metros presenta un comportamiento impermeable. A profundidad este sedimento se vuelve permeable como lo demuestra la cantidad de pozos perforados en la zona de estudio para la extracción de agua subterránea; debido a su carácter heterogeneo presenta una gran anisotropía. En cuanto a su almacenamiento se refiere tiene un comportamiento bastante irregular, debido a la gran cantidad de eventos geológicos que han contribuido en su génesis es de esperarse que en algunas áreas tenga más de 1000 m de espesor.

#### 5.b.- Depósitos Eólicos (permeable, peo)

Está formado por arenas finas de clastos de sílice, ferromagnesianos y mica bien clasificados formando dunas de variables dimensiones, se le atribuye una edad del Pleistoceno al Reciente, distribuidas a lo largo de la parte este de la subcuenca.

Estos sedimentos se presentan en forma de lunares que debido al tamaño tan uniforme de sus granos los hace de una conductividad hidráulica excelente cayendo en la categoría de permeables isotrópicos.

#### II.4.- Geología Estructural

El área de esta subcuenca, se encuentra dentro de una región intensamente plegada. Está formada por anti--

clinorios y sinclinorios con pliegues muy cerrados que se extienden a poca distancia en sentido vertical. Estos pliegues generalmente se encuentran recostados al NE, hacia la antigua Península de Coahuila (ver figura II.3)

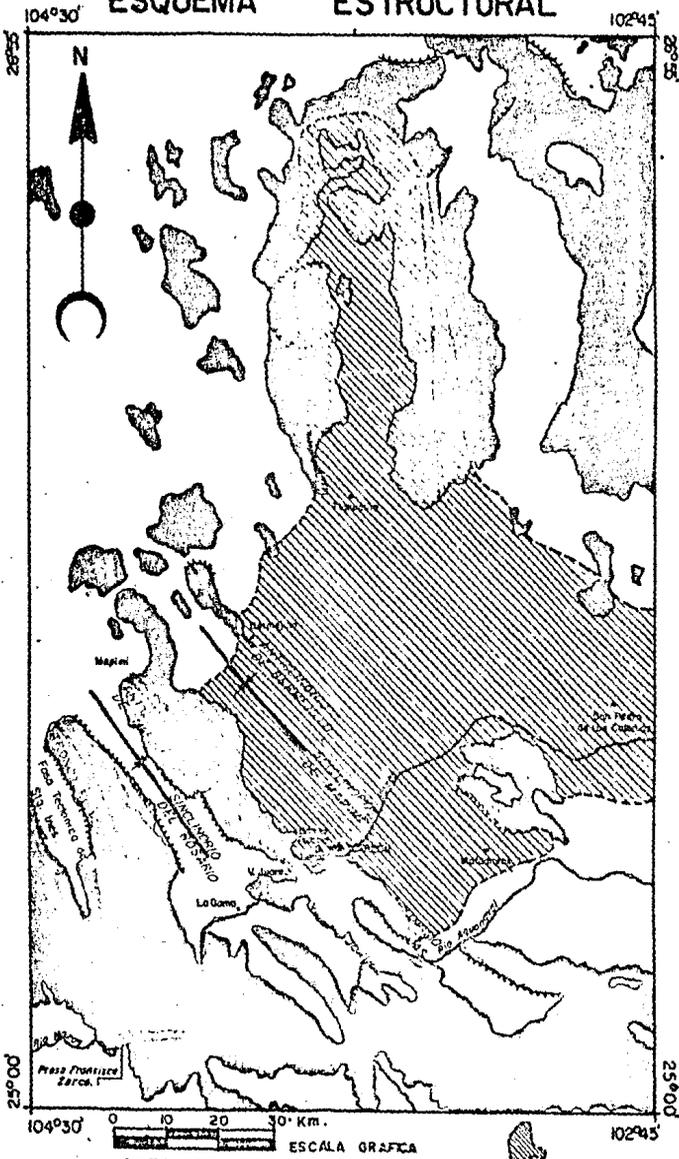
#### 1.- Anticlinorio de Mapimi

Esta estructura es la más importante por su estrecha relación con el área de estudio y la posibilidad de explotar agua de las calizas en el sitio denominado Mina La Ojuela.

Se trata de una serie de anticlinales y sinclinales cuya traza geométrica se orienta noreste-sureste, su longitud es de 45 km, con una amplitud media de 7.5 km y su amplitud máxima de 15 km producto de la deformación provocada por un intrusivo.

En la Sierra de Mapimi aflora la Caliza Aurora, la cual se pone en contacto con la Formación Indidura por depósito y debido a una falla inversa, por lo que respecta a sus flancos está en contacto con el aluvión, al noroeste buza y desaparece en la Ciudad de Mapimi, mientras que en sentido contrario se pone en contacto con rocas metamórficas -- por la intrusión de un tronco de composición ácida, en dirección sureste en la Sierra El Sarnoso aflora la misma caliza, estando sus flancos en contacto con depósitos de aluvión, a excepción del Cañón El Soldado en que se encuentran aflorando sedimentos Jurásicos.

# ESQUEMA ESTRUCTURAL



- AREA DE ESTUDIO \_\_\_\_\_
- ROCA INSITU \_\_\_\_\_
- RELLENO DE VALLE \_\_\_\_\_
- CUERPO DE AGUA \_\_\_\_\_

FIG. II.3.

## 2.- Anticlinorio de Las Noas

Esta estructura se encuentra al sur de Torreón con una traza axial NW-SE, con longitud de 21.2 km y amplitud promedio de 3.8 km. A diferencia del Anticlinorio de Mapimí, los anticlinales y sinclinales son más amplios y menos inclinados. En el extremo NW se prolonga con el anterior anticlinorio mientras al SE se encuentra buzando a pocos kilómetros del Río Aguanaval, donde se ponen en contacto, al igual que sus flancos, los sedimentos de la Formación Aurora con depósitos de Aluvión.

## 3.- Anticlinal de las Sierras Texas-San Lorenzo

La estructura se localiza en la porción SE de la subcuenca, con una longitud de 28 km y amplitud máxima de 16 km, con una traza axial NW-SE, aflorando en rocas de la Formación Aurora.

## 4.- Sierras de La Campana y Tlahualilo

Aparentemente se trata de anticlinales muy amplios afectados por varias fallas de tensión, con un plano axial casi norte-sur franco y longitud aproximada de 60 km. Tectónicamente no se encuentran muy afectados, debido a que esta área actuó como contrafuerte en la etapa de plegamiento.

## 5.- Sistema de Fallas y Fracturas

Las estructuras anteriormente descritas se -

encuentran afectadas por numerosas fallas y fracturas, las cuales se integraron mediante rosetas y densidad de fracturamiento.

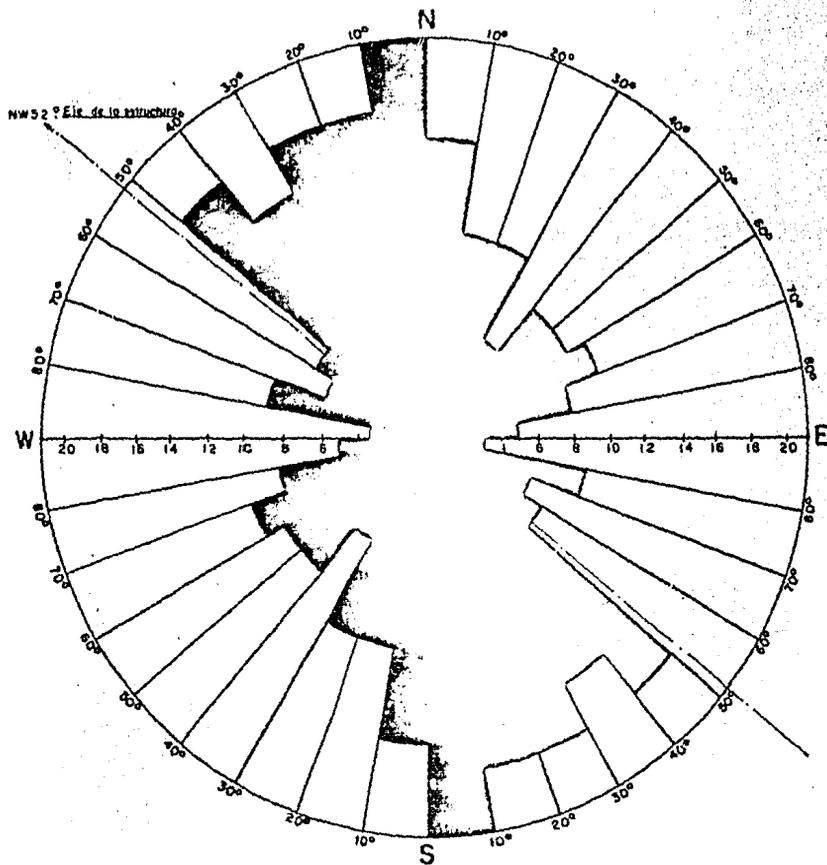
Las fallas correspondientes a la subprovincia fisiográfica de las Sierras Transversales tienen un rumbo de echado suroeste, mientras que las observadas en la Sierra de La Campana dan rumbo de echado hacia el este. A excepción de la falla inversa en la Sierra de Mapimi todas son de tipo normal.

Para conocer el rumbo preferencial de fallas y fracturas se obtuvieron cuatro rosetas según su frecuencia de ocurrencia para conocer el posible escurrimiento subsuperficial y subterráneo en las sierras, a la vez que se determinó su densidad para conocer su mayor o menor permeabilidad cualitativa con respecto a las otras sierras (comparación).

#### 5.a.- Sierra de Mapimi-El Sarnoso

Se tomaron 200 datos (fallas y fracturas) para la elaboración de la roseta (ver figura II.4), determinando dos sistemas de dirección preferencial NW-SE (intervalos NW:  $10^{\circ}$  a  $50^{\circ}$  y  $0^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ ) y NE-SW (intervalos NE:  $40^{\circ}$  a  $70^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$  a  $30^{\circ}$  y  $0^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ ) los cuales se cortan perpendicularmente -- ( $20^{\circ}$  NW a  $50^{\circ}$  NW con  $40^{\circ}$  NE a  $70^{\circ}$  SE) y oblicuamente.

# ROSETA DE FRACTURAS SIERRA MAPIMI-SARNOSO



INTERVALO	FREC. AL N.W.	FREC. AL N.E.	
0°—10°	21	16	
10°—20°	18	11	
20°—30°	18	11	
30°—40°	15	6	
40°—50°	18	9	
50°—60°	7	9	
60°—70°	6	10	
70°—80°	9	8	
80°—90°	3	5	
TOTAL:	115	85	200

FIG. II.4.

En cuanto a su densidad se tiene lo siguiente:

UNIDAD	LONGITUD TOTAL km	AREA km <sup>2</sup>	DENSIDAD km/km <sup>2</sup>
Impermeable	8.65	13.50	0.640
Semipermeable	142.40	68.75	2.070
Permeable	136.81	159.50	0.860
T O T A L	287.86	241.75	1.190

#### 5.b.- Sierra Texas-San Lorenzo

De 48 datos se obtuvo la roseta (ver figura -- II.5) con dirección preferencial NE-SW en el intervalo 30° - NE a 50° NE, del análisis de densidad se tiene:

UNIDAD	LONGITUD TOTAL km	AREA km <sup>2</sup>	DENSIDAD km/km <sup>2</sup>
Permeable	103.11	134.0	0.77

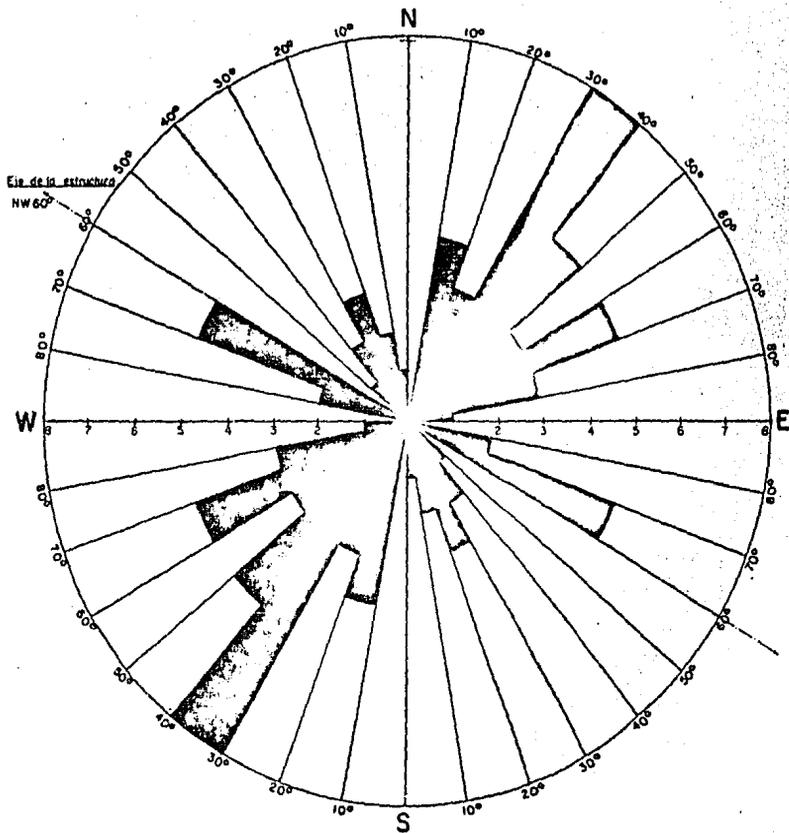
#### 5.c.- Sierra Las Noas

La roseta (ver figura II.6) se obtuvo de 132 - datos con dos direcciones preferenciales NE-SW y NW-SE dominando la primera. En la dirección NE se tiene la predominancia de 30° a 60° y en la dirección NW de 10° a 40°, del análisis de densidad se tiene:

UNIDAD	LONGITUD TOTAL km	AREA km <sup>2</sup>	DENSIDAD km/km <sup>2</sup>
Permeable	63.0	55.0	1.145

# ROSETA DE FRACTURAS

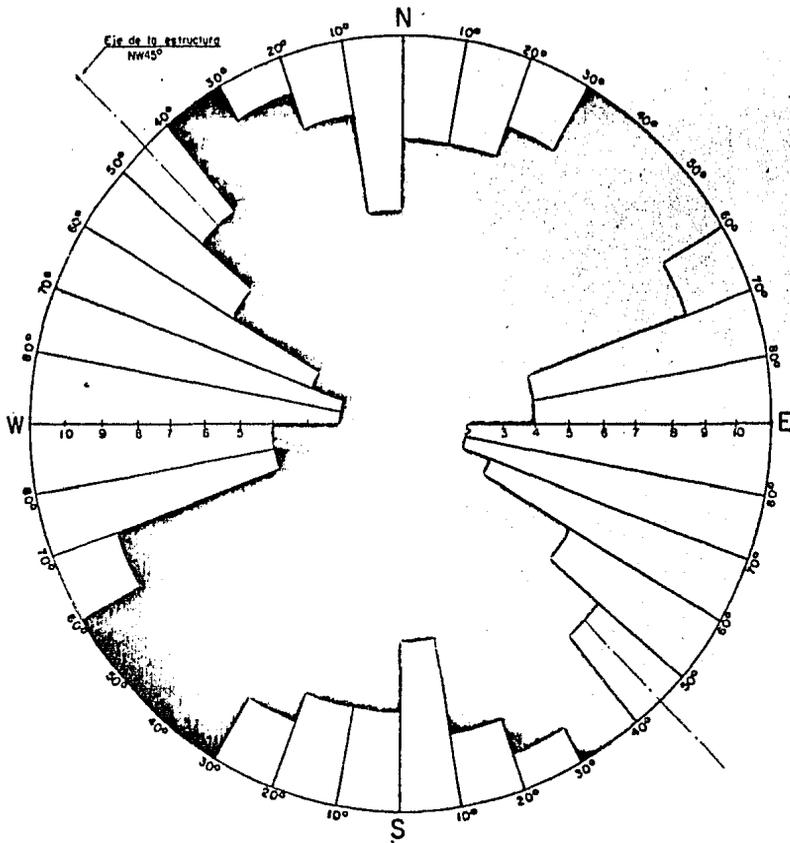
## SIERRA DE TEXAS - SAN LORENZO



INTERVALO	FREC. AL N.W.	FREC. AL N.E.
0° — 10°	1	0
10° — 20°	2	4
20° — 30°	3	3
30° — 40°	2	8
40° — 50°	1	5
50° — 60°	0	3
60° — 70°	5	5
70° — 80°	2	3
80° — 90°	0	1
TOTAL:	16	32

FIG. II. 5.

# ROSETA DE FRACTURAS SIERRA DE LAS NOAS



INTERVALO	FREC. AL N.W.	FREC. AL N.E.
0° — 10°	6	8
10° — 20°	9	8
20° — 30°	10	9
30° — 40°	11	11
40° — 50°	8	11
50° — 60°	6	11
60° — 70°	3	9
70° — 80°	2	4
80° — 90°	2	4
TOTAL:	57	75

FIG. II: 6.

### 5.d.- Sierra La Campana

De los 127 datos de la roseta (ver figura II.7) se determinaron dos direcciones NW-SE y NE-SW predominando - la primera.

En la dirección NW se tienen los intervalos predominantes de  $20^{\circ}$  a  $50^{\circ}$  y de  $60^{\circ}$  a  $80^{\circ}$ , con dirección NE se tienen de  $70^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ , del análisis de densidad se tiene:

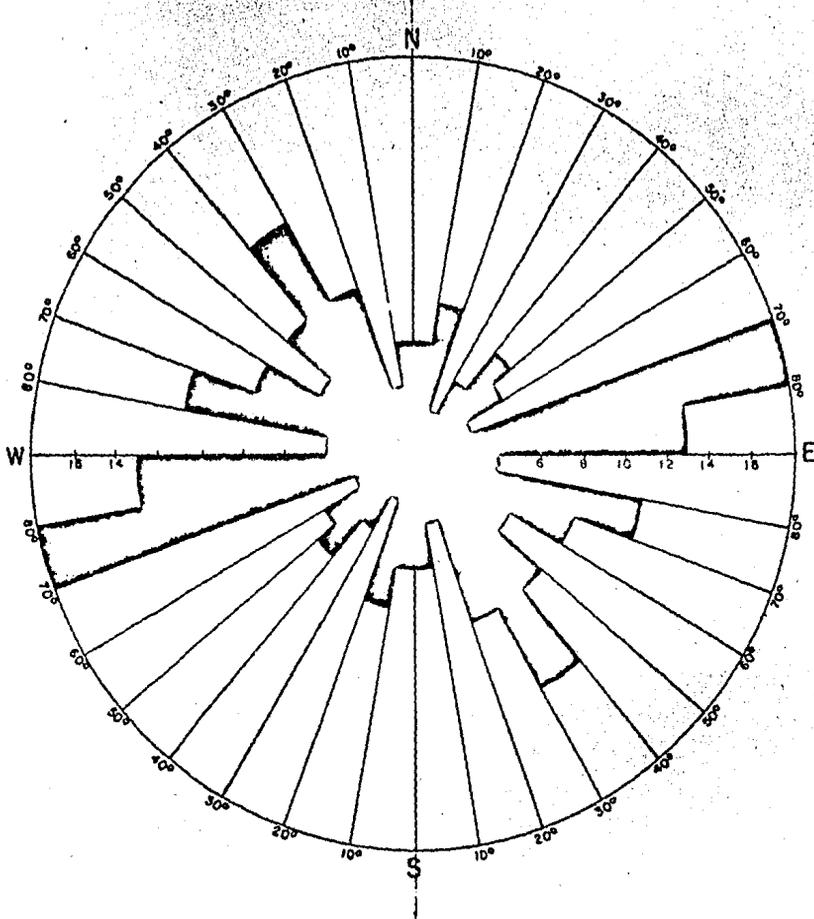
UNIDAD	LONGITUD TOTAL km	AREA km <sup>2</sup>	DENSIDAD km/km <sup>2</sup>
Impermeable	78.9	160.10	0.490
Permeable	200.9	211.10	0.950
T O T A L	279.8	371.20	0.750

### II.5.- Geología Histórica

Las rocas más antiguas en el área son las de la Formación La Gloria, cuyas areniscas indican que se depositó debido a una transgresión marina que probablemente comenzó - en el Jurásico Superior (Clemons y Mc Leroy, 1964). Durante esta transgresión se depositaron clásticos interestratificados con carbonatos, que constituyeron la Formación La Casita y la Serie Coahuiliana, los clásticos seguramente provenían de la antigua Península de Coahuila. Al continuar la transgresión marina durante el Aptiano, se depositan en dicha pe-

# ROSETA DE FRACTURAS SIERRA LA CAMPANA

*Eje de la estructura*



INTERVALO	FREC. AL N.W.	FREC. AL N.E.
0°—10°	5	5
10°—20°	3	7
20°—30°	8	2
30°—40°	12	4
40°—50°	8	6
50°—60°	5	5
60°—70°	8	3
70°—80°	11	18
80°—90°	4	13
TOTAL:	64	63

FIG. II. 7.

nínsula y en áreas cercanas de mares someros, yesos y carbonatos que constituyen la Formación Cuchillo.

Durante el Albiano se empezaron a depositar los carbonatos, con facies de plataforma a arrecife constituyendo la Formación Aurora.

En el Albiano Tardío empezaron a cambiar las condiciones de depósito, iniciándose en el Cretácico Tardío un nuevo levantamiento que dio origen a la Orogenia Laramide, - que continuó hasta el Eoceno Medio. Esto provocó que se depositaran lodos y carbonatos de la Formación Indidura, así - como las grauwacas y lutitas de la Formación Caracol. Las - fuerzas de esta orogenia fueron activadas desde el suroeste, dando lugar a que los estratos fueran perpendiculares a la - antigua Península de Coahuila que actuó como contrafuerte. El plegamiento estuvo acompañado por fallas inversas y cabalgaduras así como el posterior emplazamiento de cuerpos igneos intrusivos (El Sarnoso, La Ojuela, etc.) que levantaron y deformaron en forma local, los estratos previamente plegados, dando origen a depósitos de soluciones mineralizadoras que - forman los pequeños depósitos minerales que actualmente existen. Este levantamiento causó la casi total erosión de la - Formación Indidura, que probablemente originó los primeros - depósitos de tipo continental.

Hacia fines del Eoceno o a principios del Oligoceno se crearon fosas tectónicas (esfuerzo tensional) sobre parte de las estructuras plegadas, en las que se depositaron grandes espesores de rocas de origen netamente continental - (Formación Ahuichila), acompañadas por intensa actividad volcánica de tipo andesítico-riolítico durante el Oligoceno-Mioceno (Mc Leroy y Clemons, 1965; Pantoja Alor, 1963).

El Plioceno (Federico Mayer Rul, 1962) fué un período intenso de erosión y en este tiempo se formaron valles intermontanos que poco a poco dieron origen a algunas cuencas hidrográficas internas (Laguna de Mayrán y de Viesca).

Durante el Pleistoceno - Reciente, dichas cuencas se fueron llenando de grandes volúmenes de sedimentos -- provenientes de las partes altas, los cuales dependiendo de su energía de movimiento se depositaron, dando lugar a pequeñas lagunas (donde se realizaron concentraciones de sales) que fueron reduciendo sus límites, primero a un ligero levantamiento regional y por último la pobre aportación de escorrentimiento superficial y alta temperatura, sumando a esto la excesiva explotación del acuífero, que se ha venido efectuando hasta la fecha. Siendo la erosión, más que el depósito, el evento geológico predominante de los días actuales como lo atestiguan la gran cantidad de carcavas existentes.

### III.- GEOFISICA

#### III.1.- Método Utilizado

Con la finalidad de conocer la litología del subsuelo, espesor saturado y profundidad basal en los alrededores de las Centrales Termoeléctricas, se realizó el estudio de resistividades eléctricas mediante 85 sondeos eléctricos verticales tipo Schlumberger distribuidos a lo largo de 12 secciones emplazadas a los lados de carreteras, terracerías y canales, con aberturas máximas entre electrodos emisores de corriente de  $AB = 1000$  m y  $AB = 2000$  m cubriendo un área de  $40 \text{ km}^2$  aproximadamente (ver anexo figura III.1)

#### III.2.- Ventajas y Resultados del Método

Se utilizó el método de Resistividad Eléctrica - por su facilidad de operación para abarcar grandes extensiones a menor costo y considerando además, la experiencia que se tiene en esta zona ya que con anterioridad se ha trabajado, observando que los contrastes de resistividad están bien marcados por lo cual la separación de unidades geoléctricas tendrían un porcentaje de error muy pequeño.

Del análisis de resistividad se desprende la -- existencia de los siguientes resultados:

(U<sub>1</sub>).- Unidad de cobertura formada por gravas, arenas, limos y arcillas, se le encuentra en toda el área alcanzando un espesor máximo de 35 m y su resistividad varía de 2 a 1400 ohm-m.

(U<sub>2</sub>).- Se encuentra constituida por gravas y arenas, su rango de resistividad varía de 21 a 1000 ohm-m, el espesor detectado en el área estudiada es de 15 m a 85 m, -- por encontrarse suprayaciendo al nivel piezométrico no es de interés geohidrológico.

(U'<sub>2</sub>).- Esta unidad por sus rangos de resistividad (3-27 ohm-m), se asigna a arenas y arcillas no saturadas y se le encuentra en zonas muy locales.

(U<sub>3</sub>).- Está constituida por arenas y gravas, su resistividad varía de 50 a 360 ohm-m, esta unidad no se localiza en todas las secciones, además por no encontrarse en la zona de saturación no se le considera de interés.

(U<sub>4</sub>).- Su rango de resistividad varía de 18 a -- 100 ohm-m, por lo que se asigna a gravas y arenas saturadas de interés para fines geohidrológicos. Esta unidad se encuentra en casi toda el área de estudio y su espesor varía de 20 a 480 m.

(U'<sub>4</sub>).- Se infiere como arenas y arcillas, sus -- rangos de resistividad varían de 6 a 15 ohm-m y funciona como una sub-unidad de la unidad U<sub>4</sub> ya que se presenta como --

una interfase lateral de dicha unidad, su espesor varía de - 50 a 455 m, se le considera de bajas posibilidades acuíferas.

(U<sub>5</sub>).- Sus rangos de resistividad varían de 11 a 50 ohm-m y se atribuye a arenas con arcillas, se puede con siderar con posibilidades acuíferas regulares.

(U'<sub>5</sub>).- Unidad arcillosa (impermeable), con ran-- gos de resistividad de 3 a 11 ohm-m, se presenta como una in terfase lateral de la unidad U<sub>5</sub>.

(U''<sub>5</sub>).- Esta unidad subyace a la unidad U<sub>5</sub> y U'<sub>5</sub> bajo los S.E.V. 4, 6 y 73, por sus rangos de resistividad -- (26 a 55 ohm-m) corresponde a gravas y arenas que puede ser de interés geohidrológico.

(U<sub>6</sub>).- Corresponde a caliza con rangos de resis-- tividad de 70 a 2000 ohm-m, se detectó únicamente en las sec ciones electroestratigráficas A-A' y B-B', bajo los S.E.V.-- 75-57 y 36-26

### III.3.- Interpretación Geofísica-Geológica

Para la interpretación de curvas de resistividad aparente se utilizó la superposición parcial por el método - del punto auxiliar, utilizando curvas maestras para dos y -- tres capas. Los resultados obtenidos se sometieron a compro-- bación mediante un programa de computadora, el cual, a par--

tir de los datos de la interpretación manual generan un modelo teórico y lo comparan con las curvas interpretadas, proporcionando el error de interpretación.

De las resistividades reales procesadas por la Residencia de Geofísica para Plantas Térmicas (C.F.E.) se obtuvieron las unidades geoelectricas dadas anteriormente, las cuales se correlacionaron para conocer el marco geológico del subsuelo en los alrededores de las Centrales Eléctricas por medio de 12 secciones electroestratigráficas (ver anexo figuras III.2 y III.3)

#### IV.- HIDROGEOQUIMICA

Para conocer la calidad del agua subterránea se hizo el estudio hidrogasoquímico porque la utilización de este recurso para la industria eléctrica depende del tipo de sustancia disuelta y concentración, además que sirve para establecer la dirección de flujo subterráneo.

La realización de este capítulo se llevó a cabo con los conceptos desarrollados a continuación.

##### IV.1.- Muestreo y Análisis Químico

Para conocer algunas características físico-químicas del agua subterránea se realizaron 147 análisis quí-

cos de pozos piloto, en los municipios de Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, San Pedro de las Colonias, Tlahualilo, Mapimi, Francisco I. Madero y Matamoros.

En el análisis químico se obtuvieron los siguientes iones disueltos en meq/l, como son cationes calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y aniones carbonatos ( $\text{CO}_3^{--}$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ). Determinando también el potencial hidrógeno (pH), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad (CE en micromhos/cm), dureza y alcalinidad total expresada en términos de carbonato de calcio (ppm) y su índice de saturación (IS), (ver anexo tabla IV.1)

#### IV.2.- Calidad del agua para uso industrial

La calidad del agua para uso industrial en este caso se consideró tomando en cuenta que la dureza total para la producción de vapor no debe sobrepasar a 300 ppm como carbonato de calcio, tomando además en consideración que la concentración de sólidos totales disueltos no debe pasar de 1000 ppm, aunque pueden usarse aguas con mayor contenido de sólidos disueltos, siempre y cuando su dureza total no pase de 300 ppm y el contenido de fierro y manganeso sea menor de 0.3 ppm. La calidad del agua para cada uno de los pozos se reporta en el anexo tabla IV.1

Se obtuvo el índice de saturación de las muestras mediante las gráficas de Tillmans y de Claude Schmit los resultados se dan en la tabla IV.2, donde el valor positivo indica incrustabilidad, el negativo agresividad y el cero indica equilibrio. La ecuación utilizada es:

$$\text{Índice de Saturación} = \text{pH (muestra)} - \text{pH (calculado)}$$

#### IV.3.- Configuraciones

##### 1.- Sólidos Totales Disueltos

Para establecer las áreas de mayor concentración salina y comprobar dirección de flujo mostrado en el plano de red de flujo, se elaboró su configuración (ver anexo plano IV.1). Estableciendo que las mayores concentraciones de sólidos son de 3500 mg/l en los municipios de Gómez Palacio, en los límites de Viesca-Matamoros, al norte de Bermejillo y al sureste de Francisco I. Madero y las menores concentraciones corresponden al antiguo cauce del Río Nazas con -- 300 mg/l.

##### 2.- Conductividad

Se elaboró el plano de conductividad (ver -- anexo plano IV.2), observándose que en general los contenidos de STD coinciden con las conductividades, lo que indica

## CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL

Nº ORDEN	DUREZA TOTAL Como CaCO P.P.M.	ALCALINIDAD Como CaCO P.P.M.	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/L.	TEMP °C	P.H. LAB.	P.H. EQUILIBRIO	L.S. INDICE DE SATURA CION.	CONDICIONES DE CALIDAD
1	311	150	12.78	25	7.70	7.68	+0.02	EQUILIBRADA
2	244	148	10.26	25	7.84	7.71	+0.13	INCRUSTANTE
5	240	176	10.22	25	7.71	7.55	+0.16	INCRUSTANTE
6	198	140	9.57	25	7.96	7.75	+0.21	INCRUSTANTE
11	422	120	23.16	25	7.84	7.83	+0.01	EQUILIBRADA
12	239	168	11.49	27	7.91	7.57	+0.34	INCRUSTANTE
13	115	122	13.72	27	7.91	7.77	+0.14	INCRUSTANTE
16	400	160	19.89	21	7.75	7.60	+0.15	INCRUSTANTE
18	1718	132	81.79	21	7.91	7.83	+0.08	INCRUSTANTE
19	1834	156	79.37	21	7.84	7.72	+0.12	INCRUSTANTE
20	561	156	23.85	21	7.95	7.72	+0.23	INCRUSTANTE
21	143	100	9.53	21	8.05	8.03	+0.02	EQUILIBRADA
22	771	124	42.11	21	7.61	7.59	+0.02	EQUILIBRADA
23	1521	176	99.31	21	7.71	7.61	+0.10	INCRUSTANTE
24	981	162	40.11	21	7.73	7.66	+0.07	INCRUSTANTE
25	644	128	26.31	27	8.24	7.81	+0.43	INCRUSTANTE
26	594	106	27.82	27	7.95	7.92	+0.03	EQUILIBRADA
27	143	118	5.90	27	8.27	7.85	+0.42	INCRUSTANTE
28	493	130	24.13	27	7.84	7.80	+0.04	EQUILIBRADA
29	298	126	18.50	27	8.16	7.80	+0.36	INCRUSTANTE
30	209	144	8.66	27	8.14	7.68	+0.46	INCRUSTANTE
31	232	336	46.02	27	7.70	6.95	+0.75	INCRUSTANTE
32	801	126	34.57	21	7.71	7.65	+0.06	INCRUSTANTE
33	205	140	8.66	21	8.40	7.81	+0.59	INCRUSTANTE
34	111	196	9.55	27	8.46	7.43	+1.03	INCRUSTANTE
35	560	106	23.95	27	8.15	7.95	+0.2	INCRUSTANTE
36	478	100	24.03	27	8.07	8.05	+0.02	EQUILIBRADA
37	71	92	8.5	27	8.72	8.11	+0.61	INCRUSTANTE
38	147	128	8.05	27	8.04	7.8	+0.24	INCRUSTANTE
39	2287	126	128.09	21	7.63	7.6	+0.03	EQUILIBRADA
40	1848	130	105.47	21	7.59	7.2	+0.39	INCRUSTANTE
41	1481	110	61.69	21	7.77	7.7	+0.07	INCRUSTANTE
42	846	126	36.47	21	8.0	7.9	+0.1	INCRUSTANTE
43	90	120	6.02	27	8.25	7.87	+0.38	INCRUSTANTE
44	300	112	12.21	21	8.14	8.00	0.14	INCRUSTANTE
45	360	122	31.34	21	8.04	7.9	+0.14	INCRUSTANTE
47	91	130	6.57	27	8.1	7.8	+0.3	INCRUSTANTE
49	338	182	13.83	21	8.17	7.52	+0.65	INCRUSTANTE
50	534	176	29.72	21	8.05	7.60	+0.45	INCRUSTANTE
51	582	208	35.74	21	8.00	7.40	+0.6	INCRUSTANTE
52	939	272	45.56	21	7.87	7.6	+0.27	INCRUSTANTE
54	658	180	31.55	21	8.10	7.57	+0.53	INCRUSTANTE
68	1880	194	95.23	27	7.48	7.4	+0.08	INCRUSTANTE
75	352	134	96.58	27	7.35	7.75	-0.40	AGRESIVA

TABLA IV - 2

UNAM - FACULTAD DE INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL 1984

MIGUEL A. VIRGILIO J.

CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL

Nº ORDEN	DUREZA TOTAL Como CaCO P.P.M.	ALCALINIDAD Como CaCO P.P.M.	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/l.	TEMP °C	P.H. LAB.	P.H. EQUILIBRIO	L.S. INDICE DE SATURACIÓN	CONDICIONES DE CALIDAD
77	1990	98	108.14	27	7.80	7.7	0.10	INCRUSTANTE
82	139	204	87.21	27	7.35	7.35	0	EQUILIBRADA
83	190	116	14.87	27	8.2	7.86	0.34	INCRUSTANTE
84	448	96	42.64	27	8.09	8.00	0.09	INCRUSTANTE
86	632	172	35.84	27	8.16	7.82	0.34	INCRUSTANTE
87	1949	132	113.36	21	7.64	7.60	0.04	INCRUSTANTE
89	480	132	28.95	27	8.02	7.78	0.24	INCRUSTANTE
90	103	110	43.95	27	8.30	7.92	0.38	INCRUSTANTE
92	1918	130	114.23	21	7.75	7.70	0.05	INCRUSTANTE
93	1131	152	60.94	21	7.69	7.60	0.09	INCRUSTANTE
95	590	68	68.46	27	7.70	7.60	0.10	INCRUSTANTE
96	760	27	74.93	27	7.90	7.80	0.10	INCRUSTANTE
97	279	124	13.02	27	8.45	7.85	0.6	INCRUSTANTE
99	229	94	22.45	29	7.89	7.86	0.03	EQUILIBRADA
100	501	156	23.32	29	8.05	7.6	0.45	INCRUSTANTE
102	239	90	20.70	29	8.00	7.98	0.02	EQUILIBRADA
103	270	196	18.02	29	8.25	7.40	0.85	INCRUSTANTE
105	461	180	20.34	27	8.01	7.5	0.51	INCRUSTANTE
106	611	200	28.32	29	7.12	7.10	0.02	EQUILIBRADA
107	300	144	39.17	29	8.14	7.70	0.44	INCRUSTANTE
108	521	184	23.48	21	7.90	7.55	0.35	INCRUSTANTE
110	352	170	14.85	21	7.95	7.87	0.08	INCRUSTANTE
111	518	180	32.05	21	8.30	7.57	0.73	INCRUSTANTE
112	319	208	15.3	29	8.24	7.35	0.89	INCRUSTANTE
113	379	200	29.33	27	8.06	7.4	0.66	INCRUSTANTE
114	470	178	17.66	29	8.01	7.5	0.51	INCRUSTANTE
116	2260	112	125.35	29	7.70	7.0	0.7	INCRUSTANTE
117	901	172	64.76	29	7.55	7.52	0.03	EQUILIBRADA
118	486	106	29.73	29	8.09	8.00	0.09	INCRUSTANTE
120	265	170	12.9	29	8.07	7.52	0.55	INCRUSTANTE
121	271	190	13.12	29	8.06	7.42	0.64	INCRUSTANTE
122	271	184	13.58	29	8.10	7.45	0.65	INCRUSTANTE
123	305	194	14.57	29	8.01	7.4	0.61	INCRUSTANTE
124	292	220	33.08	29	8.10	7.31	0.79	INCRUSTANTE
125	286	186	32.62	29	7.98	7.46	0.52	INCRUSTANTE
128	102	118	11.45	27	8.50	7.86	0.64	INCRUSTANTE
129	81	116	5.30	27	8.40	7.88	0.52	INCRUSTANTE
130	170	218	12.90	27	7.70	7.30	0.4	INCRUSTANTE
131	151	104	7.43	27	8.45	8.0	0.45	INCRUSTANTE
136	595	108	5.98	27	8.74	7.95	0.79	INCRUSTANTE
144	1209	130	75.58	21	7.56	7.52	0.04	INCRUSTANTE
148	2091	130	108.8	21	7.76	7.74	0.02	EQUILIBRADA
154	2290	82	109.67	21	8.22	8.3	0.08	INCRUSTANTE
156	101	110		25	8.46	8.0	0.46	INCRUSTANTE

TABLA IX - 2

UNAM.- FACULTAD DE INGENIERIA - TESIS PROFESIONAL 1984

MIGUEL A. VIRGILIO J.

CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL

Nº ORDEN	DUREZA TOTAL Como CaCO P. P. M.	ALCALINIDAD Como CaCO P. P. M.	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/L.	TEMP °C	P. H. LAB.	P. H. EQUILIBRIO	L. S. INDICE DE SATURACION.	CONDICIONES DE CALIDAD
159	226	226	9.39	27	7.81	7.28	0.53	INCRUSTANTE
161	173	126	7.29	25	7.84	7.83	0.01	EQUILIBRADA
162	900	180	56.87	25	7.54	7.52	0.02	EQUILIBRADA
163	101	116	5.34	25	7.99	7.99	0.	EQUILIBRADA
164	388	96	18.34	25	8.05	8.00	0.05	INCRUSTANTE
165	114	104	5.50	25	8.11	8.0	0.11	INCRUSTANTE
166	100	122	5.92	25	8.04	7.87	0.17	INCRUSTANTE
167	39	122	6.43	27	8.30	7.83	0.47	INCRUSTANTE
168	239	84	35.60	27	8.46	8.17	0.29	INCRUSTANTE
169	101	138	8.71	25	8.50	7.78	0.72	INCRUSTANTE
171	370	128	23.7	29	8.05	7.8	0.25	INCRUSTANTE
173	359	92	20.2	27	8.25	8.1	0.4	INCRUSTANTE
174	452	176	19.85	27	8.05	7.55	0.5	INCRUSTANTE
175	116	116	18.14	27	8.24	7.90	0.34	INCRUSTANTE
178	2140	178	124.14	25	7.64	7.52	0.12	INCRUSTANTE
179	79	124	10.14	25	8.24	7.85	0.39	INCRUSTANTE
181	261	132	13.78	27	8.40	7.75	0.65	INCRUSTANTE
182	269	84	21.40	25	8.20	8.1	0.1	INCRUSTANTE
183	119	130	13.48	27	8.31	7.78	0.53	INCRUSTANTE
184	160	148	19.15	25	8.03	7.72	0.31	INCRUSTANTE
185	50	116	9.79	27	8.24	7.88	0.36	INCRUSTANTE
187	510	94	33.97	25	7.94	7.8	0.14	INCRUSTANTE
188	55	116	6.69	25	8.14	7.92	0.22	INCRUSTANTE
189	499	123	108.90	27	7.95	7.83	0.12	INCRUSTANTE
3	142	156	9.19	27	7.0	7.4	-0.4	AGRESIVA
4	89	144	5.99	27	8.74	7.65	+0.59	INCRUSTANTE
8	103	131	8.83	26	7.9	7.8	+0.10	INCRUSTANTE
10	110	136	5.62	27	8.27	7.7	+0.57	INCRUSTANTE
53	679	226	28.18	27	7.75	6.7	+1.05	INCRUSTANTE
62	825	118	37.89	27	7.79	6.95	+0.84	INCRUSTANTE
69	334	175	58.21	32	7.58	7.1	+3.8	INCRUSTANTE
70	1051	134	50.38	30	7.20	6.75	+0.45	INCRUSTANTE
71	92	114	24.00	30	8.06	7.75	+0.31	INCRUSTANTE
72	121	117	28.42	28	7.82	7.64	+0.18	INCRUSTANTE
73	793	55	13.45	30	7.40	7.2	+0.20	INCRUSTANTE
74	173	127	32.20	25	7.80	7.6	+0.2	INCRUSTANTE
76	399	84	42.77	22	7.8	7.4	+0.4	INCRUSTANTE
78	1749	121	89.42	33	7.18	6.4	+0.78	INCRUSTANTE
79	351	91	41.35	30	7.82	7.22	+0.60	INCRUSTANTE
80	635	162	96.46	20	7.38	7.04	+0.34	INCRUSTANTE
81	1526	149	107.21	26	7.30	6.4	+0.90	INCRUSTANTE
126	229	212	63.38	30	7.84	7.2	+0.64	INCRUSTANTE
127	190	112	18.02	27	7.9	7.5	0.4	INCRUSTANTE
132	90	137	26.96	32	8.26	7.56	+0.70	INCRUSTANTE

TABLA - IV - 2



que la calidad del agua para uso potable no es confiable.

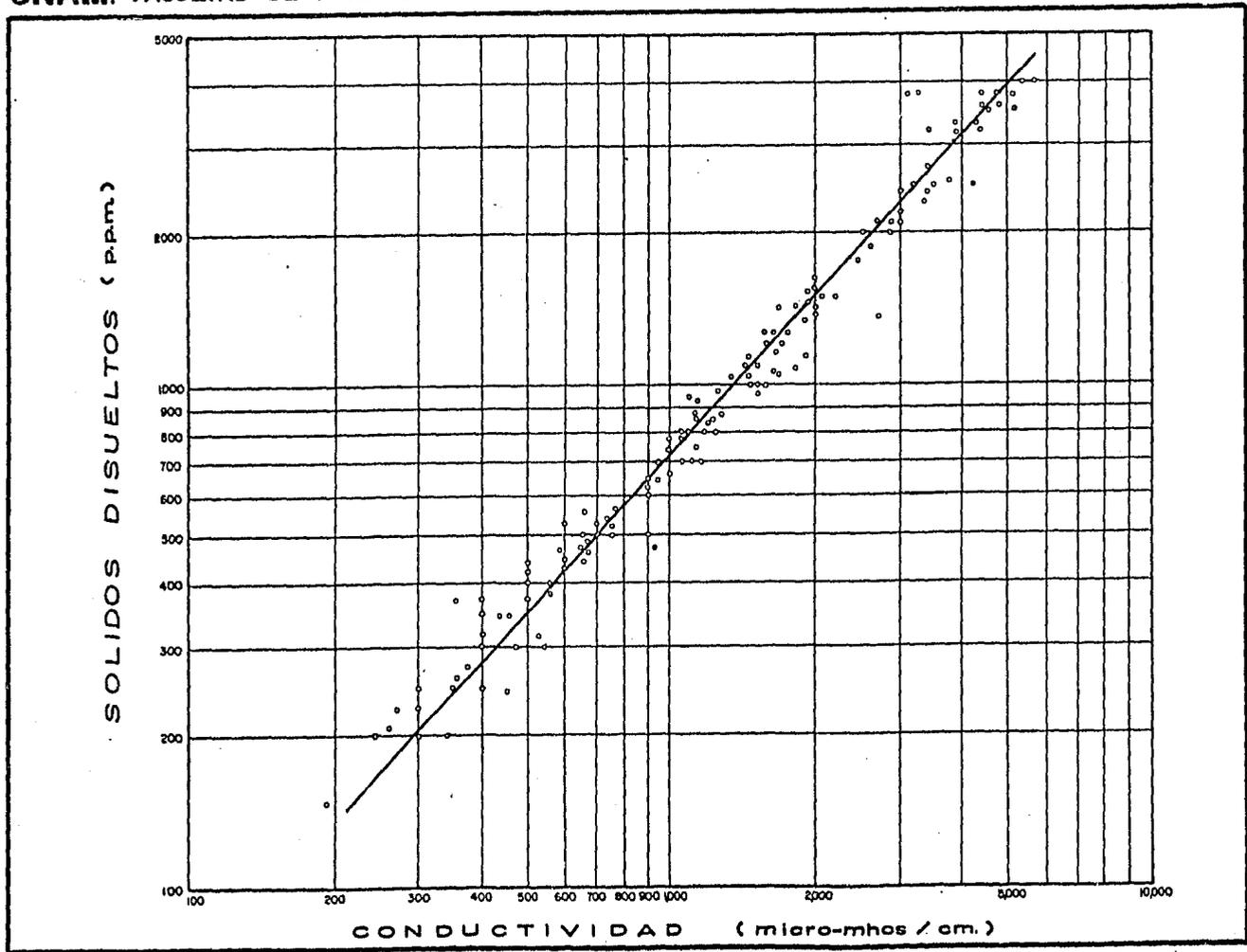
La conductividad es una medida indirecta de los sólidos totales disueltos que contiene el agua, ya que sus valores son directamente proporcionales a estos últimos. Tomando en cuenta esta característica se formó la gráfica IV.1, con la cual se pueden calcular STD a partir de la conductividad o viceversa, que ayudan a complementar la información de configuraciones en una forma rápida y económica.

### 3.- Sulfatos y Calcio

Debido a la limitación de reciclar las aguas en el sistema de enfriamiento, cuando sus concentraciones -- iniciales de sulfatos son altas, se elaboró el plano de configuración de sulfato, para conocer su distribución en el -- área de estudio, observándose el mismo comportamiento para -- el calcio aunque en menores concentraciones, ya que mientras éstos varían de 900 a 20 mg/l las concentraciones de sulfato varían de 2000 a 30 mg/l, como se observa en los anexos planos IV.3 y IV.4

### IV.4.- Tipos de Agua

Para tener en forma rápida e ilustrativa los diferentes tipos o familias de agua, de acuerdo al catión y -- anión predominante, se utilizaron las clasificaciones de Pi-



GRAFICA. IV - I

per y Chasse Palmer, obteniendo además la relación de adsorción de sodio (RAS) para uso agrícola (ver anexo tabla IV.1)

### 1.- Clasificación Piper

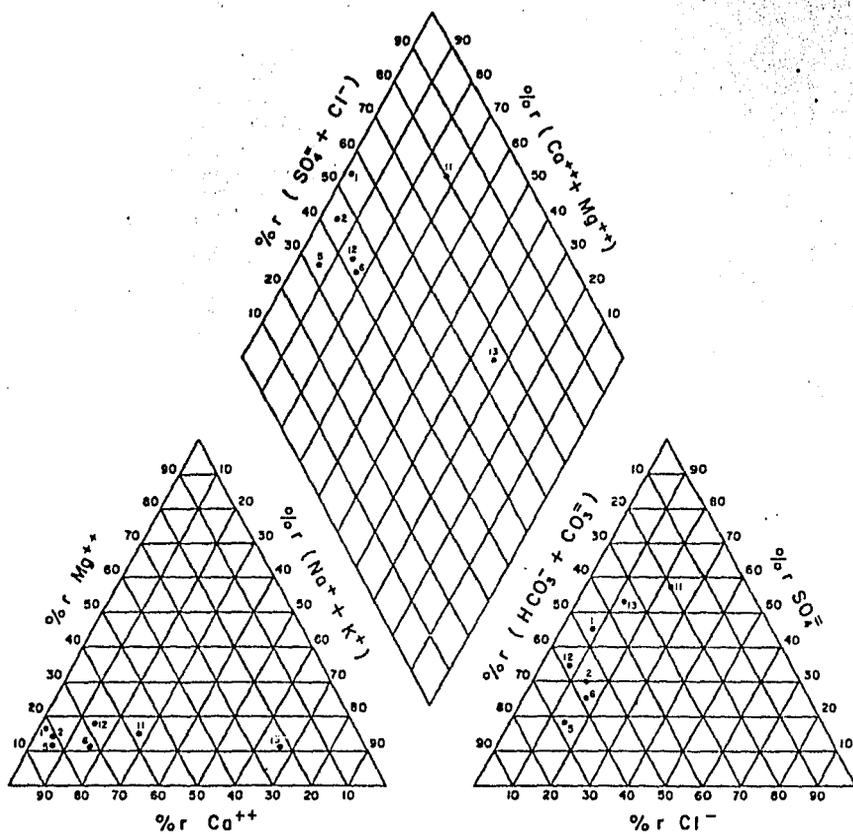
Se forman en base a diagramas triangulares - (ver figura IV.1) y se grafican en porcentaje de meq/l, debido al catión ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) y anión ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) dominante se obtuvieron las familias de aguas con las que se elaboró anexo plano IV.5. En el plano se observa que la familia más abundante en la zona de estudio es la sulfatada -- cálcica, la cual se encuentra presente en casi toda la zona, en segundo lugar se tiene la bicarbonatada cálcica, distribuida en la porción central del área.

### 2.- Clasificación Chasse Palmer

De la clasificación geoquímica de Chasse Palmer se obtuvo que el 100% de agua subterránea analizada es - de tipo III, que corresponde a agua de reciente infiltración, la cual lleva en solución ácidos fuertes tomados de la atmósfera (ver anexo tabla IV.1)

# DIAGRAMA DE PIPER

## MPIO. DE TORREON , COAH.



% r = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES.

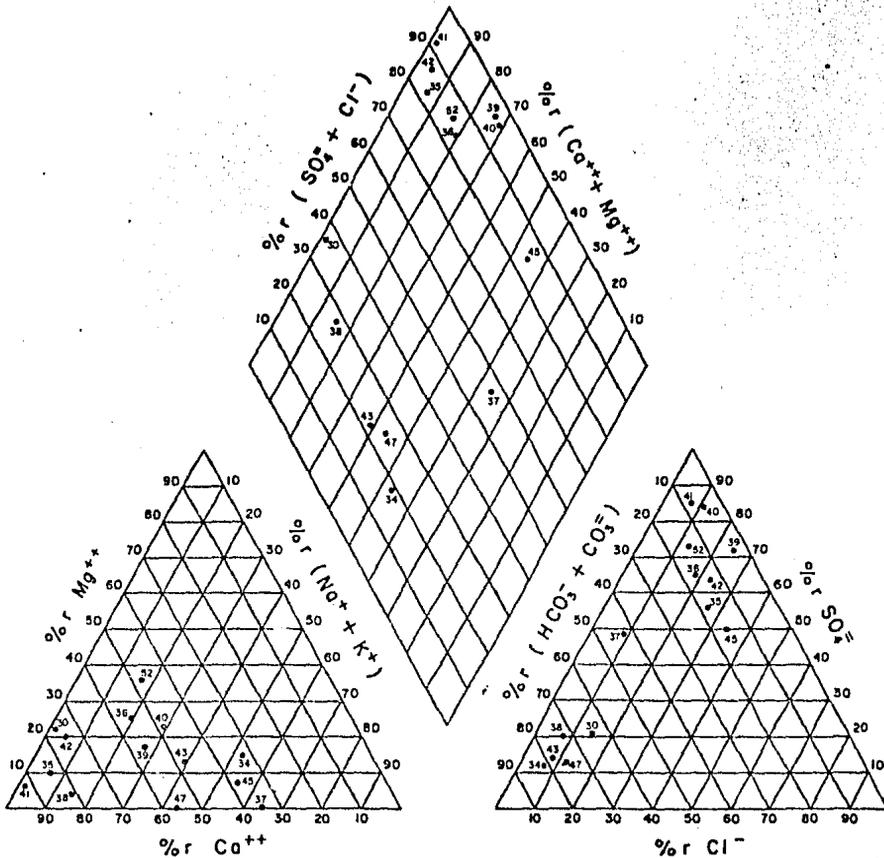
FIG. IV. 1

Observaciones: \_\_\_\_\_

UNAM-FACULTAD DE INGENIERIA-TESIS PROFESIONA-MIGUEL A.VIRGILIO J.

# DIAGRAMA DE PIPER

## MPIO. DE GOMEZ PALACIO, DGO.



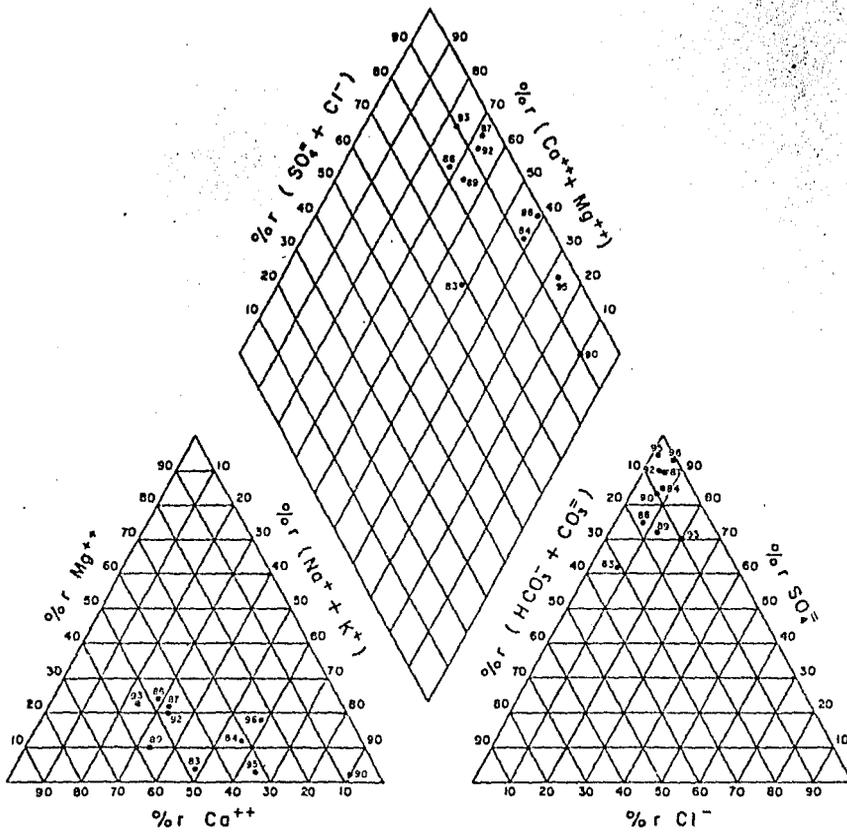
$\% r$  = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES.

FIG. IV. I

Observaciones: \_\_\_\_\_

# DIAGRAMA DE PIPER

## MPIO. DE TLAHUALILO, DGO.



% r = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES.

FIG. IV. 1

Observaciones: \_\_\_\_\_

## V.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL

La finalidad de este capítulo consiste en determinar el aporte de agua por parte del Ciclo Hidrológico al acuífero granular. Para tal efecto se dividió la subcuenca en dos zonas (ver anexo figura V.1), la número uno que comprende el área de canales dentro del distrito de riego número 17 y la número dos donde no existen canales y se presentan las condiciones naturales del Ciclo Hidrológico.

### V.1.- Climatología

Se seleccionaron nueve estaciones climatológicas dentro y fuera de la subcuenca, con el mayor número de datos posibles (ver tabla V.1), para poder hacer el análisis de lluvia, temperatura, evaporación, evapotranspiración y establecer el balance hidrometeorológico como a continuación se expone.

#### 1.a.- Lluvia

Con los valores pluviométricos se graficaron los histogramas, determinando ciclos aproximados de 10 años, donde cada valor máximo anual sólo es superado por perturbaciones atmosféricas fuera del comportamiento normal de dicho ciclo, por ejemplo, remanente de ciclones (ver anexo figura V.2).

UNAM		ESTACIONES CLIMATOLOGICAS						TABLA V-1
FACULTAD DE INGENIERIA								
TESIS PROFESIONAL								
1984	MIQUEL A. VIRGILIO J.							
N <sup>o</sup>	ESTACION	COORDENADAS			PERIODO DE DATOS			
		LATITUD N.	LONGITUD W.	ALTITUD m. s. n. m.	LLUVIA m.m.	TEMPERATURA °C	EVAPORACION m.m.	
<b>ESTADO DURANGO</b>								
1	TIAHUALILLO	26°06'42"	103°26'26"	1100	1905-1982	1961-1982	1966-1982	
2	NAFINI	25°50'05"	103°50'51"	1300	1945-1982	1964-1982	1979-1982	
3	LERDO	25°32'46"	103°31'30"	1140	1906-1982	1921-1982	1923-1982	
4	CAÑON FERNANDEZ	25°16'25"	103°46'06"	1200	1934-1982	1934-1982	1958-1982	
<b>ESTADO COAHUILA</b>								
5	PRESA COYOTE	25°32'50"	103°28'25"	1140	1941-1982	1963-1982	1965-1970	
6	EL CUIJE	25°41'48"	103°20'26"	1120	1935-1982	1963-1982		
7	SAN PEDRO DE LAS COL.	25°45'29"	102°59'04"	1100	1908-1982	1945-1982	1962-1982	
8	PREGA DE GUADALUPE	25°45'26"	103°13'13"	1100	1936-1982	1936-1982	1965-1982	
9	VIESCA	25°20'50"	102°48'23"	1100	1907-1982	1907-1982	1966-1982	

Se estableció además que después de dos ciclos, el valor máximo anual sólo es superado en raras ocasiones. El tercer ciclo presenta un comportamiento más irregular en relación con el supuesto valor máximo anual esperado, dando un volumen mayor con respecto a cada ciclo anterior.

En la gráfica (ver anexo figura V.2) se distinguen que las épocas de mayor lluvia ocurren entre los meses de junio a septiembre, además se tienen lluvias en los meses de diciembre y enero con menor volumen, en la tabla V.2, se dan las medias totales obtenidas de registros completos y continuos, con el que se configuró el plano de isoyeta media total anual (ver anexo plano V.1)

De la integración de valores promedios de cada estación climatológica, mediante la metodología de promedio ponderados de Thiessen, se obtuvo el valor puntual representativo de la subcuenca (ver figura V.3), con un valor promedio anual de 217.53 mm que equivale a un volumen de  $1413.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

El mes en el que se registra mayor precipitación pluvial es septiembre, con una lámina de 44.93 mm y el registro menor corresponde al mes de marzo con 2.97 mm.

De acuerdo con el plano de isoyetas se observa que la precipitación es mayor en las Sierras El Sarnoso, Las

TABLA V -2

No.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1	TLAHUALILO	7.81	4.07	2.66	11.1	13.49	28.78	37.20	40.05	46.55	11.62	8.0	10.86	222.19
2	MAPIMI	6.8	5.67	3.51	6.54	15.07	38.03	36.34	82.26	65.38	15.20	5.85	6.47	287.12
3	LERDO	7.28	4.68	2.91	6.11	15.23	28.83	38.88	44.73	58.05	21.93	8.46	12.60	249.69
4	CAÑON FDEZ.	5.65	3.90	2.53	4.52	10.55	34.14	52.67	60.28	49.88	18.12	5.99	8.36	256.59
5	PRESA COYOTE	8.15	5.17	2.33	6.38	15.45	26.0	32.30	42.94	47.47	18.77	6.42	8.76	220.14
6	EL CUIJE	5.92	3.64	2.7	6.46	11.51	21.71	26.51	32.58	39.63	18.66	6.44	10.14	185.90
7	S. PEDRO DE LAS COL.	5.79	4.16	2.22	5.58	14.32	25.82	26.86	31.66	32.44	15.11	5.39	7.74	177.01
8	PRESA GPE	6.03	3.72	4.94	7.75	16.54	25.42	30.45	47.22	40.14	15.47	9.15	13.81	220.64
9	VIESCA	8.13	5.61	3.26	6.51	9.55	17.74	21.08	34.0	28.98	17.52	8.28	8.9	169.50

LAMINA MEDIA TOTAL MENSUAL EN m.m.  
 VOLUMEN MEDIO TOTAL MENSUAL EN M<sup>3</sup>

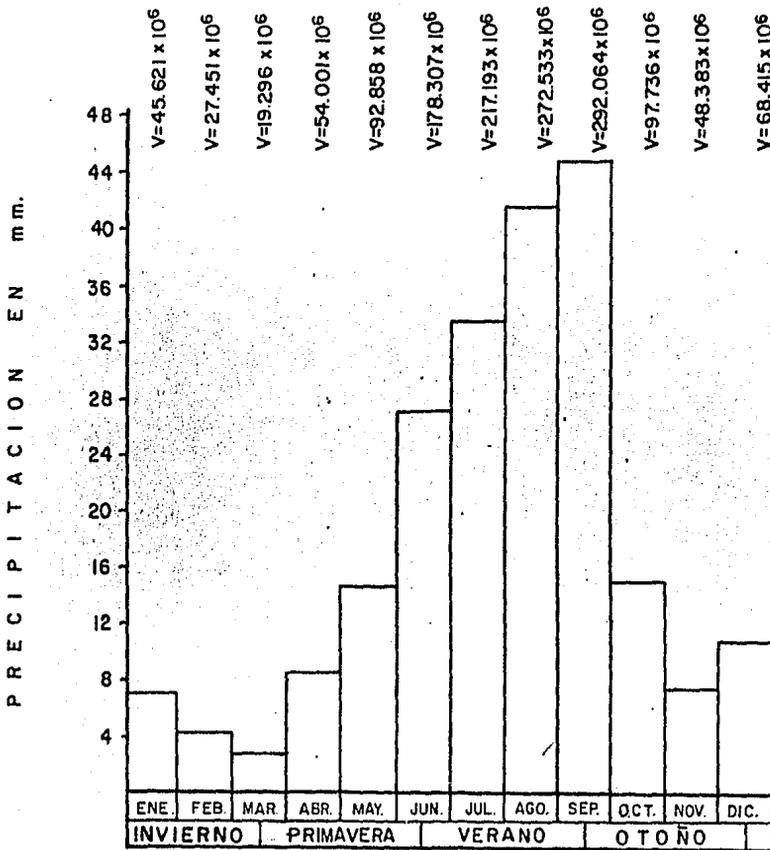


FIG. V. 3

Noas y La Campana disminuyendo estos valores hacia el Oriente de la subcuenca.

#### 1.b.- Temperatura

De los registros de temperatura de las estaciones climatológicas se observa un comportamiento casi constante, los valores medios para años completos y continuos, se dan en la tabla V.3

Mediante el método polígonos de Thiessen se obtuvo, para la subcuenca, la distribución media mensual, resultando ésta de forma parabólica con el valor más alto en el mes de junio (ver figura V.4) y una media anual de  $21.0^{\circ}\text{C}$  la mínima corresponde al mes de diciembre con un valor de  $13.37^{\circ}\text{C}$  y la máxima de  $27.17^{\circ}\text{C}$  en junio, lo cual representa una oscilación térmica de  $13.80^{\circ}\text{C}$ . Las isotermas aumentan de norte a sur (ver anexo plano V.1)

#### 1.c.- Evaporación

En la tabla V.4 se dan los valores medios totales obtenidos de registros completos y continuos, tomando en consideración que los datos obtenidos corresponden a evaporímetros colocados encima del terreno natural, los cuales son muy sensibles a las variaciones de temperatura y a los efectos de insolación, se consideró un coeficiente de evaporime-

UNAM.— FACULTAD DE INGENIERIA.

PROMEDIOS MENSUALES

TESIS PROFESIONAL — MIGUEL A VIRGILIO J.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

1984 \_\_\_\_\_

EN " °C "

TABLA V - 3

No.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1	TLAHUALILO	14.97	14.33	18.63	22.77	26.01	28.06	27.71	26.38	25.2	21.50	16.37	12.91	21.23
2	MAPIMI	14.18	14.56	16.88	23.66	21.26	21.67	22.25	22.16	20.69	19.12	16.01	13.92	18.86
3	LERDO	13.33	15.72	19.09	22.72	25.53	27.12	26.45	25.96	24.11	21.07	16.48	13.51	20.92
4	CAÑON FDEZ.	14.32	16.74	20.21	23.39	27.12	28.05	27.05	26.65	25.08	22.43	18.11	14.84	21.99
5	PRESA COYOTE	13.3	14.9	19.56	23.77	26.23	27.70	27.33	26.42	24.92	21.44	17.08	14.06	21.39
6	EL CUIJE	13.19	15.10	19.06	23.05	25.66	25.38	26.70	25.81	24.57	21.23	17.10	14.28	20.92
7	S. PEDRO DE LAS COL.	12.65	14.77	18.76	22.34	25.20	27.25	26.95	26.38	24.57	21.02	15.90	13.0	20.73
8	PRESA GPE	13.42	14.94	19.61	22.60	25.71	27.42	26.94	26.09	24.77	21.84	17.98	13.78	21.25
9	VIESCA	13.98	15.49	22.92	22.39	25.30	26.92	26.67	26.13	24.65	21.19	16.73	13.95	21.36

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

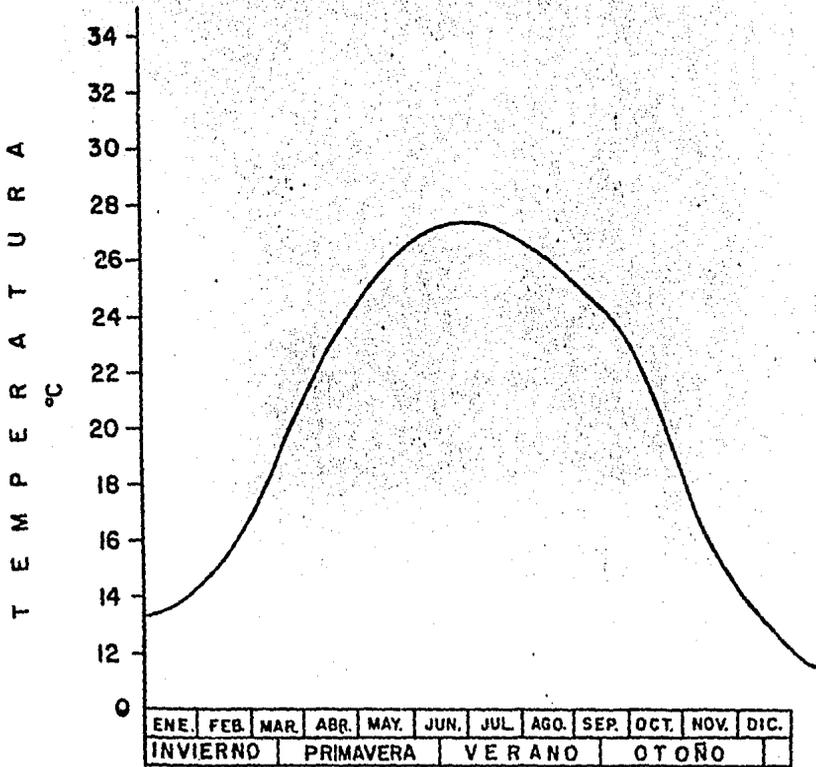


FIG. V - 4

UNAM.— FACULTAD DE INGENIERIA.

PROMEDIOS MENSUALES

TESIS PROFESIONAL — MIGUEL A VIRGILIO J.

EVAPORACION MENSUAL TOTAL

1984

EN "MM"

TABLA V - 4

No.	ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1	TLAHUALILO	104.65	133.97	214.06	270.27	317.26	310.75	303.92	271.02	239.68	198.90	140.94	111.51	2616.93
2	MAPIMI	165.16	183.98	228.0	261.28	287.0	275.53	325.70	291.90	252.9	233.66	204.85	156.10	2866.06
3	LERDO	110.12	138.60	210.41	244.52	281.26	276.75	257.27	232.16	183.97	149.9	113.8	94.20	2292.96
4	CAÑON FDEZ.	130.15	161.17	234.51	268.48	313.09	295.90	274.20	247.81	207.32	185.06	146.48	79.43	2582.9
5	PRESA COYOTE	62.23	96.16	180.38	243.20	266.89	269.73	260.6	211.07	152.88	116.20	76.32	67.98	2003.67
6	EL CUIJE													
7	S. PEDRO DE LAS COL.	95.63	121.38	203.76	252.26	290.96	291.73	297.57	263.16	210.36	166.97	123.43	96.70	2415.58
8	PRESA GPE	85.40	100.72	209.18	243.04	253.46	263.78	245.67	204.05	168.88	146.55	117.45	94.41	2132.59
9	VIESCA	113.54	136.74	203.4	246.4	277.57	273.3	262.5	242.9	193.3	164.3	123.92	102.87	2340.74

tro de 0.6 (0.7 y 0.8, Dr. Rolando Springall; 0.7, U.S. Weather Bureau y 0.77, S.A.R.H.), éste se aplicó a los valores medios anuales de la tabla V.4, para obtener un valor más -- real con el cual se elaboraron las curvas de iguales valores de evaporación del anexo plano V.1, observándose que éstos -- disminuyen hacia el centro de la subcuenca. El mismo coeficiente de evaporímetro se aplicó al método de polígonos de -- Thiessen para obtener los valores mensuales totales de la -- subcuenca (figura V.5) con un valor máximo en el mes de mayo de 174.63 mm, un mínimo en el mes de enero de 59.11 mm y valor promedio total anual de 1442.26 mm.

#### 1.d.- Clima, Vegetación y Fauna

El concepto clima se deriva de la palabra griega Klima, que significa pendiente e inclinación relativa de los rayos del sol, en relación con la superficie de la Tierra.

El clima es un elemento importante del paisaje, al cual se le debe prestar mayor atención al estudiar una región, ya que su influencia en la vida humana no sólo es di-- recta sino indirecta, pues actúa sobre las formas del relieve, en la formación de suelos, en el régimen de los ríos en el agua subterránea, en la vegetación y en la fauna, todo lo cual afecta la actividad de los habitantes de una región.

### EVAPORACION MEDIA MENSUAL TOTAL

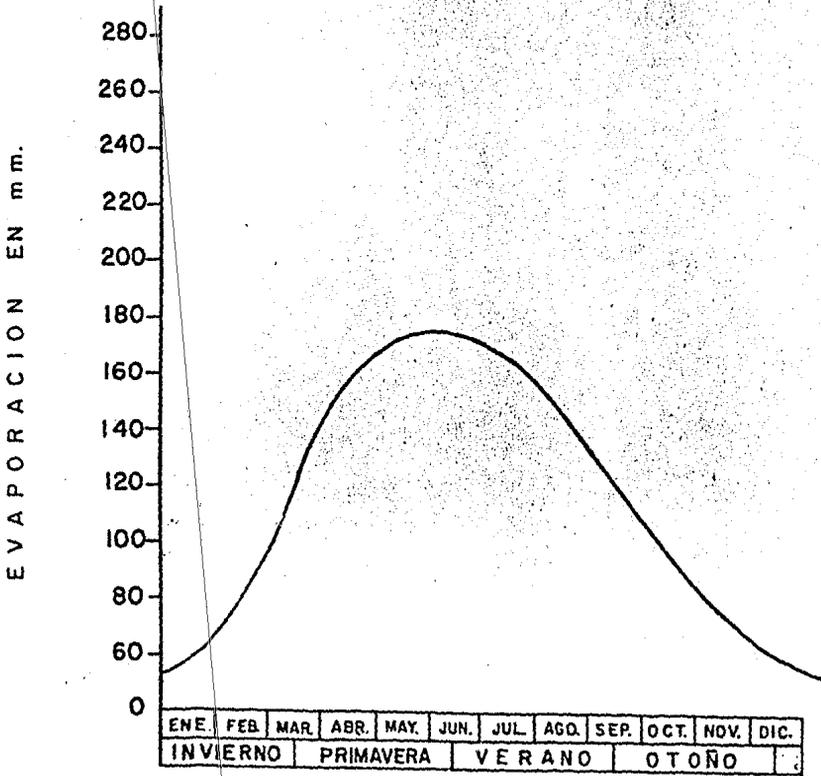


FIG. V-5

El clima en la zona de estudio se determinó con datos calculados utilizando la clasificación climatológica de Koepen, modificada por R. García para la República Mexicana, obteniéndose el clima BSo w(x')h, lo que equivale a un clima muy seco con un coeficiente precipitación/temperatura menor que 22.9 y régimen de lluvias en verano, pero con un porcentaje de lluvias invernales mayor de 10.2 con respecto a la anual, semicálido con invierno fresco y temperatura media anual entre 18° y 22°C, y la del mes más frío menor de 18°C.

El clima, la vegetación y la fauna son características estrechamente relacionadas entre sí. Las dos primeras determinan la fauna que habita cada región.

La vegetación está representada por dos grupos, la debida al riego existente (agricultura de riego y temporal) y la natural, la cual está representada por cinco agrupaciones que son: Matorral Espinoso (comunidad formada por más de 70% de plantas espinosas), Matorral Subinermes (comunidad formada por plantas espinosas e inermes en proporción de unas y otras, siendo mayor de 30% y menor de 70%), Matorral Desértico Rosetófilo (comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de especies con hojas en rosetas con o sin espina), Vegetación Halófila (agrupación de vegetales que se desarrollan sobre suelos con altos contenidos de sales, en partes bajas de cuencas cerradas) y Vegetación de Desiertos Arenosos (manchones de vegetación que invaden las dunas de las zo

nas áridas y se van fijando progresivamente, por lo general de áreas circunvecinas).

La fauna está caracterizada por animales típicos de zonas áridas del país y es frecuente encontrar víboras, - correcaminos, ardillas, liebres, etc.

## V.2.- Evapotranspiración

Para estimar la pérdida de humedad debido al concepto suelo-planta, se obtuvo la evapotranspiración existente utilizando la ecuación empírica de L'Turc, misma que da un valor indicativo real, a partir del total de agua anual y de la temperatura media anual, mediante la ecuación:

$$EVTR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

EVTR = Evapotranspiración real anual en mm

P = Altura de la precipitación anual en mm

L = Coeficiente dado por la expresión:

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

T = Temperatura media anual en °C

De las zonas en que se dividió la subcuenca (ver figura anexo V.1), la número uno que comprende el área donde existe riego por canales y bombeo, y tomando en consideración este aspecto, se aplicó la fórmula por separado a la lámina

de riego por bombeo, lámina de riego por canales y por último a la lámina de lluvia, obteniendo el valor anual para esta zona de 1999.0 mm. Para la zona dos, cuya área de influencia está representada por la diferencia del área total de la subcuenca menos el área de lluvia de la zona uno, se obtuvo el valor evapotranspirado anual de 225.6 mm; a continuación se desglosan los cálculos para cada zona:

### 1.- Evapotranspiración en la zona uno

a) En base al análisis de escurrimiento de la estación hidrométrica Los Angeles para el período comprendido de 1977 a 1982, se obtuvo el valor promedio anual de escurrimiento superficial con un volumen de  $1080 \times 10^6 \text{ m}^3$ , descontando las pérdidas de conducción de este valor, que da  $811.3 \times 10^6 \text{ m}^3$  para regar un área de 76 726 ha\*, coincidiendo este dato en cifras gruesas a los obtenidos del Departamento de Operación del Distrito de Riego N° 17, para los años 1974 a 1982. Aplicando la fórmula de L'Turc para una temperatura media anual de  $21.0^\circ\text{C}$  y una lámina de escurrimiento de 1057 mm se tiene una altura evapotraspirada de 842.2 mm equivalentes a  $646.18 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

b) Según la información del resumen de inventario de los usos de agua de la Región Lagunera S.A.R.H. 1978, se tiene que riegan con agua subterránea 72 487 ha en la co-

\* Boletín, El Agua en la Región Lagunera, S.A.R.H.

marca Lagunera, de los cuales se descontaron las hectáreas - que no influyen en el área de estudio, resultando 60 878 ha (Boletín: El Agua en la Región Lagunera S.A.R.H.) con extracción promedio anual de  $847.7 \times 10^6 \text{ m}^3$  de agua subterránea, -- distribuyéndose el 92% para uso agrícola y el 8% restante es utilizado con fines domésticos, pecuario e industrial desconciéndose la disposición final de las aguas residuales. -- Aplicando la fórmula L'Turc para la lámina media anual de -- riego de 1281.0 mm, obtenida del bombeo y una temperatura media anual de  $21^\circ\text{C}$ , se tiene una lámina de evapotranspiración de 930.9 mm, equivalente a  $566.71 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

c) Con el valor de lluvia media anual de 217.53 mm para 137 604 ha, se calculó que la evapotranspiración es de 225.6 mm, equivalente a  $310.43 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

## 2.- Evapotranspiración en la zona dos

Con área de influencia de 512 396 ha y temperatura media anual de  $21^\circ\text{C}$ , se calculó una evapotranspira---ción anual de 225.6 mm, equivalente a  $1155.96 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

## V.3.- Escurrimiento Superficial e Hidrometría

Los ríos de la región noreste de México, localizados en zonas áridas y semiáridas, se caracterizan por sus

regímenes erráticos e intermitentes. Sus escurrimientos medios anuales registran fuertes variaciones de un año a otro y sus caudales bajan de nivel durante varios meses del año - hasta llegar a ser prácticamente nulos en largos periodos. Para su estudio por cuenca, el noreste se divide en dos grandes vertientes la del Golfo de México y las Cuencas Cerradas del Altiplano Septentrional.

La subcuenca en estudio forma parte del Río Nazas, que pertenece a la Vertiente del Altiplano Septentrional. El Río Nazas nace en la Sierra Madre Occidental de la unión de los Ríos Ramos y Sextín, en el Estado de Durango y se dirige hacia el este para penetrar en la Comarca Lagunera, hacia donde antiguamente iba a desaguar (Laguna de Mayrán). La cuenca endorreica que presenta tiene una extensión de -- 34 580 km y escurrimiento promedio anual de  $1080 \times 10^6 \text{ m}^3$  en la estación hidrométrica Los Angeles.

El único escurrimiento de importancia en la subcuenca es el Río Nazas, cuyo régimen no es continuo y desde su nacimiento en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental es controlado por seis estaciones hidrométricas y las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco. Para los fines de este estudio se utilizó la estación hidrométrica Los Angeles, donde sus gastos y volúmenes se dan en la tabla V.5







# UNAM RESUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTOS

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL - MIGUEL A. VIRGILIO J. AÑO 1970

TABLA V - 5

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	ESC. EXTREMAS EN METROS		V O L U M E N E N M T S. C U B I C O S. *
	D I A	G A S T O	ESCALA	D I A	G A S T O	ESCALA		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	1	0.000	.15	1	0.000	.15	0.000	.15	.15	0.
FEBRERO	13	8.160	.59	1	0.000	.15	2.062	.59	.12	4987.
MARZO	24	101.000	1.90	5	.371	.09	55.571	1.90	.09	148841.
ABRIL	2	101.000	1.90	21	.800	.15	39.427	1.90	.15	102195.
MAYO	30	85.250	1.75	4	.300	.08	30.955	1.75	.08	82910.
JUNIO	25	115.625	2.03	17	57.000	1.44	81.322	2.03	1.44	210787.
JULIO	26	116.750	2.04	10	74.540	1.64	96.727	2.04	1.64	259074.
AGOSTO	14	131.375	2.17	31	33.740	1.12	87.241	2.17	1.12	233666.
SEPTIEMBRE	2	114.500	2.02	22	.371	.09	12.842	2.02	.09	33287.
OCTUBRE	1	3.280	.36	22	.402	.17	1.081	.36	.15	2895.
NOVIEMBRE	5	3.213	.44	17	.324	.16	.636	.44	.14	1647.
DICIEMBRE	3	1.635	.31	14	.269	.10	.379	.32	.10	1016.
ANUAL		131.375	2.17		0.000	.15	34.288	2.17	.08	1081306.

\* VOL. EN MILES DE M<sup>3</sup>

AÑO 1971

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	ESC. EXTREMAS EN METROS		V O L U M E N E N M T S. C U B I C O S. *
	D I A	G A S T O	ESCALA	D I A	G A S T O	ESCALA		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	25	10.000	.69	26	.190	.07	1.093	.69	.07	2926.
FEBRERO	28	25.800	1.00	22	.120	.04	1.196	1.00	.04	2894.
MARZO	24	100.000	1.90	1	25.800	1.00	70.862	1.90	1.00	189796.
ABRIL	1	68.100	1.57	27	.149	.05	14.313	1.57	.05	37100.
MAYO	28	94.250	1.86	1	.120	.04	44.163	1.86	.04	118286.
JUNIO	25	101.833	1.94	13	36.800	1.20	77.725	1.94	1.20	201464.
JULIO	26	108.500	2.00	5	41.840	1.27	80.327	2.00	1.27	215148.
AGOSTO	2	102.944	1.95	31	1.105	.29	53.421	1.95	.29	143082.
SEPTIEMBRE	1	5.520	.52	22	.026	.07	.310	.52	.07	803.
OCTUBRE	4	.725	.25	2	.023	.06	.127	.25	.06	341.
NOVIEMBRE	1	.595	.23	15	.071	.10	.159	.23	.10	412.
DICIEMBRE	15	1.200	.30	14	.023	.06	.077	.30	.06	205.
ANUAL		108.500	2.00		.023	.06	28.934	2.00	.04	912458.

UNAM.

## RESUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTOS

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL - MIGUEL A. VIRGILIO J. AÑO 1972

TABLA V - 5

1984

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	E S C . E X T R E M A S E N M E T R O S		V O L U M E N E N M T S . C U B I C O S . *
	D I A	G A S T O	E S C A L A	D I A	G A S T O	E S C A L A		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	1	.400	.08	1	0.000	0.00	0.000	.08	0.00	1.
FEBRERO	29	22.583	.93	1	0.000	0.00	.195	.93	0.00	489.
MARZO	24	111.300	2.01	1	18.025	.83	77.313	2.01	.83	207076.
ABRIL	1	77.167	1.67	29	.250	.05	15.451	1.67	.05	40048.
MAYO	30	108.500	1.98	3	0.000	0.00	43.856	1.98	0.00	117463.
JUNIO	29	104.932	1.97	20	19.250	.83	54.965	1.97	.83	142469.
JULIO	14	113.417	2.05	29	83.750	1.76	98.108	2.05	1.76	262771.
AGOSTO	9	97.773	1.90	31	30.450	1.06	77.875	1.90	1.06	208580.
SEPTIEMBRE	1	30.450	1.06	6	0.000	0.00	2.112	1.06	0.00	5474.
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
ANUAL		113.417	2.05		0.000	0.00	31.129	2.05	0.00	984372.

\* VOL. EN MILES DE M<sup>3</sup>

AÑO 1973

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	E S C . E X T R E M A S E N M E T R O S		V O L U M E N E N M T S . C U B I C O S . *
	D I A	G A S T O	E S C A L A	D I A	G A S T O	E S C A L A		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
FEBRERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
MARZO	25	97.813	1.89	1	0.000	0.00	55.767	1.89	0.00	149367.
ABRIL	1	87.500	1.78	15	0.000	.35	10.942	1.78	0.00	28362.
MAYO	31	69.250	1.56	25	0.000	0.00	11.547	1.56	0.00	30928.
JUNIO	13	72.941	1.64	23	37.500	1.21	61.194	1.64	1.21	158614.
JULIO	31	90.750	1.89	12	66.000	1.55	72.964	1.89	1.55	195427.
AGOSTO	19	153.500	2.44	14	30.250	1.09	76.740	2.44	1.05	205539.
SEPTIEMBRE	5	151.000	2.40	30	0.000	0.00	74.726	2.40	0.00	193690.
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
ANUAL		153.500	2.44		0.000	0.00	30.502	2.44	0.00	961926.

UNAM.

## RESUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTOS

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL - MIGUEL A. VIRGILIO J. AÑO 1974

TABLA 5

1984

MES	MAXIMOS			MINIMOS			GASTO MEDIO	ESC. EXTREMAS EN METROS		VOLUMEN EN MTS. CUBICOS.
	DIA	GASTO	ESCALA	DIA	GASTO	ESCALA		MAXIMA	MINIMA	
ENERO	1	0.000	.43	1	0.000	.43	0.000	.43	.43	0.
FEBRERO	1	0.000	.43	1	0.000	.43	0.000	.43	0.00	0.
MARZO	28	108.474	2.03	10	0.000	0.00	63.335	2.03	0.00	169636.
ABRIL	1	104.250	2.01	20	0.000	0.00	33.337	2.01	0.00	86411.
MAYO	31	80.000	1.77	1	0.000	0.00	13.468	1.77	0.00	36073.
JUNIO	24	115.200	2.13	1	80.000	1.77	99.399	2.13	1.77	257643.
JULIO	7	114.200	2.12	29	100.100	1.99	107.450	2.12	1.99	287795.
AGOSTO	16	113.900	2.14	31	4.105	.61	92.795	2.14	.61	248541.
SEPTIEMBRE	25	8.782	.70	12	0.000	0.00	.928	.70	0.00	2405.
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
ANUAL		115.200	2.13		0.000	.43	34.516	2.14	0.00	1088504.

\* VOL. EN MILES DE M<sup>3</sup>

AÑO 1975

MES	MAXIMOS			MINIMOS			GASTO MEDIO	ESC. EXTREMAS EN METROS		VOLUMEN EN MTS. CUBICOS.
	DIA	GASTO	ESCALA	DIA	GASTO	ESCALA		MAXIMA	MINIMA	
ENERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
FEBRERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
MARZO	22	101.071	2.02	1	0.000	0.00	72.429	2.02	0.00	193993.
ABRIL	1	4.050	.53	5	0.000	0.00	.118	.53	0.00	305.
MAYO	31	100.600	2.01	1	0.000	0.00	47.899	2.01	0.00	128292.
JUNIO	28	109.844	2.10	6	89.571	1.88	98.092	2.10	1.88	254254.
JULIO	1	109.844	2.10	30	20.483	.93	84.949	2.10	.93	227529.
AGOSTO	15	114.219	2.14	31	5.000	.55	85.248	2.14	.55	228329.
SEPTIEMBRE	1	6.147	.39	22	0.000	0.00	.502	.55	0.00	1301.
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.
ANUAL		114.219	2.14		0.000	0.00	32.788	2.14	0.00	1034003.

# UNAM. RESUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTOS

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL - MIGUEL A. VIRGILIO J.

AÑO 1976

TABLA V-5

1984

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	E S C . E X T R E M A S E N M E T R O S		V O L U M E N E N M T S . C U B I C O S . *
	D I A	G A S T O	E S C A L A	D I A	G A S T O	E S C A L A		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
FEBRERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
MARZO	29	105.953	2.03	8	32.220	1.13	69.522	2.03	0.04	186 208 .
ABRIL	1	99.794	1.96	9	0.591	0.45	12.045	1.96	0.16	31 221 .
MAYO	31	93.772	1.93	19	31.361	1.14	35.700	1.93	0.92	95619 .
JUNIO	29	98.281	1.98	2	91.225	1.91	95.144	2.03	1.91	246613 .
JULIO	5	110.429	2.10	20	56.217	1.50	78.863	2.25	1.50	211227 .
AGOSTO	19	128.415	2.25	31	76.619	1.73	114.514	2.26	1.73	306714 .
SEPTIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
ANUAL		128.415	2.25		0.00	0.00	33.816	2.26	0.00	1077602 .

\* VOL. EN MILES DE M<sup>3</sup>

AÑO 1977

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	E S C . E X T R E M A S E N M E T R O S		V O L U M E N E N M T S . C U B I C O S . *
	D I A	G A S T O	E S C A L A	D I A	G A S T O	E S C A L A		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
FEBRERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
MARZO	24	99.420	2.00	9	62.237	1.54	67.689	2.01	0.18	181298 .
ABRIL	1	88.276	1.89	7	7.591	0.65	13.333	1.98	0.20	34559 .
MAYO	31	108.200	2.08	20	63.464	1.63	35.525	2.09	0.08	95150 .
JUNIO	9	109.772	2.12	27	83.664	1.87	100.468	2.13	1.87	260413 .
JULIO	21	119.581	2.21	1	100.049	2.03	110.873	2.23	1.93	296721 .
AGOSTO	15	121.431	2.27	31	12.522	0.89	108.035	2.30	0.73	289361 .
SEPTIEMBRE	1	8.029	0.47	2	0.000	0.00	0.267	0.68	0.31	692 .
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
ANUAL		121.431	2.27		0.000	0.000	36.349	2.30	0.00	1158194 .

# UNAM. RESUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTOS

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL - MIGUEL A. VIRGILIO J. AÑO 1978

TABLA V · 5

MES	MAXIMOS			MINIMOS			GASTO MEDIO	ESC.EXTREMAS EN METROS		VOLUMEN EN MTS. CUBICOS.
	DIA	GASTO	ESCALA	DIA	GASTO	ESCALA		MAXIMA	MINIMA	
ENERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
FEBRERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
MARZO	26	94.532	1.96	31	52.239	1.48	70.397	1.96	1.00	188551.
ABRIL	1	53.577	1.50	3	5.110	0.04	3.518	1.50	0.29	9119.
MAYO	31	104.191	2.08	16	64.353	1.60	47.751	2.08	1.10	127896.
JUNIO	26	106.214	2.08	13	78.813	1.80	91.491	2.13	1.80	237145.
JULIO	31	131.094	2.27	1	103.351	2.05	114.103	2.27	2.05	305613.
AGOSTO	2	125.428	2.23	25	7.863	0.70	79.577	2.27	0.20	213139.
SEPTIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
ANUAL		131.094	2.27		0.000	0.00	33.903	2.27	0.00	1081463.

\* VOL. EN MILES DE M<sup>3</sup>

AÑO 1979

MES	MAXIMOS			MINIMOS			GASTO MEDIO	ESC.EXTREMAS EN METROS		VOLUMEN EN MTS. CUBICOS.
	DIA	GASTO	ESCALA	DIA	GASTO	ESCALA		MAXIMA	MINIMA	
ENERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
FEBRERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
MARZO	21	92.248	1.90	31	58.476	1.51	72.116	1.90	0.70	193156.
ABRIL	1	56.067	1.49	3	13.084	0.53	3.301	1.49	0.34	8556.
MAYO	26	110.444	2.10	15	60.687	1.55	53.514	2.10	1.27	143332.
JUNIO	29	100.623	2.00	18	51.938	1.43	78.701	2.01	1.43	203993.
JULIO	27	122.910	2.21	1	101.398	2.01	114.990	2.22	2.00	307989.
AGOSTO	13	125.382	2.26	31	2.731	0.44	104.338	2.32	0.41	279459.
SEPTIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
DICIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
ANUAL		125.382	2.26		0.000	0.00	35.580	2.32	0.00	1136485.

# UNAM. RESUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTOS

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL - MIGUEL A. VIRGILIO J.  
1984

AÑO 1980

TABLA V · 5

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	ESC. EXTREMAS EN METROS		V O L U M E N EN M T S. C U B I C O S. *
	D I A	G A S T O	ESCALA	D I A	G A S T O	ESCALA		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
FEBRERO	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
MARZO	11	94.895	1.91	31	44.418	1.30	71.960	1.91	0.10	192738.
ABRIL	1	49.404	1.30	3	2.089	0.30	1.902	1.30	0.20	4930.
MAYO	30	98.858	1.93	21	94.495	1.88	34.516	1.93	1.20	92448.
JUNIO	29	100.304	1.95	10	87.565	1.82	94.255	1.97	1.81	244309.
JULIO	23	123.529	2.20	1	99.164	1.94	114.624	2.21	1.93	307009.
AGOSTO	17	134.833	2.27	27	2.537	0.53	82.485	2.27	0.53	220928.
SEPTIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
OCTUBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
DIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
ANUAL		134.833	2.27		0.000		24.258	2.27	0.00	1062362.

\* VOL. EN MILES DE M<sup>3</sup>

AÑO 1981

M E S	M A X I M O S			M I N I M O S			G A S T O M E D I O	ESC. EXTREMAS EN METROS		V O L U M E N EN M T S. C U B I C O S. *
	D I A	G A S T O	ESCALA	D I A	G A S T O	ESCALA		M A X I M A	M I N I M A	
ENERO	1	0.00	0.0	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
FEBRERO	1	0.00	0.0	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
MARZO	22	86.384	1.85	31	55.101	1.48	68.417	1.86	0.20	183248.
ABRIL	1	47.442	1.385	3	4.362	0.41	2.443	1.46	0.32	6332.
MAYO	30	91.695	1.88	18	55.082	1.45	34.528	1.89	1.30	92400.
JUNIO	16	102.748	2.00	22	72.770	1.68	85.033	2.02	1.67	220406.
JULIO	27	115.218	2.11	3	74.232	1.69	99.381	2.12	1.69	266182.
AGOSTO	19	123.456	2.19	29	3.900	0.56	93.926	2.20	0.55	251571.
SEPTIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
OCTUBRE	1	0.000	0.00	11	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
NOVIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
DIEMBRE	1	0.000	0.00	1	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.0
ANUAL		123,456	2.19		0.000	0.00	31.977	2.20	0,00	1020219.



Aproximadamente a 5 km aguas arriba de la estación Los Angeles, el cauce de la corriente ha sido modificado mediante su revestimiento parcial y construcción de canales de concreto, con los cuales se riega parte de los terrenos de cultivo, de los municipios de Durango (Tlahualilo, Gómez Palacio, Lerdo y Mapimí) y Coahuila (Francisco I. Madero, San Pedro de las Colonias, Matamoros y Torreón), con una eficiencia media de 75.12%, correspondiente al periodo 1974 a 1982 (S.A.R.H., 1982). De los recorridos de campo se ve que los canales se encuentran en buen estado, por lo cual sus pérdidas por filtración son pequeñas, por otra parte, según pláticas sostenidas con gente de Operación del Distrito de Riego, el 93% de las pérdidas por conducción corresponden a la evaporación.

Del Hidrograma (anexo figura V.6) de la estación hidrométrica Los Angeles se observa que los volúmenes máximos anuales manejados durante todos los años de operación son más o menos constantes, a excepción de mayo de 1967 en que presenta la avenida máxima de  $828.107 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Los escurrimientos ocurren durante seis meses que es cuando abren la compuerta de la presa Francisco Zarco durante los meses de marzo a agosto.

Existen dentro del área pequeños escurrimientos de tipo efímero cuyo aporte a los canales es bajo o nulo, en la mayoría de los casos se queda almacenado en depresiones -

y/o es evaporado.

#### V.4.- Balance Hidrológico Superficial

La utilización del planteamiento de este balance se debe tomar con reserva en virtud de los elementos que la integran son difíciles de cuantificar por la aplicación de ecuaciones empíricas. La intención del cálculo es obtener el valor de infiltración al subsuelo, mediante la precipitación local y el agua utilizada para riego.

Se debe tener presente que ninguna percolación -- profunda ocurrirá hasta que no sea alcanzado un cierto valor crítico de humedad del suelo (capacidad de campo o retención específica), por lo cual la recarga al acuífero se efectuará cuando la humedad total del suelo sea mayor que la capacidad de campo, en este balance se da un valor global de infiltración.

El análisis se realizó anual por la dificultad de desglosar en una unidad de tiempo más pequeña, así la ecuación de balance hidrometeorológico para las dos zonas se da a continuación:

a) Balance en la zona uno

$$P + RC + RB = EVRC + EVRB + EVRLL + I + EVC$$

$$I = P + RC + RB - EVRC - EVRB - EVRLL - EVC$$

.... (1)

I = Infiltración total en  $m^3$

P = Precipitación en  $m^3$

RC = Riego por canales revestidos en  $m^3$

RB = Riego efectuado del bombeo de agua subterránea en  $m^3$

EVRC = Evapotranspiración real que se lleva a cabo debido al riego en canales revestidos en  $m^3$

EVRB = Evapotranspiración real que se lleva a cabo por riego, mediante el bombeo de agua subterránea en  $m^3$

EVRL = Evapotranspiración real debido a la lluvia en  $m^3$

EVC = Evaporación en los canales revestidos en  $m^3$

Sustituyendo los datos anteriormente calculados

en la ecuación (1)

$$I = P + RC + RB - EVRC - EVRB - EVRL - EVC$$

$$I = 299.32 \times 10^6 + 1080 \times 10^6 + 779.884 \times 10^6 - 646.18 \times 10^6 - 566.71 \times 10^6 - 310.43 \times 10^6 - 249.9 \times 10^6$$

$$I = 2159.2 \times 10^6 - 1523.32 \times 10^6 - 249.9 \times 10^6$$

$$I = (2159.20 - 1773.22) \times 10^6$$

$$I = 385.98 \times 10^6 m^3$$

b) Balance en la zona dos

$$P = \text{EVRL} + I$$

$$I = P - \text{EVRL} \dots\dots\dots(2)$$

I = Infiltración total en  $\text{m}^3$

P = Precipitación en  $\text{m}^3$

EVRL = Evapotranspiración real debido a la lluvia en  $\text{m}^3$

Sustituyendo datos en la ecuación (2) queda

$$I = 1114.6 \times 10^6 - 1155.96 \times 10^6$$

$$I = -4.36 \times 10^6 \text{ m}^3$$

El signo negativo indica la existencia de un déficit de humedad y nula infiltración de agua superficial.

## VI.- HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Con objeto de conocer el funcionamiento y poder establecer el régimen de explotación del acuífero en el área de estudio, se llevaron a cabo las siguientes actividades -- que a continuación se describen.

### VI.1.- Inventario de Aprovechamientos de Agua -- Subterránea

Para conocer el número, distribución, operación

y características constructivas de los aprovechamientos de agua subterránea se efectuó el censo de pozos, encontrando que existen aproximadamente 2,738 pozos de los cuales se escogieron 158 pozos como piloto, indispensables para el estudio y posteriormente 19 pozos más para detallar los planos de potenciométrica dentro y a los alrededores de las Centrales Termoeléctricas. El acuífero de la región Lagunera en condiciones naturales, antes de que fuera significativo su desarrollo agrícola (1920), tenía como principal fuente de recarga el Río Nazas y el Río Aguanaval, también recargaba al acuífero en cantidades considerables de agua en algunas ocasiones. El resto de la recarga natural del acuífero la constituía el flujo subterráneo, procedente de los valles fluviales que desembocan a la llanura, otra fuente de recarga del acuífero la constituía la infiltración de los escurrimientos que bajan de las montañas en épocas de lluvia. La descarga natural tenía lugar por la evaporación en la parte central de la llanura donde los niveles freáticos afloraban en varias lagunas como la de Tlahualilo y algunos manantiales en lugares como Viesca.

La construcción de las presas Lázaro Cárdenas (1946) y Francisco Zarco (1968) regularon y controlaron los escurrimientos del Río Nazas, con lo cual dejó de ser una fuente de recarga del acuífero, quedando únicamente el flujo subterráneo y la infiltración en temporadas de lluvia.

Al ampliarse las zonas de cultivo y con la consi-  
guiente necesidad de más agua para riego, tuvo que ser satis-  
fecha ésta con la explotación de agua subterránea mediante -  
pozos.

Desde entonces el agua subterránea se ha explota-  
do sin control y sin ninguna planeación, lo que ha traído co-  
mo consecuencia que se extraiga más agua de lo que realmente  
puede recargarse el acuífero, esto significa que paulatina-  
mente se ha estado explotando el almacenamiento del acuífero,  
lo cual puede apreciarse en el abatimiento, a través del ---  
tiempo de los niveles estáticos del agua, afectando con ésto  
a la economía de los usuarios ya que tienen que bombear a ma-  
yores profundidades cada vez y efectuar reposición de sus po-  
zos con mayor frecuencia.

Tomando en consideración el resumen de 1978 de -  
la S.A.R.H. (Inventario de los Usos del Agua en la Región La-  
gunera), la explotación se lleva a cabo a través de 2,738 po-  
zos, con un volumen de extracción de  $847.7 \times 10^6 \text{ m}^3$  (que sig-  
nifica el 83.79% del volumen total extraído en la Comarca La-  
gunera con 3,385 aprovechamientos), de esta cantidad el 92%  
corresponde para uso agrícola, utilizado principalmente para  
riego de alfalfa y el 8% para uso doméstico, pecuario e in-  
dustrial.

## VI.2.- Red de Observación del Agua Subterránea

Se integró con reconocimientos de campo, ubicación de aprovechamientos hidráulicos en el plano escala 1: 400 000 y medición de nivel estático; con esta información se elaboraron los planos de elevación y profundidad del nivel estático (anexo plano VI.1 y VI.2)

De la configuración de elevación se observa que existen tres conos de depresión producto de una mayor explotación, el primero se localiza en los límites de los municipios de Matamoros y Viesca, el segundo entre los municipios de Tlahualilo y Francisco I. Madero y por último donde se ubican las tres centrales eléctricas. Las mayores elevaciones se localizan entre Bermejillo y Dinamita cerca de la Sierra de Mapimi, al norte de la Sierra San Lorenzo-Texas y hacia el norte de Tlahualilo.

De la configuración de profundidad se determina que los niveles estáticos promedios se encuentran a más de 75 m y a profundidades entre 90 y 120 m en las áreas más explotadas. De las mayores elevaciones dadas anteriormente, del nivel estático, se tienen profundidades menores de 20 m al norte de la Sierra San Lorenzo-Texas y menores de 60 m en las otras dos áreas. Los niveles de bombeo en la mayor parte de los pozos de la subcuenca en estudio se encuentran de 5 m a 25 m por debajo del nivel estático.

### VI.3.- Pruebas de Bombeo

Para conocer las entradas horizontales por flujo subterráneo se realizaron 15 pruebas de bombeo (tabla VI.1 y anexo figura VI.1), en el contorno de la configuración de elevación (anexo plano VI.2) donde se consideró que se presentaban variaciones hidrogeológicas.

Tomando en consideración la hidráulica de pozo para acuífero libre mediante la metodología de Jacob y comprobación logarítmica de Theis de algunas pruebas, se obtuvo el rango de transmisibilidad de  $T = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$  a  $T = 2.6 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{seg}$ , correspondiendo estos valores a rangos propuestos para terrenos aluviales de permeabilidad baja de tipo acuitardo.

El coeficiente de Almacenamiento sólo fue posible obtenerlo en una sola prueba, no encontrando pozos que presentaran características apropiadas para su realización y otro pozo cercano para ser utilizado como observación. El valor obtenido es de  $S = 4.52 \times 10^{-4}$ , el cual no se puede aplicar a toda la subcuenca por los diferentes cambios hidrogeológicos que presenta, ante tal situación y el desconocimiento del espesor saturado no se pudo cuantificar el almacenamiento del acuífero.

## P R U E B A S D E B O M B E O

TABLA VI. I

Nº POZO EN PRUEBA	ETAPA	METODO JACOB M <sup>2</sup> /seg.	METODO THEIS M <sup>2</sup> /seg.	O B S E R V A C I O N E S					
				TIPO	N.E.	N.D.	Q (lts./s.)	Q <sub>e</sub> (lps./m.)	ABATIMIENTO
211	RECUPERACION	$T=5.45 \times 10^{-3}$	$3.7 \times 10^{-3}$	PUNTUAL	78.37	88.36	45	4.5	9.99
232	RECUPERACION	$T=4.65 \times 10^{-2}$		PUNTUAL	93.64	98.27	70	15.11	4.63
247	ABATIMIENTO	$T=8.50 \times 10^{-3}$		PUNTUAL	98.04	103.29	26	4.95	5.25
250	ABATIMIENTO	$T=3.49 \times 10^{-2}$		PUNTUAL	90.85	94.76	42	10.74	3.91
250 ANT	ABATIMIENTO	$T=1.55 \times 10^{-2}$		OBSERVAC.	98.40	99.16	OBS.	OBS.	
597	RECUPERACION	$T=1.85 \times 10^{-3}$		PUNTUAL	83.12	91.01	22	2.79	7.89
607	RECUPERACION	$T=5.24 \times 10^{-3}$		PUNTUAL	82.47	91.91	35	3.70	9.44
729	RECUPERACION	$T=8.10 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-3}$	PUNTUAL	98.22	104.21	39	6.52	5.99
847	ABATIMIENTO	$T=9.50 \times 10^{-2}$	$6 \times 10^{-2}$	PUNTUAL	62.30	62.90	52	86.66	0.60
1105	RECUPERACION	$T=5.8 \times 10^{-3}$	$4.56 \times 10^{-3}$	PUNTUAL	55.77	61.52	41	7.13	5.75
1587	ABATIMIENTO	$T=1.09 \times 10^{-3}$	$6.15 \times 10^{-4}$	PUNTUAL	43.15	62.38	18	1.04	17.23
2090	RECUPERACION	$T=3.30 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$	PUNTUAL	79.97	103.70	30	1.26	23.73
2104	RECUPERACION	$T=2.30 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-3}$	PUNTUAL	81.71	94.80	45	3.43	13.09
2504	RECUPERACION	$T=2.60 \times 10^{-1}$		PUNTUAL	43.39	46.28	14	4.84	2.89
2683	RECUPERACION	$T=9.80 \times 10^{-4}$	$6.9 \times 10^{-4}$	PUNTUAL	79.34	83.83	5	1.13	4.49
F. RENAULT	RECUPERACION	$T=7.60 \times 10^{-3}$		PUNTUAL	93.27	99.34	24	3.95	6.07

#### VI.4.- Red de Flujo

A partir de las elevaciones de niveles estáticos se trazaron las curvas equipotenciales de la superficie freática y normales a éstas, líneas de flujo (anexo plano VI.2):

Del plano se observa un comportamiento regional concéntrico que localmente presenta tres direcciones preferenciales de tipo casi radial, correspondiendo la primera a los límites de los municipios de Torreón-Matamoros-Viesca, la segunda a los municipios de Francisco I. Madero, Tlahualilo y la tercera a los alrededores de las Centrales Termoeléctricas La Laguna, Ciclo Combinado y Francke.

El volumen de entrada por flujo horizontal al subsistema por deformación de la red de flujo se calculó utilizando las curvas de isopiezas que presentaban mayor uniformidad y se ubicaban lo más cerca de los límites de esta subcuenca, dividiendo posteriormente en 276 celdas de aproximadamente 1 km de ancho, con las cuales se calculó un volumen total de  $305 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$  con la siguiente ecuación:

$$Q_T = \sum_{n=1}^{n=276} TB_i = 305 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

#### VI.5.- Funcionamiento Hidrogeológico de la Subcuenca

Se diferenciaron once unidades litológicas, de las cuales tres son permeables, dos son semipermeables y seis

son impermeables (ver anexo figura VI.2) estableciendo lo anterior en base a sus características estructurales, geomorfológicas y estratigráficas.

Se determinó a la Formación Aurora como de buenas perspectivas de almacenamiento de agua por su carácter arrecifal y permeabilidad secundaria de fracturamiento y carsticidad. Por otra parte, se tiene el material aluvial que rellena los valles y que constituye el acuífero en explotación. Se observa que existe una conexión hidráulica entre las dos unidades permeables, como lo demuestra la desaparición de -- manantiales en la Formación Aurora, así como el descenso de niveles estáticos de pozos en caliza a la par del abatimiento del acuífero en el medio granular.

Del análisis de rosetas de fracturas se observa como el flujo subsuperficial producto del agua meteórica que cae en las sierras, es gobernado por la dirección preferencial del sistema de fallas tal es el caso de la Sierra Mapi-mi-Sarnoso cuya dirección preferencial de fallas y fracturas hacen que gran cantidad de agua meteórica que recibe al infiltrarse, adopte una dirección NW, descargándose posteriormente en las inmediaciones de la Mina La Ojuela como lo demuestran estudios isotópicos realizados en 1980 por la S.A.R.H. En esta misma sierra se presentó la mayor densidad de -- fracturamiento por lo cual se infiere su importancia en cuanto a unidad permeable se refiere, en comparación a las otras

sierras, ya que actúa como área de mayor recarga al sistema estudiado.

Las formas estructurales, anteriormente descritas, tienen el rumbo de echado hacia los valles, permitiendo esta condición que el agua de lluvia que cae en las sierras, recargue el acuífero del relleno y en algunos casos que aumente más el contenido de sales disueltas, como es el caso del flanco del anticlinal de la Sierra Texas-San Lorenzo.

En lo que se refiere al acuífero de aluvión en estudio, es posible que las pequeñas lagunas existentes en el pasado, con contenidos altos de sales, al ser sepultadas formaron bolsas locales de agua de mala calidad que actualmente debido al excesivo explotación de agua subterránea, ha provocado la migración de esta agua hacia la de buena calidad.

#### VI.6.- Balance Hidrológico Subterráneo

La ecuación del balance se efectuó con la masa de agua infiltrada que entra a formar parte del acuífero, esto se realiza para conocer el rendimiento seguro del acuífero y así poder establecer la explotación sin causar efectos perjudiciales al mismo, que repercuten en la economía del lugar.

La ecuación del balance de agua subterránea basada en el principio de la conservación de la materia, se expresa en su forma simple como sigue:

Recarga - Descarga = Cambio en el Almacenamiento

$$R_{BS} + R_{EH} - D_B = \Delta V \dots\dots\dots (3)$$

$R_{BS}$  = Recarga vertical obtenida del balance superficial

$R_{EH}$  = Recarga horizontal obtenida de la red de flujo

$D_B$  = Descarga por extracción de agua subterránea mediante pozos

$\Delta V$  = Variación del almacenamiento debido a los cambios operados en la recarga-descarga

De la infiltración obtenida del balance superficial se debe tener en cuenta que ésta formará parte del balance subterráneo siempre y cuando llegue al nivel del acuífero, por tanto, se hace el siguiente análisis, para diferentes materiales granulares y para el mejor de los casos en que se tiene grava con una deficiencia de humedad en retención específica de 50%.

Material	Retención Especifica (r)
Arcillas	40%
Arenas	30%
Gravas	15%
Arenas y Gravas	20%

Infiltración en la zona uno

$$V = 385.98 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Area de infiltración en la zona uno

$$A = 1376.04 \text{ km}^2$$

Lámina de infiltración en la zona uno

$$h_{sw} = \frac{0.38598}{1376.04} = 0.2805 \times 10^{-3} \text{ km}$$

$$h_{sw} = 0.2805 \text{ m}$$

$$r = \frac{V_{sw}}{V_m}$$

$$V_m = \frac{V_{sw}}{r}$$

$$h_m \cdot A = \frac{h_{sw} \cdot A}{r}$$

$$h_m = \frac{h_{sw} \cdot A}{r \cdot A}$$

$$h_m = \frac{0.2805}{r}$$

A continuación se da el análisis para la profundidad a la cual se infiltra el agua en la zona uno, teniendo en cuenta que la deficiencia de humedad en el peor de los casos es de 100% y en el mejor caso de 50% en que se tienen:

Materiales	x (%)	100% Dh Profundidad (m)	50% Dh Profundidad (m)
Arcillas	40	0.70	1.40
Arenas	30	0.93	1.86
Gravas	15	1.87	3.74
Arenas y Gravas	20	1.40	2.80

Debido a que el agua del suelo es factible de -- evaporarse de 3 a 5 m de profundidad y que el nivel estático en la zona uno tiene una profundidad promedio de 80 m es de esperarse que sea insignificante la recarga vertical, luego en la ecuación (3) se tiene:

$$R_{BS} + R_{EH} - D_B = \Delta V \dots\dots\dots (3)$$

$$0 + 305 \times 10^6 - 847.7 \times 10^6 = \Delta V$$

$$\Delta V = - 542.7 \times 10^6 \text{ m}^3$$

De los calculos obtenidos se determina que ac--- tualmente se extrae agua del almacenamiento del acuífero ya que la entrada de agua al sistema es menor que la extracción actual provocada por 2 738 pozos creando deterioro en la calidad del agua del sistema estudiado y aumento de profundi-- dad en los niveles estáticos.

## VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VII.1.- Conclusiones

Existen en la subcuenca tres áreas para explotar agua subterránea localizándose la primera entre Bermejillo y Dinamita, cerca de la Sierra de Mapimi, la segunda al norte de la Sierra San Lorenzo-Texas y la última al norte de Tla-- hualilo. Aunque la calidad del agua es sulfatada, resultan

estas áreas atractivas, por corresponder a las mayores elevaciones de niveles estáticos, teniendo profundidades menores de 20 m en la segunda alternativa y menores de 60 m en las otras dos alternativas, su litología está constituida de aluvión (arenas, gravas y arcilla) y existe la posibilidad de cierta continuidad hidráulica entre el aluvión y las calizas que afloran en las Sierras próximas donde la precipitación pluvial es mayor; el volumen almacenado no fue posible determinarlo por desconocer el espesor saturado y el coeficiente de almacenamiento.

#### VII.2.- Recomendaciones

1.- Reducir la extracción del agua subterránea, mínimo hasta el rendimiento seguro, ya que actualmente el acuífero se encuentra en fase destructiva como lo demuestra la mala calidad y disminución de los niveles de agua. Es necesario aclarar que cuando se tiene una sobreexplotación no destructiva la fuente de agua subterránea no debe explotarse inmediatamente hasta su rendimiento seguro, pues es necesario cierto tiempo de recuperación (quizá acompañado de recarga artificial) para reconstruir sus niveles. Después del período de recuperación el agua subterránea puede ser explotado de nuevo hasta el nivel de rendimiento seguro.

2.- En virtud que no se cree posible se pueda reducir la explotación se propone lo siguiente:

a) Crear bordos que sirvan de almacenamiento superficial para utilizarse en épocas de lluvias y posteriormente conducirlos a zonas más permeables donde se infiltre ó inyectarlas directamente al subsuelo.

b) Establecer una extracción casi homogénea de agua subterránea con el fin de que el abatimiento sea el mismo en toda la subcuenca.

c) Es necesario que la industria dé tratamiento a su agua de desecho para inyectarla al subsuelo.

3.- La recomendación más viable y más costosa, con el fin de evitar problemas a menores y mayores consumidos de agua subterránea es continuar con la sobreexplotación pero buscando otro recurso alternativo, por ejemplo agua superficial de un río distante o bien agua subterránea proveniente de otra cuenca (importación de agua). Tan pronto como el nuevo recurso esté disponible se reducirá la extracción del agua subterránea hasta más abajo del rendimiento seguro para que pueda recuperarse el acuífero dañado, durante esta fase de recuperación es necesario usar una parte del abastecimiento alternativo de agua para recargar artificialmente y así acelerar la recuperación de este acuífero dañado, una vez que el acuífero se haya recuperado podrá ser explotado -

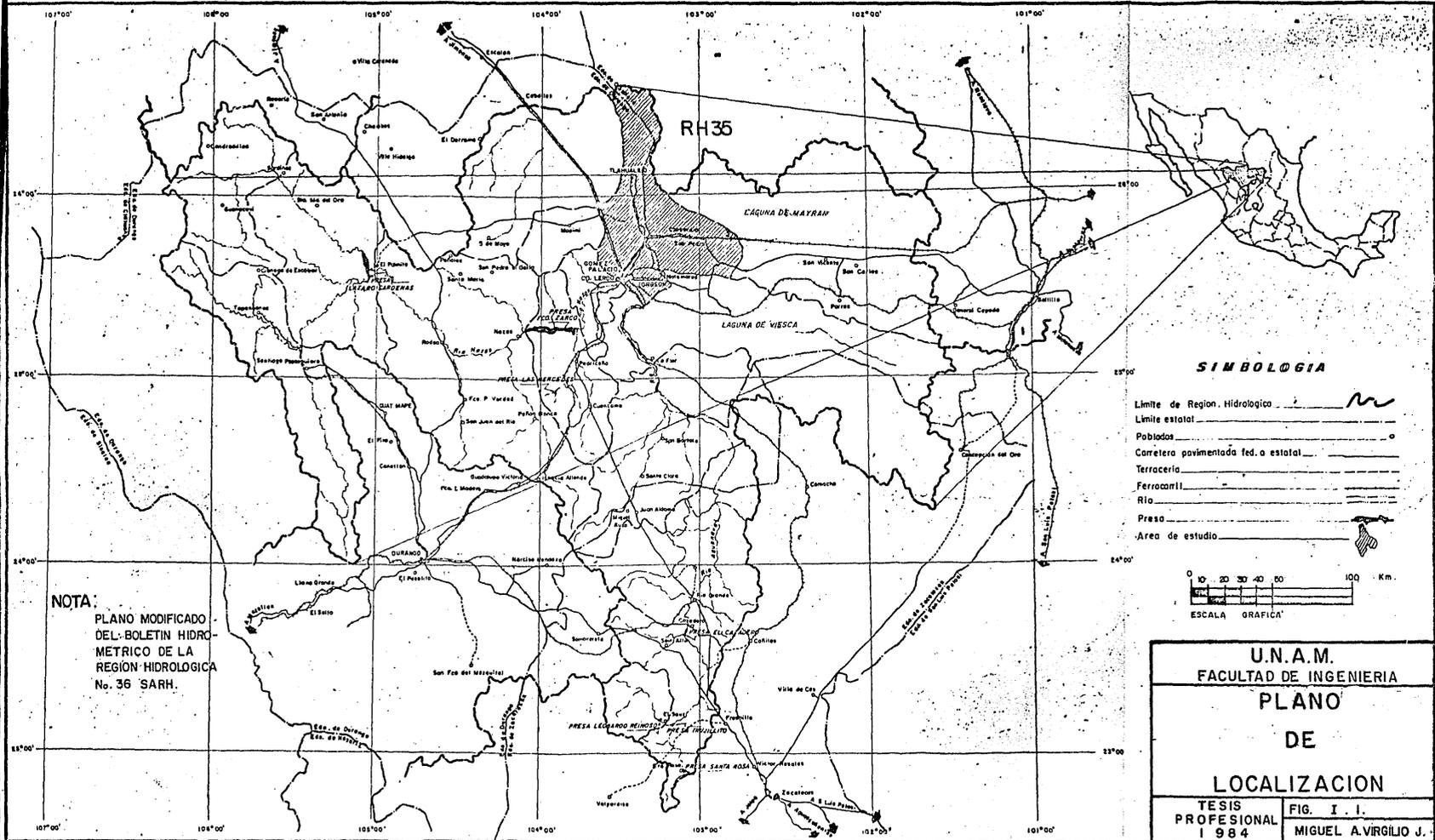
de nuevo hasta su nivel de rendimiento seguro y en lo sucesi  
vo, el rendimiento seguro del acuífero más el abastecimiento  
alternativo de agua que esté disponible, constituirán el --  
abastecimiento total y permanente de la subcuenca.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Estructura Urbanística del noroste de México. UANL, 1976
- 2.- Sobreexplotación del Agua Subterránea, Conferencias Internacionales C.P.N.H. 1975
- 3.- Exploración y Desarrollo de los Recursos de Agua Subterránea. División de Educación Continua, U.N.A.M., 1980
- 4.- Hidrología Subterránea. Emilio Custodio-Manuel Ramón -- Llamas, 1976
- 5.- Investigaciones sobre sistemas de Agua Subterráneas. Ing. Ignacio Sainz Ortiz, 1980
- 6.- Apuntes de Geohidrología. Ing. Rubén Chávez G., UANL, - 1980
- 7.- Apuntes sobre Hidrogeología. Dr. A. Issar, UANL, 1978
- 8.- Hidrogeología S.N. Davis-R. de Wiest. 1971
- 9.- Isótopos Ambientales aplicados al Estudio de la Interconexión de los Acuíferos Calizos y de Relleno en la Región Lagunera de Coah-Dgo. C. Latorre D.-J.M. Lesser I. L. Quijano L.-B.R. Payne, 1980
- 10.- El Agua Subterránea y Los Pozos. Johnson División, UOP - Inc., 1975
- 11.- Acondicionamiento de Aguas para la Industria. Sheppard T. Powell, 1979
- 12.- Resumen de Inventario de los Usos de Agua en la Región Lagunera S.A.R.H., 1978

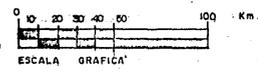
- 13.- Boletín "El Agua en la Región Lagunera". S.A.R.H., 1980
- 14.- Boletín de Divulgación Técnica. S.A.R.H., 1977
- 15.- Manual de Diseño de Obras Civiles. C.F.E., 1969
- 16.- Estudio Geohidrológico Preliminar de una Area al norte -  
de Torreón, Coah. INGEO. Contrato C.F.E., 1979
- 17.- Estudio para Abastecimiento de Agua Subterránea en el Ma  
terial de Relleno, Area Villa Juárez, Dgo. C.F.E., 1982
- 18.- Planos geológicos Escala 1:100 000 y 1:500 000. Institu  
to de Geología de la U.N.A.M.
- 19.- Cartografía completa de DENTENAL
- 20.- Prospección eléctrica en las Alternativas de Anna, San -  
Sebastian para el P.T. Torreón. C. F.E., 1980

**ANEXOS**

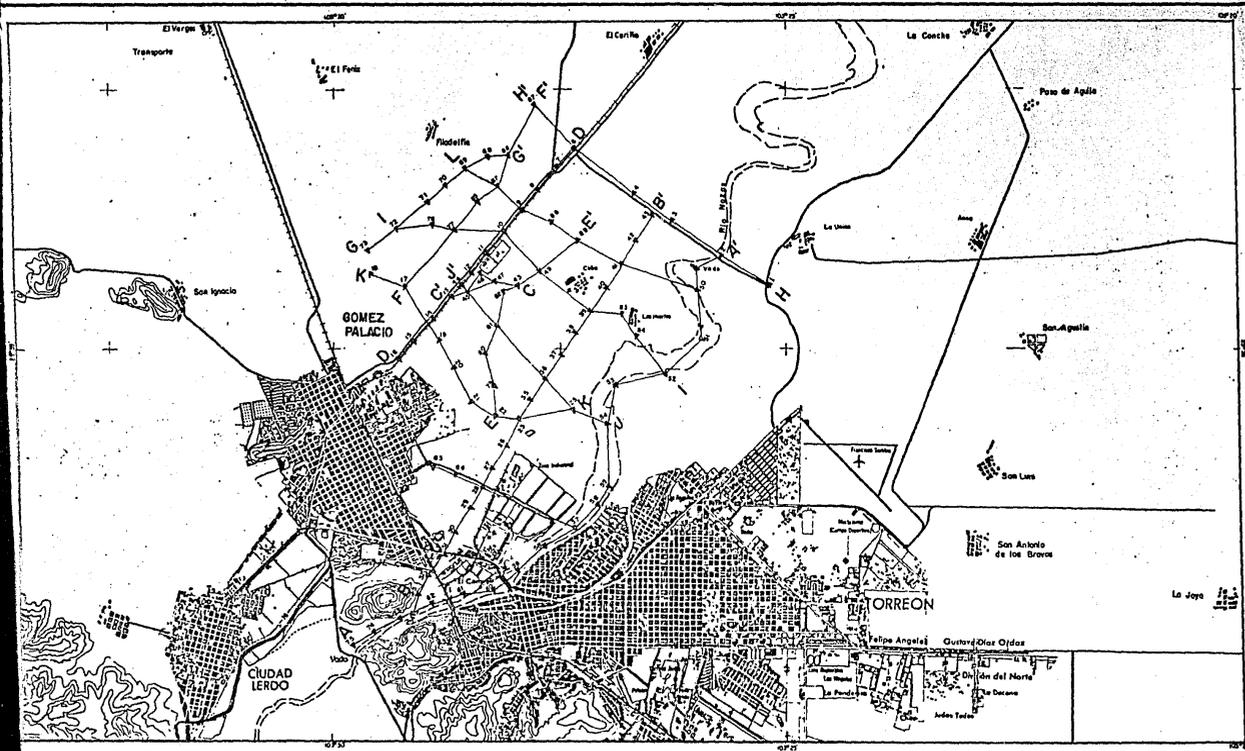


**NOTA:**  
 PLANO MODIFICADO  
 DEL BOLETIN HIDRO-  
 METRICO DE LA  
 REGION HIDROLOGICA  
 No. 36 SARH.

- SIMBOLOGIA**
- Limite de Region Hidrológica
  - Limite estatal
  - Poblados
  - Carretera pavimentada fed.o estatal
  - Terraceria
  - Ferrocarril
  - Rio
  - Preso
  - Area de estudio



<b>U.N.A.M.</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>PLANO</b> <b>DE</b> <b>LOCALIZACION</b>	
TESIS PROFESIONAL 1984	FIG. I. I. MIGUEL A. VIRGILIO J.



**SIMBOLOGIA**

- Carretera
- F.F.C.C.
- Rio
- Curva de Nivel
- Ciudad
- Poblado
- Punto de Atribución del S.E.V.
- Línea de Sección

**ESCALA**

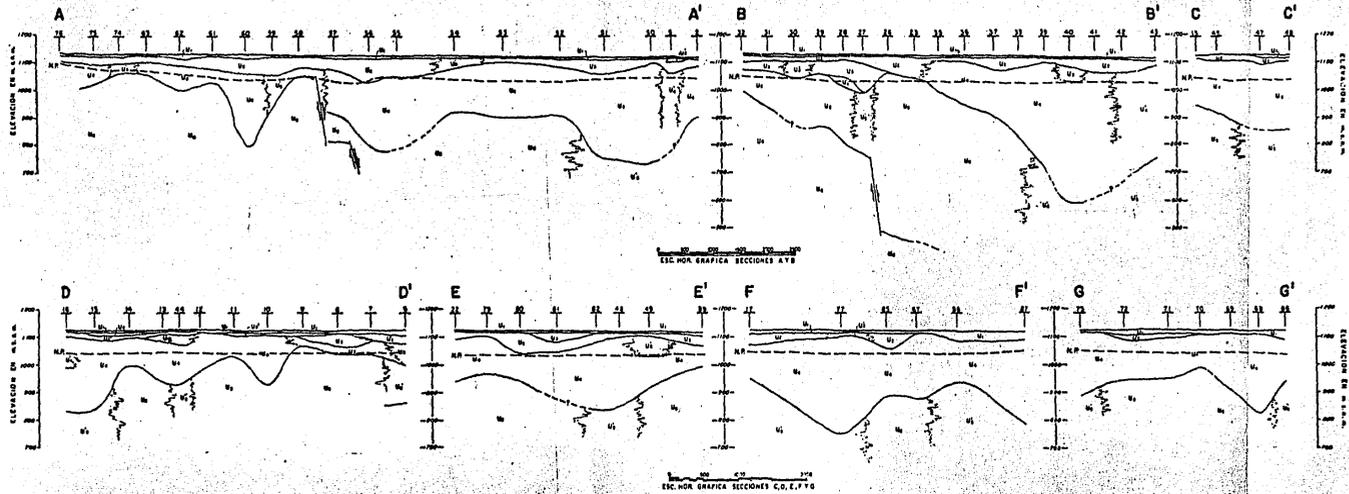


**U.N.A.M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**LOCALIZACION**  
**DE SECCIONES GEOFISICAS**

**TESIS**  
**PROFESIONAL - 1984**

**MIGUEL A VIRILIO J.**  
**FIGURA: III**



**SÍMBOLOGIA**

PUNTO DE ATRIBUCIÓN DEL S.E.V.

CONTACTO GEOFÍSICO

CONTACTO GEOFÍSICO INFERIOR

INTERFASE GEOELECTRICA

UNIDAD GEOELECTRICA

NIVEL PIEZOMETRICO

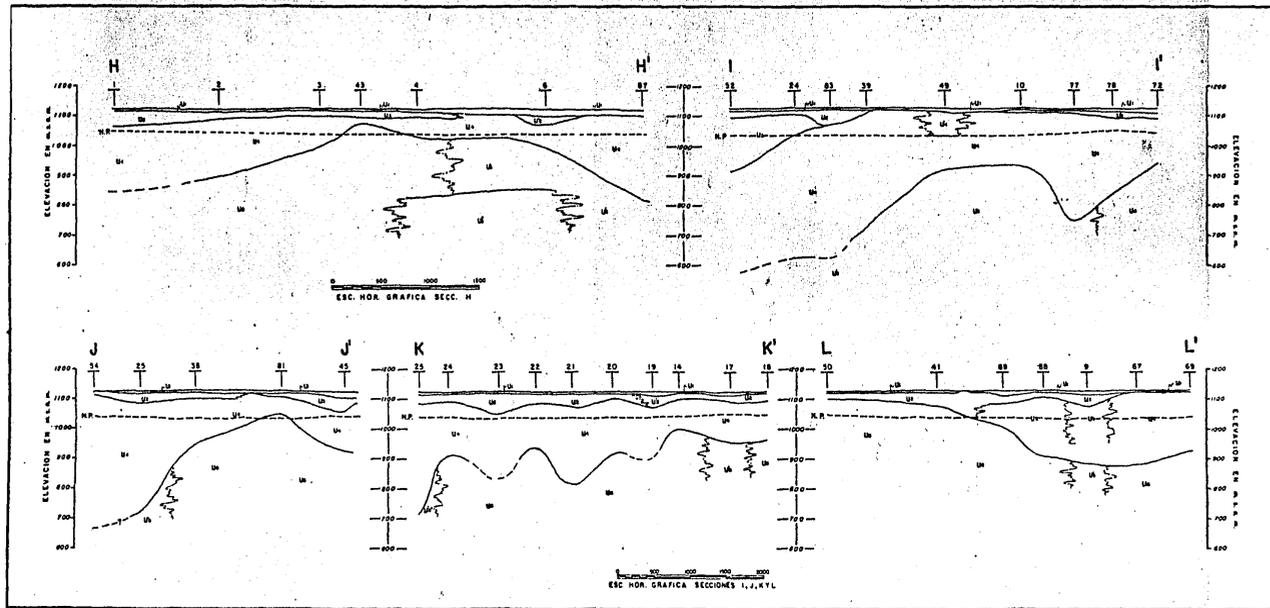
FALLA INFERIDA

UNIDAD GEOELECTRICA	LITOLOGIA	FACTIBILIDAD ACUFERA
U <sub>1</sub>	Gravas y arenas (Limos, arcillas y arenas)	Zona no saturada.
U <sub>2</sub>	Gravas y arenas.	Zona no saturada.
U <sub>3</sub>	Arenas y arcillas.	Zona no saturada.
U <sub>4</sub>	Arenas y gravas.	Zona no saturada.
U <sub>5</sub>	Gravas y arenas.	Buena permeabilidad.
U <sub>6</sub>	Arenas y arcillas.	Buena permeabilidad.
U <sub>7</sub>	Arenas y arcillas (limos y arenas)	Poco permeables.
U <sub>8</sub>	Arcillas.	Impermeables.
U <sub>9</sub>	Caliza.	Poco permeables.

**U.N.A.M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**A, B, C, D, E, F y G**  
**SECCIONES DE GEOFISICA**

<b>TESIS</b>	MIGUEL A. VIRGILIO J.
PROFESIONAL - 1984	FIGURA III. 2



**SÍMBOLOGIA**

- PUNTO DE ATRIBUCION DEL S.E.V. \_\_\_\_\_ †  
 CONTACTO GEOFISICO \_\_\_\_\_  
 CONTACTO GEOFISICO INFERIDO \_\_\_\_\_  
 INTERFASE GEOELECTRICA \_\_\_\_\_  
 UNIDAD GEOELECTRICA \_\_\_\_\_ U<sub>n</sub>  
 NIVEL PIEZOMETRICO \_\_\_\_\_  
 FALLA INFERIDA \_\_\_\_\_

UNIDAD GEOELECTRICA	LITOLOGIA	FACTIBILIDAD ACUIFERA
U <sub>1</sub>	Unidad de cobertura (limas, arcillas y greses)	Zona no saturada.
U <sub>2</sub>	Greses y arcillas.	Zona no saturada.
U <sub>3</sub>	Arenas y gravas.	Zona no saturada.
U <sub>4</sub>	Greses y arcillas.	Buenos posibilidades.
U <sub>5</sub>	Arenas y gravas.	Buenas posibilidades.
U <sub>6</sub>	Arenas con mucho grava y arena con arcilla.	Pocos posibilidades geológicas.
U <sub>7</sub>	Arcillas.	Materiales impermeables.
U <sub>8</sub>	Arenas y gravas.	Potenciales excelentes.

**U.N.A.M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

SECCIONES DE GEOFISICA  
**H, I, J, K, L**

**TESIS**      MIGUEL A VIRGILIO J.  
 PROFESIONAL - 1984      FIGURA: III - 3

# ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL-1984 ——— MIGUEL A. VIRGILIO J. ———

TABLA IV-1

Nº ORDEN	Nº DE APROVECHAMIENTO	TIPO DE APROVECHAMIENTO	FECHA	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	DUREZA TOTAL COMO CaCO <sub>3</sub> (ppm)	ALCALI- NIDAD COMO CaCO <sub>3</sub> (ppm)	pH	CE micromhos	TEMP. °C	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	SOLIDOS DISUELTOS mg/l	CLASE	CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL	RAS	FAMILIAS DE AGUA
1	136	POZO	27-IV	5.08	1.14	0.07	0.00	311	150	7.70	635	25	3.00	0.00	0.59	2.90	12.78	III	BUENA	0.04	SULF. BICARBONATADA-CALC.
2	342	POZO	27-IV	4.08	0.80	0.16	0.00	244	148	7.84	509	25	2.96	0.00	0.68	1.58	10.26	III	BUENA	0.10	BICARBONATADA CALCICA
3	350	POZO	19-IV	2.6	2.47	1.01	0.10	142	156	7.0	500	27	3.11	0.00	4.09	1.0	0.19	III	BUENA	0.866	BICARBONATADA CALCICA
4	367	POZO	19-IV	1.78	0.0	1.14	0.0	89	184	8.74	350	27	2.88	0.0	0.19	0.027	5.99	III	BUENA	1.20	BICARBONATADA CALCICA
5	387	POZO	27-IV	4.16	0.64	0.22	0.00	240	176	7.71	552	25	3.52	0.00	0.73	0.95	10.22	III	BUENA	0.14	BICARBONATADA CALCICA
6	407	POZO	27-IV	3.42	0.54	0.74	0.00	198	140	7.96	518	25	2.80	0.00	0.78	1.29	9.57	III	BUENA	0.52	BICARBONATADA CALCICA
8	769	POZO	19-IV	1.9	0.17	2.10	0.138	104	131	7.90	400	26	2.62	0.00	0.82	1.08	8.83	III	BUENA	0.079	BICARBONATADA CALCICA
10	2185	POZO	10-IV	2.00	0.20	0.54	0.00	110	136	8.27	260	27	2.72	0.00	0.16	0.00	5.62	III	BUENA	0.51	BICARBONATADA CALCICA
11	2074	POZO	27-IV	6.58	1.85	3.00	0.00	422	120	7.84	1028	25	2.40	0.00	2.62	6.70	23.16	III	MALA	1.46	SULFATADA CALCICA
12	2227	POZO	21-IV	3.78	1.00	0.87	0.00	239	168	7.91	580	27	3.36	0.00	0.48	2.00	11.49	III	BUENA	0.56	BICARBONATADA CALCICA
13	2349	POZO	19-IV	1.50	0.80	4.46	0.0	115	122	7.91	718	27	2.44	0.0	0.82	3.70	13.72	III	BUENA	4.16	SULFATADA SODICA
16	17	POZO	12-IV	5.84	2.22	1.76	0.0	400	160	7.75	880	21	3.20	0.0	0.67	5.20	19.89	III	MALA	0.88	SULFATADA CALCICA
18	104	POZO	13-IV	25.52	8.84	6.18	0.0	1718	132	7.91	3400	21	2.44	0.0	5.95	12.70	81.79	III	MALA	1.49	SULFATADA CALCICA
19	109	POZO	12-IV	20.38	16.30	2.64	0.0	1834	156	7.84	3195	21	3.12	0.0	7.13	99.80	79.37	III	MALA	0.616	SULFATADA CALCICA
20	192	POZO	12-IV	11.04	0.18	0.56	0.0	561	156	7.95	1158	21	3.12	0.0	1.55	7.40	23.85	III	MALA	0.226	SULFATADA CALCICA
21	158	POZO	13-IV	2.86	0.00	1.82	0.00	143	100	8.05	430	21	2.00	0.0	0.45	2.40	9.53	III	BUENA	1.52	SULFATADA CALCICA
22	168	POZO	13-IV	11.44	3.98	5.42	0.0	771	124	7.61	1700	21	2.48	0.0	1.29	17.50	42.11	III	MALA	1.95	SULFATADA CALCICA
23	172	POZO	12-IV	22.86	7.56	18.79	0.0	1521	175	7.71	3940	21	3.52	0.0	4.68	11.90	09.31	III	MALA	4.817	SULFATADA CALCICA
24	209	POZO	12-IV	15.60	4.02	0.73	0.0	981	162	7.73	1740	21	3.24	0.0	1.52	15.50	40.11	III	MALA	0.07	SULFATADA CALCICA
25	229	POZO	19-IV	7.60	5.28	0.12	0.0	644	128	8.74	1162	27	2.56	0.0	1.35	9.40	26.31	III	MALA	0.047	SULFATADA CALCICA
26	257	POZO	19-IV	7.98	3.92	1.85	0.0	594	105	7.95	1112	27	2.12	0.0	1.35	10.60	27.82	III	MALA	0.76	SULFATADA CALCICA
27	268	POZO	19-IV	1.60	1.26	0.02	0.0	143	118	8.27	350	27	2.36	0.0	0.36	0.30	5.90	III	BUENA	0.016	BICARBONATADA CALCICA
28	281	POZO	19-IV	4.98	4.88	2.06	0.0	493	130	7.84	1070	27	2.60	0.0	2.31	7.30	24.13	III	MALA	0.927	SULFATADA CALCICA
29	297	POZO	19-IV	4.22	1.74	3.17	0.0	288	126	8.16	888	27	2.52	0.0	1.35	5.50	18.50	III	BUENA	1.84	SULFATADA CALCICA
30	485	POZO	21-IV	3.24	0.94	0.02	0.0	209	144	8.14	390	27	2.88	0.0	0.62	0.96	8.66	III	BUENA	0.01	BICARBONATADA CALCICA
31	501	POZO	19-IV	4.58	0.06	18.14	0.0	232	336	7.70	2000	27	6.78	0.0	1.92	14.60	46.02	III	BUENA	11.91	SULFATADA SODICA
32	541	POZO	13-IV	11.70	4.32	1.08	0.0	801	126	7.71	1505	21	2.52	0.0	1.35	13.60	34.57	III	MALA	0.38	SULFATADA CALCICA
33	546	POZO	12-IV	3.66	0.44	0.14	0.0	205	140	8.40	430	21	2.80	0.0	0.50	1.12	8.66	III	BUENA	0.097	BICARBONATADA CALCICA
34	607	POZO	19-IV	1.50	0.72	2.47	0.0	111	196	8.46	345	27	3.92	0.0	0.34	0.60	9.55	III	BUENA	2.35	BICARBONATADA SODICA
35	2194	POZO	19-IV	9.98	1.22	0.63	0.0	560	106	8.15	1240	27	2.12	0.0	3.10	6.90	23.95	III	MALA	0.266	SULFATADA CALCICA
36	634	POZO	19-IV	6.58	2.98	2.31	0.0	478	100	8.07	1170	27	2.00	0.0	2.26	7.90	24.03	III	MALA	1.06	SULFATADA CALCICA

\*\* CLASIFICACION GEOQUIMICA CHASE-PALMER.

# ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL-1984 ——— MIGUEL A. VIRGILIO J. ———

TABLA IV-1

Nº ORDEN	Nº DE APROVECHAMIENTO	TIPO DE APROVECHAMIENTO	FECHA	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	DUREZA TOTAL COMO CaCO <sub>3</sub> (ppm)	ALCALI- NIDAD COMO CaCO <sub>3</sub> (ppm)	pH	CE Microhmhos	TEMP. °C	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	SOLIDOS DISUELTOS mg/l	CLASE	CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL	RAS	FAMILIAS DE AGUA
37	2987	POZO	19-IV	1.42	0.00	2.75	0.0	71	92	8.72	475	27	1.84	0.0	0.39	2.10	8.5	III	BUENA	3.27	SULFATADA SODICA
38	1119	POZO	19-IV	2.80	0.14	0.51	0.0	147	128	8.04	370	27	2.56	0.0	0.34	0.70	7.05	III	BUENA	0.42	BICARBONATADA CALCICA
39	1331	POZO	13-IV	34.98	10.76	17.75	0.0	2287	126	7.63	5100	21	2.52	0.0	15.48	46.60	128.09	III	MALA	3.70	SULFATADA CALCICA
40	1438	POZO	13-IV	25.38	11.58	15.31	0.0	1848	130	7.59	4500	21	2.60	0.0	6.00	44.60	105.47	III	MALA	3.568	SULFATADA CALCICA
41	1517	POZO	13-IV	27.94	1.68	0.93	0.0	1481	110	7.77	2800	21	2.20	0.0	2.34	26.6	61.69	III	MALA	0.242	SULFATADA CALCICA
42	1612	POZO	12-IV	13.30	3.62	1.12	0.0	846	126	8.0	1770	21	2.52	0.0	4.31	11.60	36.47	III	MALA	0.386	SULFATADA CALCICA
43	1902	POZO	19-IV	1.40	0.40	1.14	0.0	90	120	8.25	307	27	2.40	0.0	0.28	0.40	6.02	III	BUENA	1.20	BICARBONATADA CALCICA
44	1919	POZO	13-IV	5.00	1.00	0.01	0.0	300	112	8.14		21	2.24	0.0	0.96	3.00	12.21	III	BUENA		SULFATADA CALCICA
45	2326	POZO	12-IV	5.96	1.24	8.47	0.0	360	122	8.04	1490	21	2.44	0.0	5.33	7.90	31.34	III	MALA	4.48	SULFATADA CALCICA
47	2345	POZO	19-IV	1.82	0.0	1.39	0.0	91	130	8.1	340	27	2.60	0.0	0.36	0.40	6.57	III	BUENA	1.458	BICARBONATADA CALCICA
49	214	POZO	12-IV	5.36	1.40	0.05	0.0	338	182	8.17	740	21	3.64	0.0	0.78	2.60	13.83	III	MALA	0.027	BICARBONATADA CALCICA
50	1846	POZO	12-IV	6.58	4.10	3.52	0.0	534	176	8.05		21	3.52	0.0	2.50	0.50	29.72	III	MALA	1.523	SULFATADA CALCICA
51	1856	POZO	12-IV	9.82	1.82	6.04	0.0	582	208	8.00		21	4.16	0.32	2.78	10.80	35.74	III	MALA	2.504	SULFATADA CALCICA
52	2344	POZO	12-IV	10.64	8.14	3.77	0.0	939	172	7.87	1940	21	3.44	0.0	2.67	16.90	45.56	III	MALA	1.23	SULFATADA CALCICA
54	2539	POZO	12-IV	7.88	5.28	2.44	0.0	658	180	8.10		21	3.60	0.0	2.45	9.90	31.55	III	MALA	0.951	SULFATADA CALCICA
68	900	POZO	21-IV	28.38	9.24	9.51	0.0	1880	194	7.48	3400	27	3.88	0.0	3.10	41.06	95.23	III	MALA	2.20	SULFATADA CALCICA
69	762	POZO	19-IV	5.9	.78	22.48	0.0	334	175	7.58	2700	32	3.50	0.0	4.66	20.63	58.21	III	MALA	12.35	SULFATADA SODICA
70	913	POZO	19-IV	16.75	4.27	3.56	0.0	1051	134	7.72	2300	30	2.68	0.0	1.98	20.84	50.38	III	MALA	1.098	SULFATADA CALCICA
71	1017	POZO	19-IV	1.79	0.04	10.48	0.0	92	114	8.06	1100	30	2.28	0.0	4.58	4.7	24.00	III	BUENA	10.96	SULFATADA SODICA
72	1050	POZO	19-IV	2.25	0.17	12.26	0.0	121	117	7.82	1250	28	2.34	0.0	4.41	6.84	28.42	III	BUENA	11.14	SULFATADA SODICA
73	1105	POZO	19-IV	15.3	.55	4.56	0.0	793	55	7.40	1800	30	1.09	0.0	5.42	13.45	40.16	III	MALA	1.62	SULFATADA CALCICA
74	1467	POZO	19-IV	3.3	0.15	13.	0.0	173	127	7.68	1450	25	2.54	0.0	3.39	9.73	32.20	III	BUENA	9.92	SULFATADA SODICA
75	1489	POZO	21-IV	5.38	1.66	40.82	0.0	352	134	7.35	4200	27	2.68	0.0	1.21	44.83	96.58	III	MALA	21.75	SULFATADA SODICA
76	1515	POZO	19-IV	7.02	0.96	13.18	0.0	399	84	7.80	2000	27	1.52	0.16	6.43	13.50	42.77	III	MALA	6.59	SULFATADA SODICA
77	1526	POZO	21-IV	33.78	6.02	13.79	0.0	1990	98	7.80	4300	27	1.96	0.0	1.46	51.13	108.14	III	MALA	3.09	SULFATADA CALCICA
78	1675	POZO	19-IV	30.45	4.53	9.87	0.0	1749	121	7.18	4100	33	2.41	0.0	6.22	35.5	89.42	III	MALA	2.36	SULFATADA CALCICA
79	1695	POZO	19-IV	6.65	0.377	13.18	0.0	351	94	7.82	1950	30	1.81	0.0	3.46	15.57	41.35	III	MALA	7.04	SULFATADA SODICA
80	1701	POZO	19-IV	11.45	1.24	35.93	0.0	635	161	7.38	4500	20	3.23	0.0	8.67	34.96	96.42	III	MALA	14.31	SULFATADA SODICA
81	081	POZO	19-IV	23.0	7.51	25.83	0.0	1525	149	7.30	5100	26	2.98	0.0	18.54	28.1	107.21	III	MALA	6.62	SULFATADA CALCICA
82	2122	POZO	21-IV	2.40	0.38	40.43	0.0	139	204	7.35	3900	27	4.08	0.0	5.92	34.00	87.21	III	BUENA	34.32	SULFATADA SODICA
83	2741	POZO	19-IV	3.60	0.20	3.53	0.0	190	116	8.2	720	27	2.32	0.0	0.62	0.60	14.87	III	BUENA	2.57	SULFATADA CALCICA

\* CLASIFICACION GEOQUIMICA CHASE-PALMER.

# ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA      TESIS PROFESIONAL-1984      MIGUEL A. VIRGILIO J.      TABLA IV-1

Nº ORDEN	Nº DE APROVECHAMIENTO	TIPO DE APROVECHAMIENTO	FECHA	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	DUREZA TOTAL como CaCO <sub>3</sub> (ppm)	ALCALI- NIDAD como CaCO <sub>3</sub> (ppm)	pH	CE Microhm	TEMP. °C	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	SOLIDOS DISUELTOS mg/l	CLASE *	CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL	RAS	FAMILIAS DE AGUA
84	598	POZO	19-IV	6.58	2.38	12.14	0.0	448	96	8.09	2000	27	1.92	0.0	1.52	18.10	42.64	III	MALA	5.75	SULFATADA-SODICA
86	1139	POZO	19-IV	8.60	4.04	5.07	0.0	632	172	8.16	1640	27	3.44	0.0	1.33	13.30	35.80	III	MALA	2.01	SULFATADA CALCICA
87	1576	POZO	13-IV	27.0	11.98	17.20	0.0	1949	132	7.74	3080	21	2.64	0.0	3.44	51.10	113.36	III	MALA	3.896	SULFATADA CALCICA
89	1768	POZO	19-IV	8.18	1.42	4.71	0.0	480	132	8.02	1520	27	2.64	0.0	1.60	10.40	28.95	III	MALA	2.15	SULFATADA CALCICA
90	2534	POZO	19-IV	1.98	0.08	19.69	0.0	103	110	8.30	2045	27	2.20	0.0	1.80	18.20	43.95	III	BUENA	19.49	SULFATADA SODICA
92	2745	POZO	13-IV	27.22	11.14	18.27	0.0	1918	130	7.75	3750	21	2.60	0.0	3.40	51.60	114.73	III	MALA	4.172	SULFATADA CALCICA
93	2746	POZO	13-IV	15.62	7.00	7.56	0.0	1131	152	7.69	2550	21	3.04	0.0	6.12	21.60	60.94	III	MALA	2.247	SULFATADA CALCICA
95	3046	POZO	19-IV	10.75	1.04	22.11	0.0	590	68	7.70	1300	27	1.36	0.0	0.79	32.40	68.46	III	MALA	9.136	SULFATADA SODICA
96	2984	POZO	19-IV	8.18	7.02	21.92	0.0	760	27	7.90	3670	27	0.53	0.0	2.48	34.80	74.93	III	MALA	7.97	SULFATADA SODICA
97	1097	POZO	21-IV	4.52	1.06	0.83	0.0	279	124	8.45		27	2.42	0.16	0.22	3.81	13.02	III	BUENA		SULFATADA CALCICA
99	1271	POZO	29-IV	4.00	0.58	6.51	0.0	229	94	7.89		29	1.88	0.0	0.36	9.12	22.45	III	BUENA		SULFATADA SODICA
100	1983	POZO	29-IV	7.78	2.24	1.50	0.0	501	156	8.05		29	2.92	0.20	1.52	7.16	23.32	III	MALA		SULFATADA CALCICA
102	2304	POZO	29-IV	4.26	0.58	5.38	0.0	239	90	8.00		29	1.72	0.08	0.35	8.32	20.70	III	BUENA		SULFATADA CALCICA
103	2558	POZO	19-IV	1.96	1.64	3.29	0.0	270	196	8.25		29	3.68	0.74	1.09	4.12	18.07	III	BUENA		SULFATADA CALCICA
105	2422	POZO	10-IV	7.00	2.22	0.82	0.0	461	180	8.01		27	3.60	0.0	2.00	4.70	20.34	III	MALA	0.383	SULFATADA CALCICA
106	2702	POZO	29-IV	7.60	4.62	1.78	0.0	611	200	7.12		29	3.92	0.08	3.12	7.20	28.32	III	MALA		SULFATADA CALCICA
107	2574	POZO	29-IV	3.24	0.76	13.38	0.0	300	144	8.14		29	2.88	0.16	1.77	14.98	39.17	III	MALA		SULFATADA SODICA
108	2706	POZO	29-IV	6.16	4.06	1.18	0.0	521	184	7.90		21	3.68	0.0	2.70	5.50	23.48	III	MALA		SULFATADA CALCICA
110	2567	POZO	12-IV	5.10	1.94	0.28	0.0	352	170	7.95		21	3.40	0.0	3.40	7.53	14.85	III	BUENA	0.149	BICARBONATADA CALCICA
111	2722	POZO	12-IV	10.14	0.22	5.49	0.0	518	180	8.30		21	3.60	0.0	3.60	9.00	32.05	III	MALA	2.413	SULFATADA CALCICA
112	2785	POZO	29-IV	3.40	2.98	1.16	0.0	319	208	8.24		29	3.84	0.24	0.93	2.75	15.3	III	BUENA		BICARBONATADA CALCICA
113	2791	POZO	29-IV	4.60	2.58	7.32	0.0	379	200	8.06		27	3.76	0.24	2.98	7.85	29.33	III	MALA		SULFATADA SODICA
114	2795	POZO	29-IV	5.00	1.40	0.31	0.0	470	178	8.01		29	3.44	0.12	2.34	3.05	17.66	III	MALA		BICARBONATADA CALCICA
116	2900	POZO	29-IV	31.64	13.58	16.93	0.0	2260	112	7.70		29	2.24	0.0	20.72	40.76	125.32	III	MALA		SULFATADA CALCICA
117	3055	POZO	29-IV	14.40	3.62	14.05	0.0	901	172	7.55		29	3.44	0.0	12.29	16.95	64.75	III	MALA		SULFATADA CALCICA
118	3054	POZO	29-IV	6.62	3.10	1.98	0.0	486	106	8.09		29	2.00	0.12	2.31	10.60	29.73	III	MALA		SULFATADA CALCICA
120	3091	POZO	29-IV	3.36	1.94	1.05	0.0	265	170	8.07		29	3.31	0.08	0.84	2.32	12.9	III	BUENA		BICARBONATADA CALCICA
121	3092	POZO	29-IV	3.52	1.90	1.04	0.0	271	190	8.06		29	3.61	0.16	0.81	2.05	13.12	III	BUENA		BICARBONATADA CALCICA
122	3093	POZO	29-IV	3.58	1.84	1.27	0.0	271	184	8.10		29	3.52	0.16	0.87	2.44	13.58	III	BUENA		BICARBONATADA CALCICA
123	3094	POZO	29-IV	3.80	2.30	1.08	0.0	305	194	8.01		29	3.72	0.16	0.87	2.64	14.57	III	BUENA		BICARBONATADA CALCICA
124	3095	POZO	29-IV	3.78	2.06	10.52	0.0	297	220	8.10		29	4.40	0.0	0.87	11.45	33.08	III	BUENA		SULFATADA SODICA

\*: CLASIFICACION GEOQUIMICA CHASE-PALMER.

# ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA

UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL-1984 ——— MIGUEL A. VIRGILIO J. ———

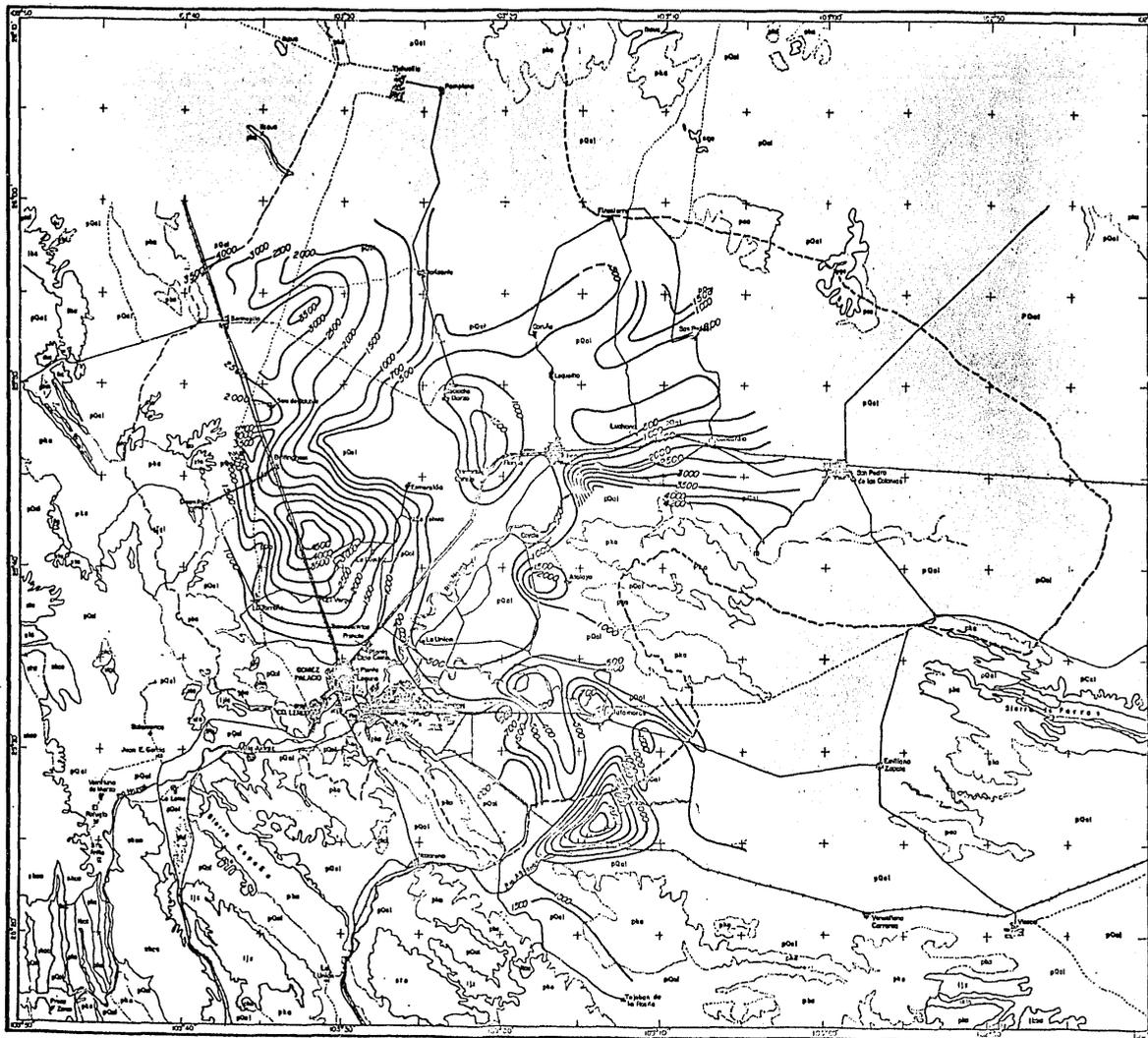
TABLA IX-1

Nº ORDEN	Nº DE APROVECHAMIENTO	TIPO DE APROVECHAMIENTO	FECHA	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	DUREZA TOTAL COMO CaCO <sub>3</sub> (ppm)	ALCALI- NIDAD COMO CaCO <sub>3</sub> (ppm)	pH	CE Microhm	TEMP °C	HCO <sub>3</sub> mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	SOLIDOS DISUELTOS mg/l	CLASE *	CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL	RAS	FAMILIAS DE AGUA
125	3096	POZO	29-IV	3.40	2.32	10.41	0.0	266	186	7.98		29	3.60	0.12	0.84	11.93	32.62	III	BUENA		SULFATADA SODICA
126	936	POZO	19-IV	4.05	.53	27.97	.11	229	212	7.84	3000	30	4.23	0.0	8.02	18.47	63.38	III	MALA	18.52	SULFATADA SODICA
127	626	POZO	19-IV	3.62	0.18	5.09	0.00	190	112	7.90	880	27	2.24	0.00	0.62	6.27	18.02	III	BUENA	3.69	SULFATADA SODICA
128	627	POZO	19-IV	1.78	0.26	3.59	0.0	102	118	8.50	580	27	2.36	0.0	0.76	2.70	11.45	III	BUENA	3.55	SULFATADA SODICA
129	852	POZO	21-IV	1.44	0.18	0.96	0.0	81	116	8.40	260	27	2.32	0.0	0.39	0.01	5.30	III	BUENA	1.06	BICARBONATADA CALCICA
130	854	POZO	21-IV	3.18	0.22	2.95	0.0	170	218	7.70	650	27	4.20	0.16	0.59	1.60	12.90	III	BUENA	2.26	BICARBONATADA CALCICA
131	860	POZO	21-IV	1.62	1.40	0.62	0.0	151	104	8.45	310	27	2.08	0.0	0.39	1.32	7.43	III	BUENA	0.50	BICARBONATADA CALCICA
132	949	POZO	19-IV	1.65	.15	11.	.14	90	137	8.26	1250	32	2.73	0.0	3.33	7.88	26.96	III	BUENA	11.60	SULFATADA SODICA
133	975	POZO	19-IV	.49	.003	3.64	.097	25	115	8.37	400	33	2.3	0.0	1.0	0.91	8.44	III	BUENA	7.33	BICARBONATADA SODICA
134	1000	POZO	19-IV	.92	.08	7.39	.107	50	115	8.0	800	36	2.3	0.0	2.26	3.78	16.84	III	BUENA	10.45	SULFATADA SODICA
135	1053	POZO	19-IV	1.18	.11	5.78	.07	65	139	7.92	650	26	2.78	0.0	1.97	1.83	13.77	III	BUENA	7.10	BICARBONATADA SODICA
136	1041	POZO	19-IV	1.00	0.50	1.42	0.0	595	108	8.74	382	27	2.16	0.0	0.50	0.40	5.98	III	MALA	1.639	BICARBONATADA SODICA
137	959	POZO	19-IV	3.25	.17	8	.138	171	119	7.96	1150	32	2.39	0.0	4.57	5.15	23.69	III	BUENA	6.15	SULFATADA SODICA
138	1698	POZO	19-IV	2.42	0.58	0.97	0.0	150	142	8.40	542	27	2.42	0.12	0.45	1.15	8.11	III	BUENA	0.79	BICARBONATADA CALCICA
140	674	POZO	19-IV	1.00	0.42	0.35	0.0	71	74	8.30	180	27	1.40	0.08	0.22	0.19	3.66	III	BUENA	0.41	BICARBONATADA CALCICA
141	2510	POZO	19-IV	1.00	0.0	8.48	0.0	50	274	8.16	1125	27	5.04	0.44	0.56	3.70	19.22	III	BUENA	8.48	BICARBONATADA SODICA
144	2084	POZO	13-IV	17.00	7.18	13.26	0.0	1209	130	7.56	3400	21	2.72	0.0	3.32	32.10	75.58	III	MALA	3.813	SULFATADA CALCICA
148	2450	POZO	13-IV	28.64	13.18	12.0	0.0	2091	130	7.76	4400	21	2.60	0.0	3.58	48.70	108.8	III	MALA	2.646	SULFATADA CALCICA
152	2912	POZO	19-IV	9.80	2.36	0.78	0.0	608	254	7.75	1485	27	4.60	0.32	2.03	6.30	26.19	III	MALA	11.90	SULFATADA CALCICA
154	2504	POZO	13-IV	30.78	15.02	8.55	0.0	2290	82	8.22	4800	21	1.64	0.0	4.68	49.00	109.67	III	MALA	1.786	SULFATADA CALCICA
156	1225	POZO	27-IV	1.98	0.04	2.93	0.0	101	110	8.46		25	2.20	0.08	1.69	1.16	10.08	III	BUENA		BICARBONATADA SODICA
157	431	POZO	19-IV	1.44	0.80	0.37	0.0	112	120	8.27	308	27	2.32	0.08	0.28	0.0052	5.37	III	BUENA	0.34	BICARBONATADA CALCICA
158	443	POZO	19-IV	2.25	.18	2.86	.145	121	129	7.52	500	32	2.58	0.0	1.38	1.14	10.53	III	BUENA	2.59	BICARBONATADA SODICA
159	520	POZO	21-IV	4.24	0.28	0.09	0.0	226	226	7.81	480	27	4.52	0.0	0.25	0.01	9.39		BUENA	0.05	BICARBONATADA CALCICA
160	523	POZO	19-IV	3.4	.385	3.67	.192	189	155	7.36	700	22	3.1	0.0	1.57	2.32	14.64	III	BUENA	2.67	BICARBONATADA SODICA
161	729	POZO	27-IV	2.04	1.42	0.11	0.0	173	126	7.84	360	25	2.40	0.12	0.39	0.81	7.29	III	BUENA	0.08	BICARBONATADA CALCICA
162	756	POZO	27-IV	17.60	0.40	10.16	0.0	900	180	7.54	2750	25	3.44	0.16	4.51	20.60	56.87	III	MALA	3.38	SULFATADA CALCICA
163	760	POZO	27-IV	1.98	0.04	0.58	0.0	101	116	7.99	245	25	2.16	0.16	0.31	0.11	5.34	III	BUENA	0.57	BICARBONATADA CALCICA
164	765	POZO	27-IV	6.22	1.54	1.29	0.0	388	96	8.05	900	25	1.84	0.08	1.57	5.80	18.34	III	MALA	0.65	SULFATADA CALCICA
165	801	POZO	27-IV	2.18	0.10	0.40	0.0	114	104	8.11	254	25	2.08	0.00	0.42	0.32	5.50	III	BUENA	0.37	BICARBONATADA CALCICA
166	2082	POZO	27-IV	2.00	0.00	0.89	0.0	100	122	8.04	270	25	2.44	0.00	0.33	0.26	5.92	III	BUENA	0.89	BICARBONATADA CALCICA

\* CLASIFICACION GEOQUIMICA CHASE-PALMER.







— LOCALIZACION —



— SIMBOLOGIA —

- CARRETERA \_\_\_\_\_
- TERRACERA \_\_\_\_\_
- FERROCARRIL \_\_\_\_\_
- CIUDAD \_\_\_\_\_
- POBLADO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COMUNES \_\_\_\_\_
- RIO \_\_\_\_\_
- PARTEAGUAS \_\_\_\_\_

— EXPLICACION —

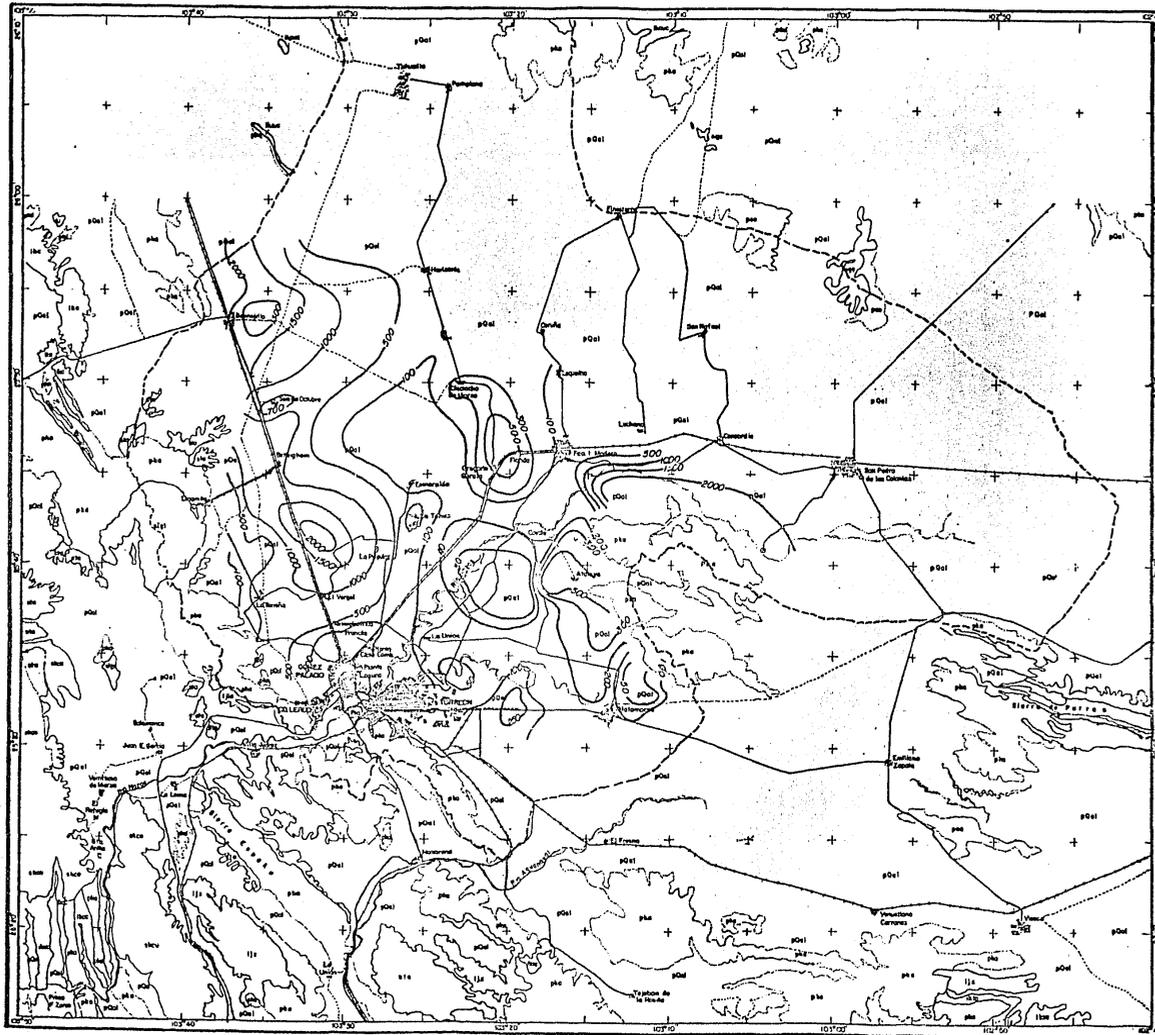
- CURVAS DE ISOCALORES: \_\_\_\_\_
- CONDUCTIVIDAD \_\_\_\_\_ 1000 micromhos/cm \_\_\_\_\_
- AREA DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_



**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

DISTRIBUCION DE CONDUCTIVIDAD  
CORRESPONDIENTE A ABRIL DE 1983

T E S I S	MIGUEL A VIRGILIO J.
PROFESIONAL- 1984	PLANO: IV - 2



— LOCALIZACION —



— SIMBOLOGIA —

- CARRERA \_\_\_\_\_
- TERRACERIA \_\_\_\_\_
- FERROCARRIL \_\_\_\_\_
- CIUDAD \_\_\_\_\_ C.A. LEON (1977)
- POBLADO \_\_\_\_\_ La Unión
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COMUNES \_\_\_\_\_
- RIO \_\_\_\_\_
- PARTEAGUAS \_\_\_\_\_

— EXPLICACION —

- CURVAS DE ISOVALORES: SULFATOS \_\_\_\_\_ 100 p.p.m. \_\_\_\_\_
- AREA DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_

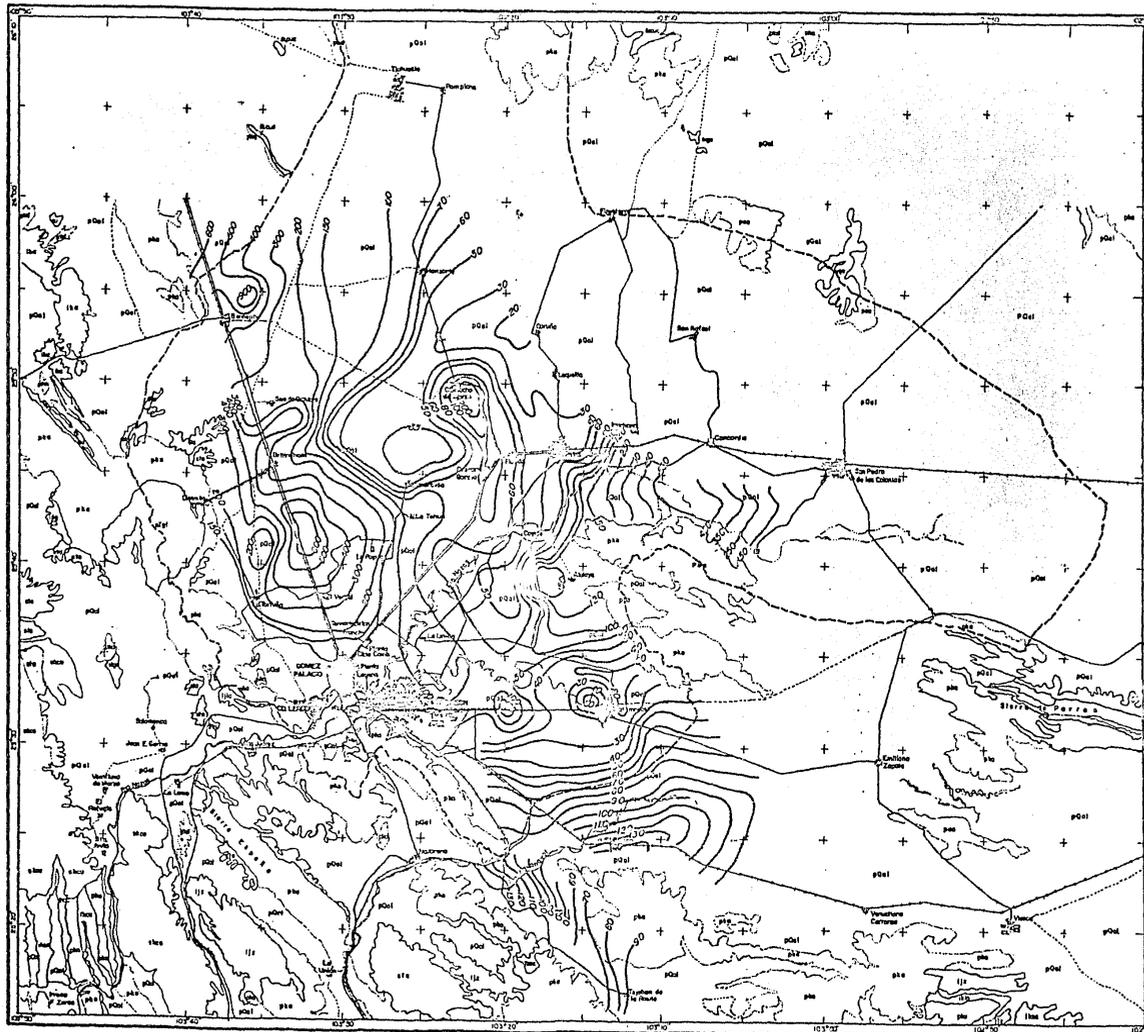


**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
 DISTRIBUCION DE SULFATOS

---

CORRESPONDIENTE A ABRIL DE 1983

TESIS	MIGUEL A. VIRGLIO J.
PROFESIONAL- 1984	PLANO: <b>IV - 3</b>



— LOCALIZACION —



— SIMBOLOGIA —

- CARRETERA \_\_\_\_\_
- TERRACERA \_\_\_\_\_
- FERROCARRIL \_\_\_\_\_
- CIUDAD \_\_\_\_\_
- POBLADO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COMUNES \_\_\_\_\_
- RIO \_\_\_\_\_
- PARTEAGUAS \_\_\_\_\_

— EXPLICACION —

- CURVAS DE ISOVALORES:
- CALCIO \_\_\_\_\_ 120 p.p.m.

AREA DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_

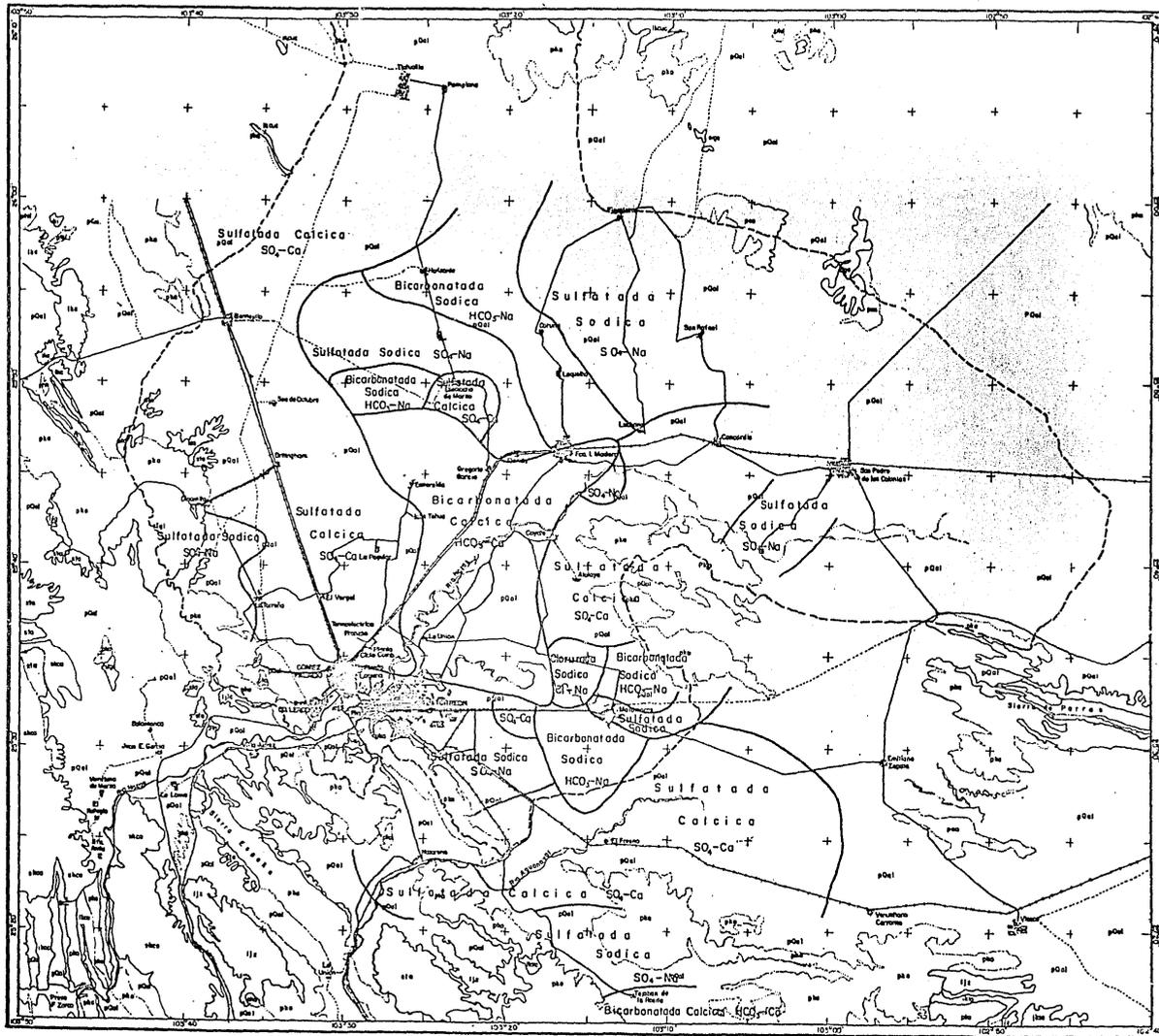
ESCALA



U.N.A.M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DISTRIBUCION DE CALCIO

CORRESPONDIENTE A ABRIL DE 1983

TESIS MIGUEL A. VIRGILIO J.  
PROFESIONAL-1984 PLANO: IV - 4



— LOCALIZACION —

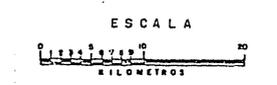


— SIMBOLOGIA —

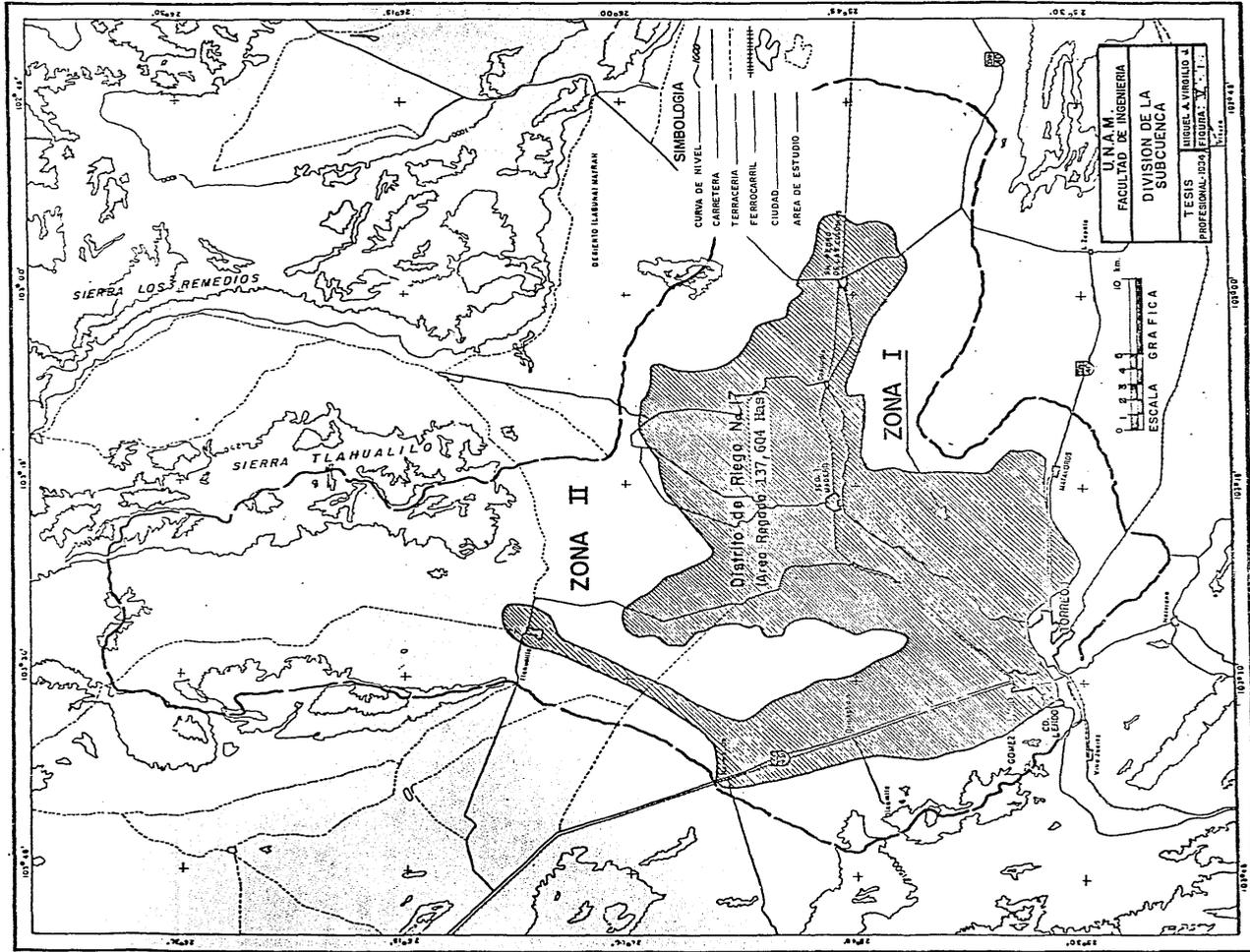
- CARRETERA \_\_\_\_\_
- TERRACERIA \_\_\_\_\_
- FERROCARRIL \_\_\_\_\_
- CIUDAD \_\_\_\_\_
- POBLADO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COMUNES \_\_\_\_\_
- RIO \_\_\_\_\_
- PARTEAGUAS \_\_\_\_\_

— EXPLICACION —

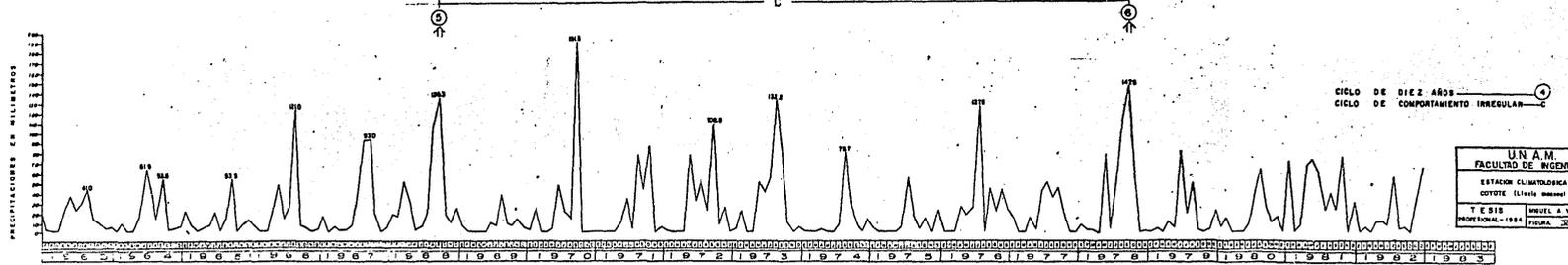
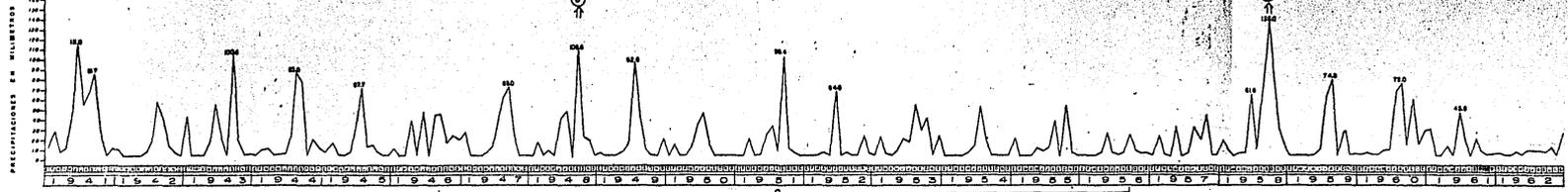
- FAMILIA DE AGUA \_\_\_\_\_ (SO4CA)
- AREA DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_



<b>U. N. A. M.</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
CLASIFICACION GEOQUIMICA DE PIPER	
TESIS PROFESIONAL - 1984	MIGUEL A. VIRGILIO J. PLANO: IV - 5

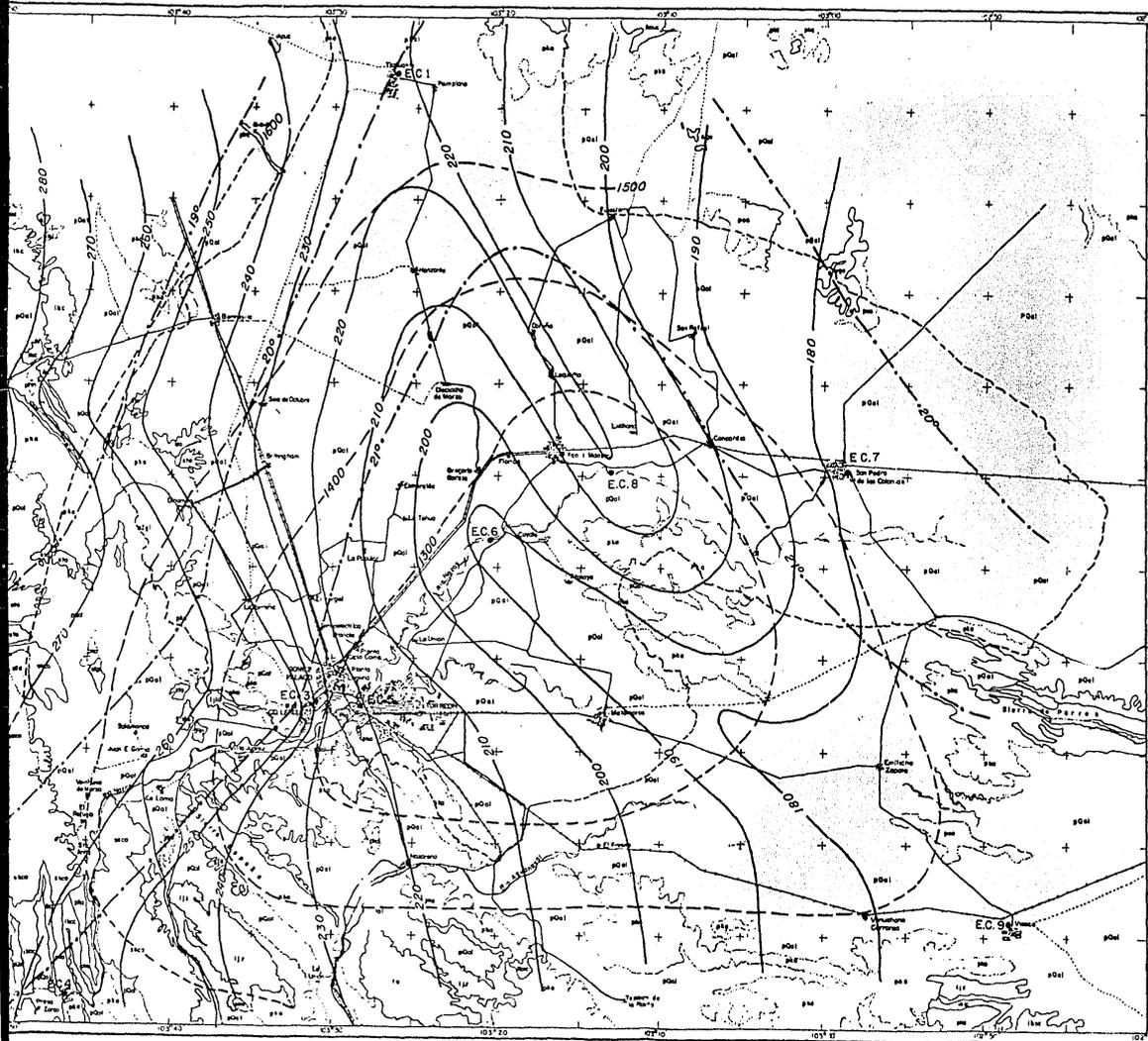


ESTACION CLIMATOLOGICA PRESA COYOTE  
LLUVIA MENSUAL TOTAL



UN A.M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESTACION CLIMATOLOGICA PRESA  
COYOTE (Llave de Muestreo)

T E S I S	MUEL A VARELLO J
PROFESIONAL - 1984	FIGURA 32 - 2



— LOCALIZACION —



SECRETARÍA DE AGRICULTURA  
Y REROS  
REPUBLICA MEXICANA

— SIMBOLOGIA —

- CARRETERA \_\_\_\_\_
- TERRACERIA \_\_\_\_\_
- FERROCARRIL \_\_\_\_\_
- CIUDAD \_\_\_\_\_
- POBLADO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO \_\_\_\_\_
- CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COMUNES \_\_\_\_\_
- RIO \_\_\_\_\_
- PARTEAGUAS \_\_\_\_\_

— EXPLICACION —

- ISOYETAS \_\_\_\_\_ 270
- ISOTERMAS \_\_\_\_\_ 20°C
- EVAPORACION \_\_\_\_\_ 1300

AREA DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_

ESCALA



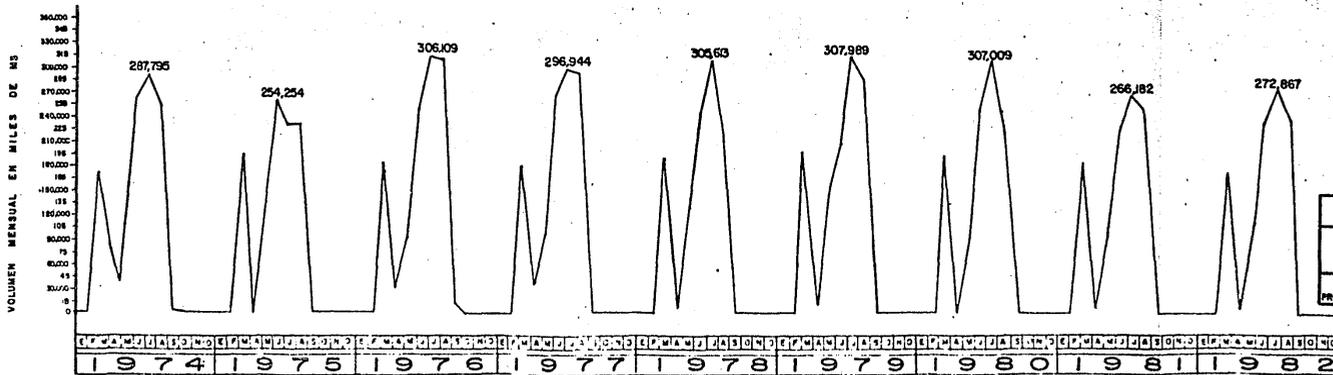
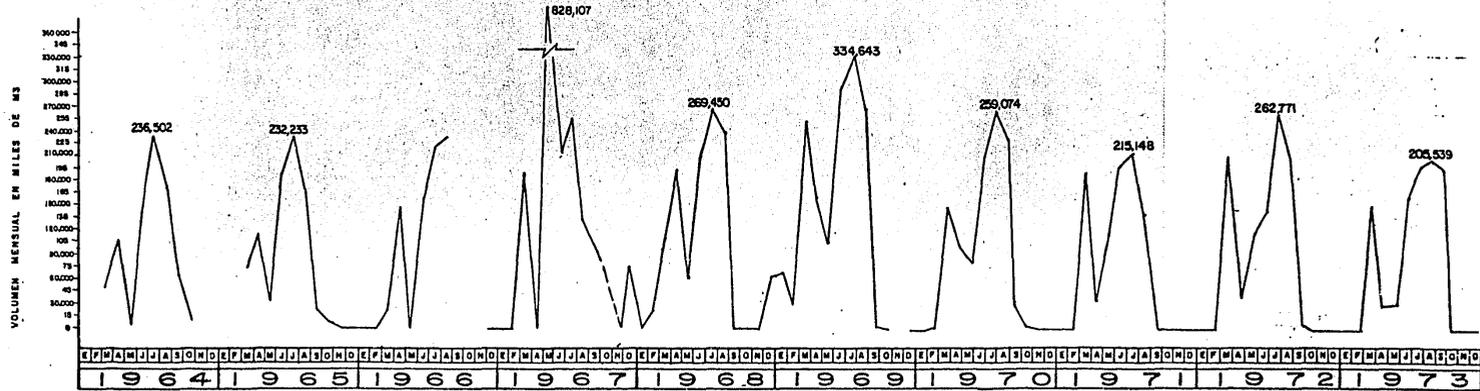
U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA

ISOYETAS MEDIAS TOTALES ANUALES  
ISOTERMAS MEDIAS ANUALES  
EVAPORACION MEDIA TOTAL ANUAL

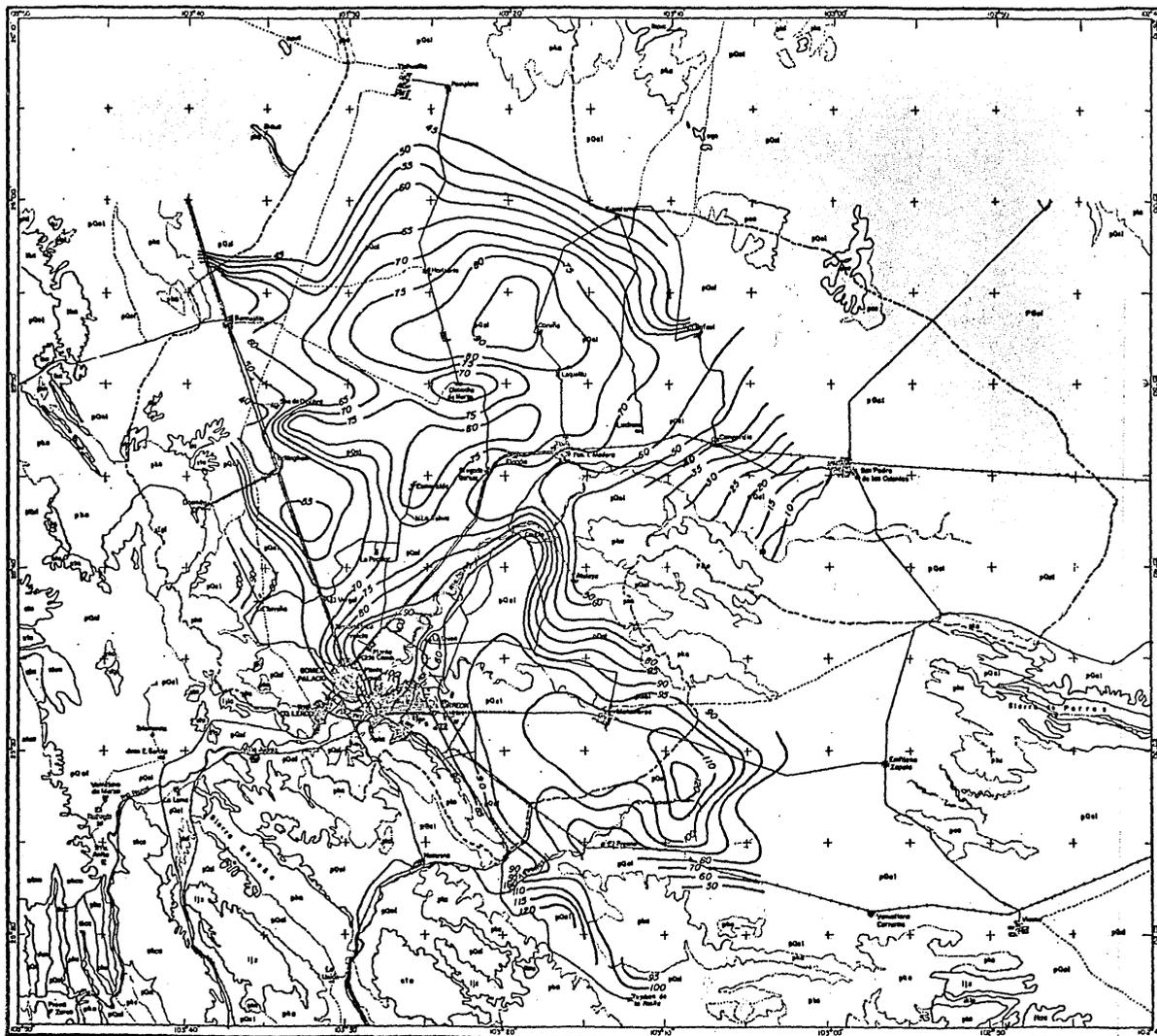
TESIS  
PROFESIONAL - 1984

MIGUEL A. VIRGLIO J.  
PLANO: V - I

# ESTACION HIDROMETRICA LOS ANGELES



U.N.A.M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
ESTACION HIDROMETRICA	
LOS ANGELES	
TESIS	MIGUEL A VIRSIDIO J.
PROFESIONAL: 1984	FIGURA: V-6

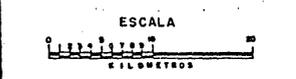


- SIMBOLOGIA —
- CARRETERA
  - TERRACERIA
  - FERROCARRIL
  - CIUDAD
  - POBLADO
  - CONTACTO HIDROGEOLOGICO
  - CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COMUNES
  - RIO
  - PARTEAGUAS

— EXPLICACION —

CURVAS DE ISOVALORES:  
 PROFUNDIDAD N.E.

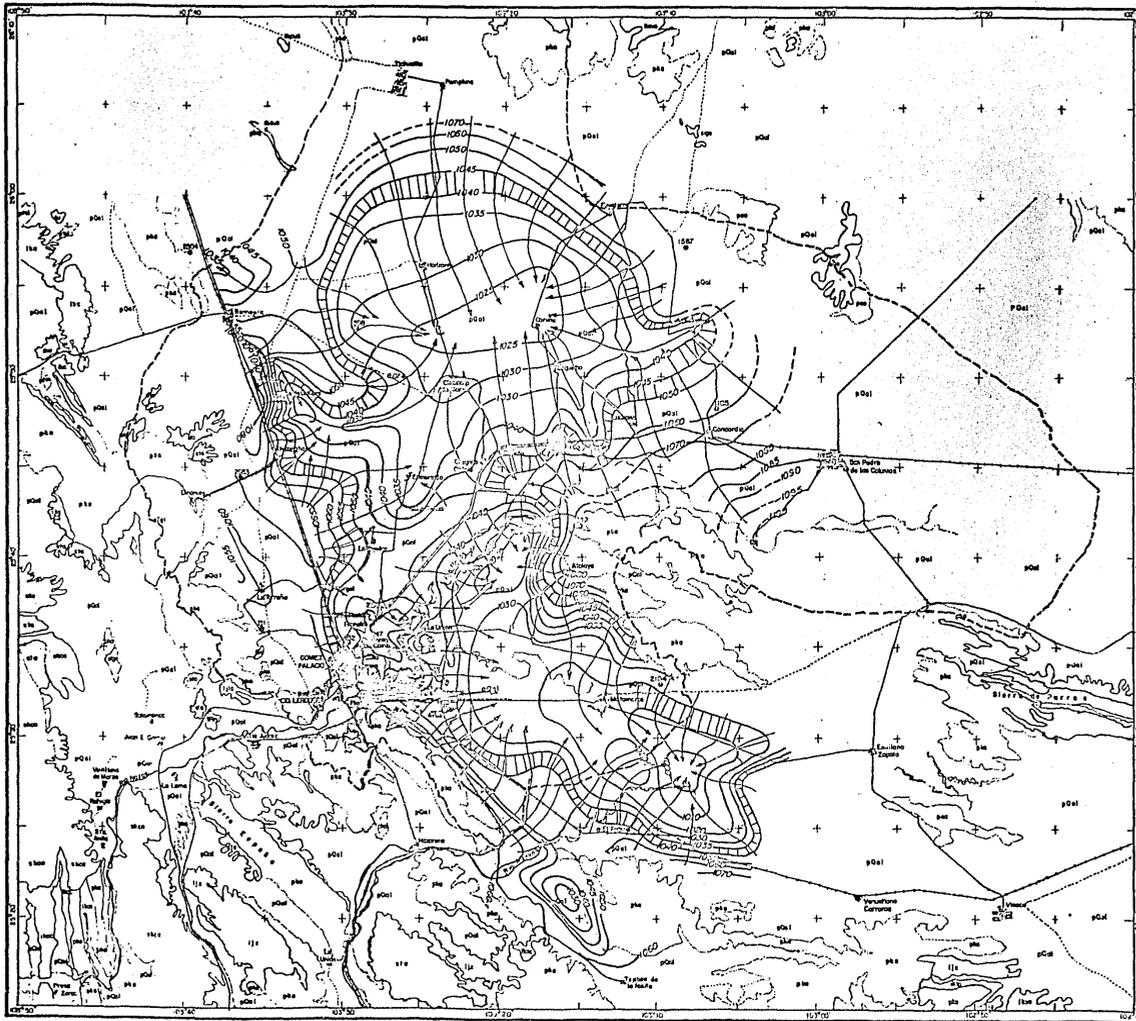
AREA DE ESTUDIO



**U.N.A.M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO  
 CORRESPONDIENTE A FEBRERO 1983

TESIS PROFESIONAL - 1984	MIGUEL A. VIRGILIO J. PLANO: VI - I
-----------------------------	--



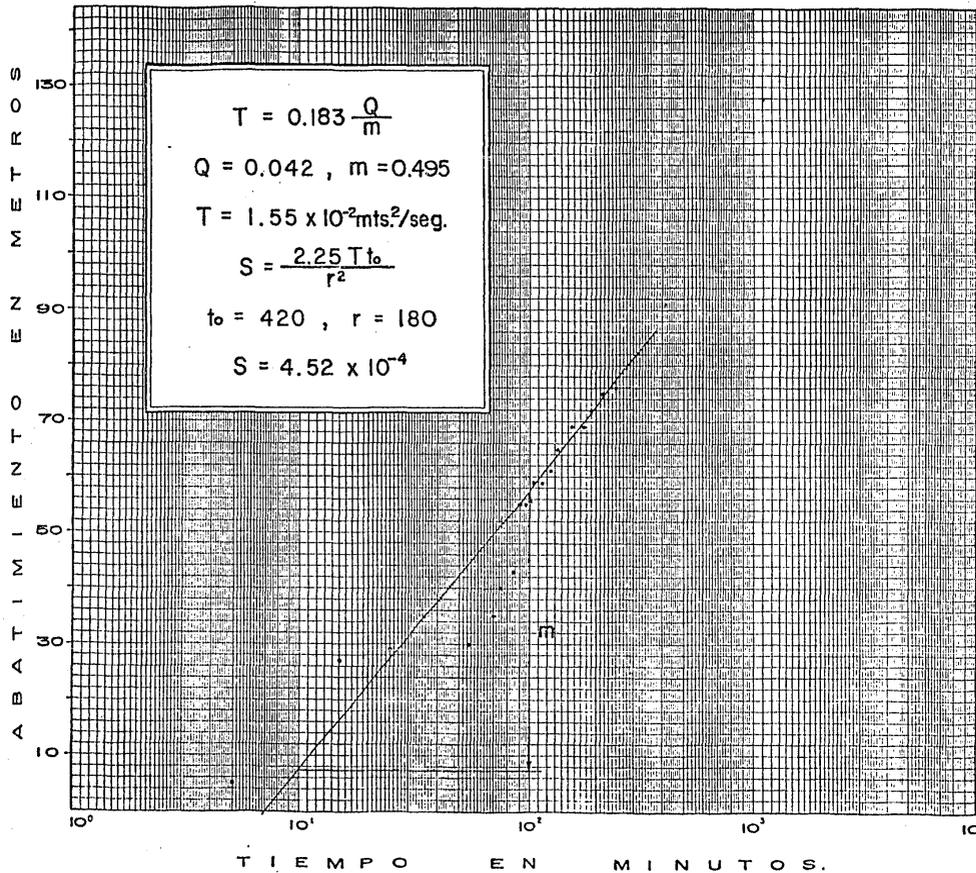
- SIMBOLOGIA —
- CARRETERA \_\_\_\_\_
  - TERRACERA \_\_\_\_\_
  - FERROCARRIL \_\_\_\_\_
  - CIUDAD \_\_\_\_\_
  - POBLADO \_\_\_\_\_
  - CONTACTO HIDROGEOLOGICO \_\_\_\_\_
  - CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COYUINES \_\_\_\_\_
  - RIO \_\_\_\_\_
  - PARTEAGUAS \_\_\_\_\_

- EXPLICACION —
- POZO PROBADO \_\_\_\_\_ 250
  - LINEAS DE FLUJO \_\_\_\_\_
  - EQUIPOTENCIALES \_\_\_\_\_ 1045
  - CELDA \_\_\_\_\_
  - AREA DE ESTUDIO \_\_\_\_\_
- ESCALA
- 
- KILOMETROS

U.N.A.M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA

RED DE FLUJO  
 CORRESPONDIENTE A FEBRERO 1983

TESIS      MIGUEL A. VIRGLIO J.  
 PROFESIONAL-1004      PLANO VII-2



UNAM. FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

PRUEBA DE BOMBEO

( ABATIMIENTO )

FECHA: 1984

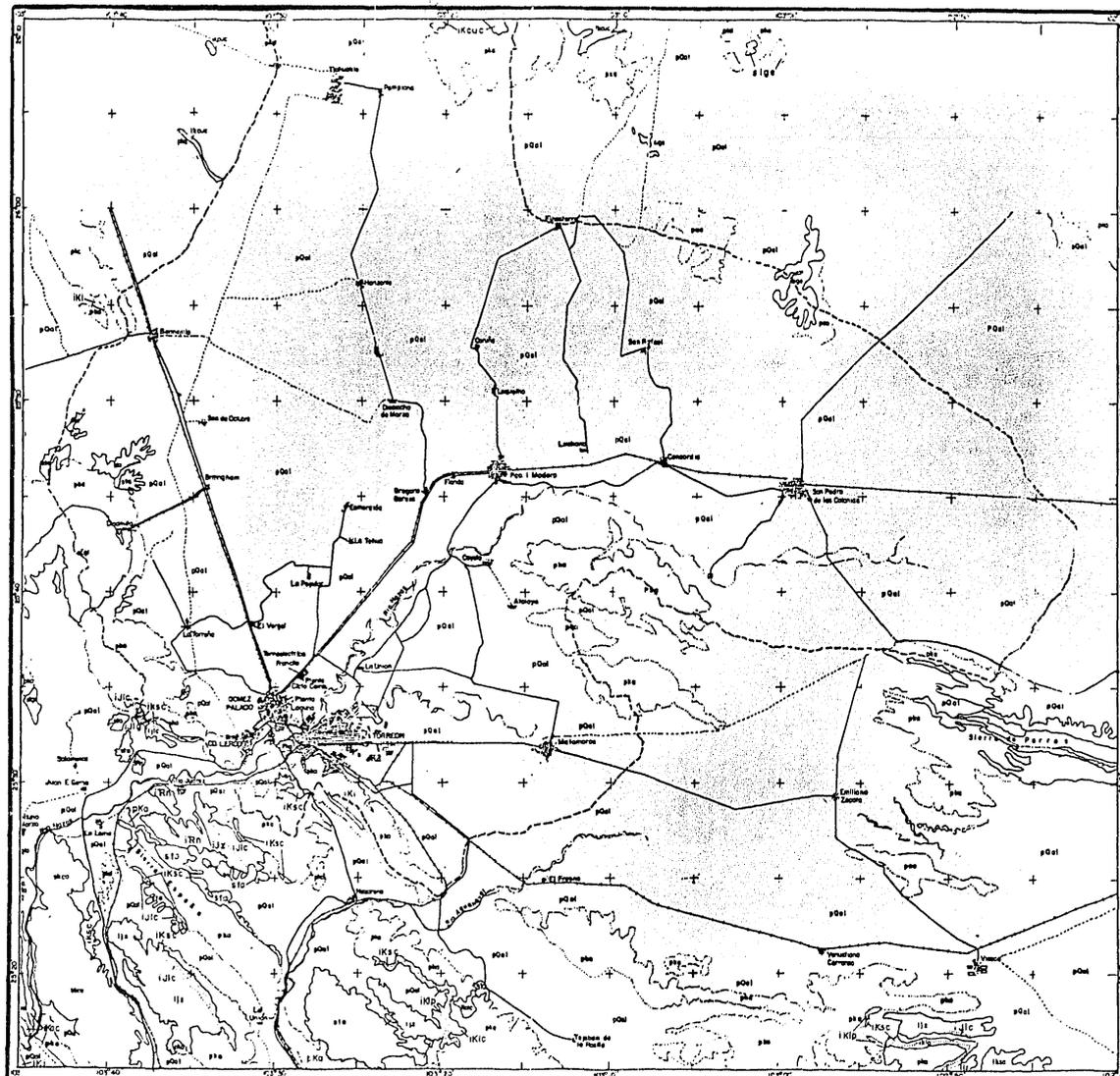
FIG. VI - I  
MIGUEL A. VIRGILIO J.

Fecha 31 de Mayo de 1983 Pozo N° 250 ANT. Caudal 42 LPS  
 Localizacion Rancho Chapingo Mpio. Gómez Palacios Edo. Durango  
 Profundidad m. Tuberia: Ciego m. Ranurada m.  
 Bomba marca Modelo ø Descarga  
 Long. columna m. Tazones; ø Tipo  
 Nivel Dinamico m.  
 Distancia al pozo de bombeo 180 m. Nivel Estatico 98.40 m.

Fecha	Hora	Lectura N°	Tiempo min.	Nivel Dinamico Mts.	Abatimiento Mts.
31 May. '83	12:20	0	0	98.40	
	12:30	0	0	98.40	
	12:40	1	5	98.45	0.05
	12:50	2	15	98.67	0.27
	13:00	3	25	98.69	0.29
	13:30	4	55	98.70	0.30
	13:45	5	70	98.75	0.35
	13:50	6	75	98.80	0.40
	14:00	7	85	98.83	0.43
	14:05	8	90	98.95	0.55
	14:10	9	95	98.95	0.55
	14:20	10	105	98.99	0.59
	14:30	11	115	98.99	0.59
	14:40	12	125	99.02	0.61
	14:50	13	135	99.05	0.65
	15:15	14	160	99.09	0.69
	15:30	15	175	99.09	0.69
	15:45	16	190	99.12	0.72
16:15	17	220	99.15	0.75	
16:45	18	250	99.16	0.76	

Observaciones:





— SIMBOLOGIA —

CARRETERA	—————
TERRACERIA	—————
FERROCARRIL	—————
CIUDAD	●
POBLADO	○
CONTACTO HIDROGEOLOGICO	—————
CONTACTO HIDROGEOLOGICO ENTRE UNIDADES COMUNES	—————
RIO	~~~~~
AREA DE ESTUDIO	—————

— EXPLICACION —

ALUVION	—————	aluv
DEPOSITOS EOLICOS	—————	des
ROCA IGNEA EXTRUSIVA	—————	sig
ROCA IGNEA INTRUSIVA	—————	lgi
FORMACION AHUCHILA	—————	ah
FORMACION INDURA	—————	in
FORMACION AURORA	—————	ax
FORMACION CUCHILLO	—————	cu
SERIE COAHUILIANA	—————	co
FORMACION LA CASITA	—————	lc
PERMEABLE	—————	p
IMPERMEABLE	—————	i
SEMPERMEABLE	—————	s



UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO HIDROESTRATIGRAFICO

TESIS PROFESIONAL

MIGUEL A VIRGILIO J. FIG. VI-2  
983