

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL AREA  
MOCTEZUMA,  
SAN LUIS POTOSI

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Titulo de  
INGENIERO GEOLOGO  
P R E S E N T A N

AMADO ALEJO VILLAGOMEZ  
GERARDO PEREZ  
FRANCISCO SANCHEZ ESQUEDA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## P R O L O G O

Dada la creciente necesidad de dotar de agua potable a las diversas comunidades localizadas en el ámbito nacional, la anterior Secretaría de Asentamientos - Humanos y Obras Públicas (SAHOP), hoy Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y Alcantarillado ha llevado a cabo estudios técnicos con el fin de conocer de una manera más profunda las condiciones geohidrológicas imperantes en las diversas localidades.

Es así como surge un convenio de trabajo entre la SAHOP y la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.) a través de la Facultad de Ingeniería, con el cual se pretenden conocer las condiciones geohidrológicas de una amplia zona del Estado de San Luis Potosí, con un área aproximada de 2700 Km<sup>2</sup> mediante un primer convenio que incluye la zona de Charcas y Venado y posteriormente una ampliación del convenio hacia la zona Moctezuma.

La coordinación relativa al trabajo realizado en el área Moctezuma corrió a cargo del Ing. Raúl Morales E. en su calidad de Jefe del Departamento de geohidrología, contando con la colaboración de los Señores Ingenieros Braulio Andreu G. - (Asesor en el área Hidrogeológica), Jorge Nieto O. (Asesor en el área de Geología), Roberto Mendoza Blackaller, (Asesor en el área de Geología); asimismo, se tuvo la participación de los estudiantes de Geología, Juan Rosario Lagos y Luis Pacheco.

De esta manera se conjuntó la información que precedió al estudio de la zona de Moctezuma y se llevaron a cabo los trabajos tendientes a unificar los diversos criterios existentes hasta ése momento.

Aquí es necesario aclarar que la información obtenida durante la realización del convenio de trabajo, es también utilizada para llevar a cabo la presente tesis, aunque el enfoque y utilización que se hace de ella, así como las conclusiones y recomendaciones a que se llega, no son necesariamente coincidentes con los datos proporcionados por el informe final que presenta la Facultad de Ingeniería ante la SAHOP.

Es apreciable el esfuerzo que realizan las autoridades de la División de Ciencias de la tierra de la Facultad de Ingeniería, por mantener este tipo de convenio, ya que significan una gran oportunidad para que el estudiante cubra sus prácticas de campo obligatorias, o bien, como en este caso, para elaborar una tesis -

profesional, sin olvidar que proporciona la experiencia y seguridad tan estimulantes para iniciar el desarrollo ulterior de la vida profesional.

Por tanto, deseamos expresar un profundo agradecimiento a las autoridades de la División de Ciencias de la Tierra por brindarnos la oportunidad de participar en el convenio del cual nació esta tesis. Al Ing. M. Adrián Ortega Guerrero por haber aceptado dirigir esta tesis y por sus atinadas recomendaciones y estímulos demostrados, y de manera muy especial a los Señores Ingenieros Héctor L. Macías G. y Miguel I. Vera Ocampo por las valiosas observaciones realizadas al presente informe y a los Señores Ingenieros Raúl Morales E. y Jorge Nieto O. quienes revisaron este trabajo hasta llegar a su presentación final.

De la misma manera agradecemos y dedicamos este estudio a nuestras respectivas familias, de quienes siempre recibimos un apoyo incondicional para llevar a buen término nuestros estudios de Ingeniería.

También estamos en deuda con las personas que de alguna manera contribuyeron con su opinión, colaboración y apoyo incondicional en la elaboración de este estudio.

Finalmente, no se puede olvidar a nuestra máxima casa de estudios y a su comunidad, con quienes esperamos colaborar en el futuro en su tarea de formar nuevas y mejores generaciones de profesionistas.

Los Autores.

# I N D I C E

		pag.
	PROLOGO	
I.	<b>INTRODUCCION</b>	1
	I.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	1
	I.2 TRABAJOS PREVIOS.....	2
	I.3 SECUENCIA DEL TRABAJO.....	3
II.	<b>RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	5
III.	<b>GENERALIDADES</b>	12
	III.1 LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA DE ESTUDIO....	12
	III.2 VIAS DE COMUNICACION .....	12
	III.3 CLIMATOLOGIA.....	14
	III.3.a Precipitación.....	15
	III.3.b Temperatura.....	18
	III.3.c Evaporación.....	18
	III.4 VEGETACION.....	20
	III.5 POBLACION Y CULTURA.....	20
	III.6 ACTIVIDADES ECONOMICAS.....	21
IV.	<b>FISIOGRAFIA</b>	31
	IV.1 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS.....	31
	IV.2 HIDROGRAFIA.....	31
	IV.3 OROGRAFIA.....	34
	IV.4 GEOMORFOLOGIA.....	34
V.	<b>GEOLOGIA</b>	37
	V.1 ESTRATIGRAFIA.....	37
	V.1.a Formación La Peña.....	37
	V.1.b Formación Cuesta del Cura.....	39
	V.1.c Formación Indidura.....	40
	V.1.d Formación Caracol.....	41
	V.1.e Formación Cenicera.....	43
	V.1.f Andesita Casita Blanca.....	45
	V.1.g Dacita Jacavaquero.....	46

V.1.h	Latita Portezuelo.....	47
V.1.i	Riolita Panalillo.....	49
V.1.j	Unidad Las Joyas.....	50
V.1.k	Sedimentos Cuaternarios.....	52
V.2	<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>52</b>
V.2.a	Descripción de Estructuras.....	52
V.2.b	Tectónica.....	56
V.3	<b>GEOLOGIA HISTORICA.....</b>	<b>60</b>
<b>VI.</b>	<b>HIDROGEOLOGIA.....</b>	<b>64</b>
VI.1	CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS.....	64
VI.2	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.....	66
VI.2.a	Acuífero.....	66
VI.2.b	Acuitardo.....	66
VI.2.c	Acuifugo.....	67
VI.3	MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO.....	67
<b>VII</b>	<b>HIDROGEOQUIMICA.....</b>	<b>75</b>
VII.1	ANALISIS FISICO-QUIMICOS.....	75
VII.2	POSIBLE PROCEDENCIA DE LOS IONES ENCONTRADOS EN LOS ANALISIS.....	76
VII.3	FAMILIAS DE AGUA.....	91
VII.4	CALIDAD DEL AGUA.....	95
VII.4.a	Agua Potable.....	97
VII.4.b	Agua de Riego.....	98
VII.4.c	Agua de Abrevadero.....	103
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	3.1	PLANO DE LOCALIZACION
FIGURA	3.2	ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
FIGURA	3.3	ISOYETAS MEDIAS ANUALES
FIGURA	3.4	ISOTERMAS MEDIAS ANUALES
FIGURA	4.1	PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
FIGURA	4.2	CUENCA HIDROLOGICA
FIGURA	5.1	DISGREGACION DE LA PANGAEA
FIGURA	5.2	MECANISMO QUE ORIGINO EL CINTURON PLEGADO DE LOS APALACHES
FIGURA	6.1	LOCALIZACION DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS
FIGURA	6.2	ABSTRACCION DEL CICLO HIDROLOGICO
FIGURA	6.3	SUBSISTEMAS HIDROLOGICOS
FIGURA	7.1	LOCALIZACION DE FAMILIAS DE AGUA
FIGURA	7.2.1	CONCENTRACION DEL ION CALCIO EN EL MEDIO GRANULAR
FIGURA	7.2.2	CONCENTRACION DEL ION MAGNESIO EN EL MEDIO GRANULAR
FIGURA	7.2.3	CONCENTRACION DEL ION SODIO EN EL MEDIO GRANULAR
FIGURA	7.2.4	CONCENTRACION DEL ION BICARBONATO EN EL MEDIO GRANULAR
FIGURA	7.2.5	CONCENTRACION DEL ION CLORURO EN EL MEDIO GRANULAR
FIGURA	7.2.6	CONCENTRACION DEL ION SULFATO EN EL MEDIO GRANULAR
FIGURA	7.2.7	CONFIGURACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS EN EL MEDIO GRANULAR
FIGURA	7.3	DIAGRAMA TRIANGULAR PARA REPRESENTACION GRAFICA DE ANALISIS DE AGUA
FIGURA	7.4	REPRESENTACION DE LOS ANALISIS QUIMICOS EN EL DIAGRAMA TRIANGULAR
FIGURA	7.6	CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

## I N D I C E D E T A B L A S

TABLA	III.1	UBICACION DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
TABLA	III.2	RESUMEN DE DATOS CLIMATOLOGICOS
TABLA	III.3	PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL EN mm.
TABLA	III.4	PRECIPITACION TOTAL ANUAL EN mm.
TABLA	III.5	TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL EN °C.
TABLA	III.6	TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C.
TABLA	III.7	EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL EN mm.
TABLA	III.8	EVAPORACION TOTAL ANUAL EN mm.
TABLA	VI.1	CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS
TABLA	VII.1	RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS EN MUESTRAS DE AGUA
TABLA	VII.2	VALORES DE CONCENTRACION DE LOS IONES ANALIZADOS
TABLA	VII.3	CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA POTABLE
TABLA	VII.4	CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA POTABLE



**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## I.

## INTRODUCCION

En la región de Moctezuma se ha manifestado un crecimiento de la población, la cual necesita contar con servicios públicos adecuados, entre los que se incluye la dotación de agua potable. Es preciso señalar que la zona de estudio se encuentra en una región de clima semidesértico que no cuenta con escurrimientos perennes de importancia, situación que dificulta aún más el abastecimiento de agua a los poblados. Siendo ésta, una zona que podría desarrollar la producción agrícola e industrial a gran escala, se han emprendido estudios técnicos enfocados a conocer y evaluar preliminarmente, los recursos hidráulicos subterráneos.

No obstante existir información geológica referente al área de estudio y ser ésta de buena calidad, se presentan divergencias de criterio entre los diferentes autores, respecto a la tectónica, tanto local como regional, nomenclatura estratigráfica, edad y depósito de las diferentes rocas aflorantes, motivo que influiría por sí solo a emprender un trabajo de investigación. Aquí se han resumido algunas de las características observadas en el campo, - esperando que este trabajo sea de utilidad para futuros estudios que se emprendan en esta región.

## I.1

## OBJETIVOS DEL ESTUDIO

A través del presente trabajo, se busca obtener una valoración hidrogeológica de la zona centro occidental del Estado de San Luis Potosí, que sirva de base para futuros estudios geohidrológicos de mayor detalle, así como para la localización de sitios para la exploración directa.

Para alcanzar este objetivo central, se establecieron las siguientes metas fundamentales.

- A).- Precisar la cartografía geológica.
- B).- La determinación del comportamiento hidrogeológico de las formaciones identificadas en el área.
- C).- Determinar la calidad el agua subterránea.
- D).- Elaborar un modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico.

La parte centro occidental del Estado de San Luis Potosí, ha sido estudiada con propósitos tanto mineros como hidrológicos, encontrándose los siguientes estudios aledaños o cubriendo parcialmente la zona de estudio :

Espinosa Aramburu E. G. 1975, presenta un estudio geológico que determina las condiciones de depósito de las rocas sedimentarias y analiza los diferentes eventos tectónicos en el área.

El boletín Hidrológico No. 55 de la SARH, contiene información hidrológica de la región con datos hidrométricos de corrientes, de material de acarreo en suspensión e hidrométricos de vasos, con datos hasta diciembre de 1972.

Zapata J. C. 1977, realizó una cartografía generalizada de las diferentes unidades litológicas aflorantes en el área de Villa Arista.

Aguillón A., Tristán M., 1981, cartografiaron las unidades litológicas e intentaron realizar una primera diferenciación de las unidades de rocas volcánicas de edad terciaria.

Labarthe H. G., Tristán G. M., Aranda G. J., 1982, es un trabajo cuya finalidad, es el estudio de las rocas ígneas concentradas en la porción centro occidental del Estado de San Luis Potosí, en la cual se hace una recopilación de datos que permiten determinar la edad, así como dar un posible origen a estas unidades.

David I. J., Porres L. R., Rivera C. E., 1982, recopilan la información de las unidades aflorantes en la zona de Charcas y de Venado, donde se hace mención especial al distrito minero de Charcas.

Existen otros estudios del Estado de San Luis Potosí, pero están alejados del área de estudio, por lo que únicamente se utilizaron como obra de consulta. Estas aparecen en la bibliografía final.

## I.3

## SECUENCIA DEL TRABAJO

Anteriormente a la salida al campo, se programó una etapa de trabajo que consistió en la recopilación de la información tanto topográfica, geológica e hidrológica, así como de fotografías aéreas referentes al área en cuestión, posteriormente se realizó un análisis de dicha información para lograr una selección de datos que fuesen confiables para los fines de este trabajo.

Igualmente, como complemento a esta etapa, se realizó la fotointerpretación geológica de las fotografías aéreas verticales escala 1: 25,000 en blanco y negro, proporcionadas por la DETENAL ( Secretaría de Programación y Presupuesto ), con esta información se elaboró un plano fotogeológico escala 1:50,000 utilizado como base en el presente trabajo.

Durante el trabajo de campo (segunda etapa) se siguió un programa preestablecido, consistente en un reconocimiento regional; se verificó la interpretación fotogeológica preliminar, que consideró la precisión de los contactos y toma de datos estructurales. También se definieron secciones geológicas que fuesen de posterior ayuda en la etapa de gabinete. Concurrentemente al trabajo geológico de campo, se realizó el censo correspondiente de aprovechamientos de agua subterránea, tales como pozos, norias y manantiales existentes en el área; se determinó en algunos casos la medida de profundidad al nivel estático y al nivel dinámico, por medio de una sonda; se obtuvieron, en donde fue posible, muestras de agua, a las que se procedió a tomar la temperatura y su potencial hidrógeno (pH) respectivo, alcanzando un total de 37 muestras.

La tercera etapa consistió en efectuar la reinterpretación de las fotografías aéreas en base a los datos obtenidos en el campo, con lo cual se realizó el plano geológico del área y en planos base se vaciaron los resultados producto del análisis de las muestras de agua, procediendo a su interpretación y posterior evaluación concluyendo con este informe, en el cual se determinan las características geológicas de la región, así como el modelo de funcionamiento hidrogeológico.

**CAPITULO II**

**RESUMEN , CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## RESUMEN

La zona de estudio se ubica en la porción centro occidental del Estado - de San Luis Potosí, cercano a los límites del Estado de Zacatecas, ocupando una superficie aproximada de 950 Km<sup>2</sup> y a 50 Kilómetros en línea recta al noroeste de la Ciudad de San Luis Potosí.

El régimen pluvial presenta, en términos generales, dos periodos de ocurrencia: uno de mayo a septiembre en el que se registran los valores más altos y otro que abarca de diciembre a febrero con precipitaciones menos significativas, la precipitación total anual es de 370.3 mm.

El comportamiento de la evaporación potencial se ha determinado del análisis de los datos observados en la estación Mexquitic durante el período de 1970 a 1982, registrándose un valor medio anual de 2204.2 mm. con un promedio mensual de 186.3 mm.

En lo referente al aspecto térmico se observa que la temperatura media mensual fluctúa entre 12.4°C en diciembre y 23.9°C en mayo con un valor promedio anual de 17.8°C.

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos la zona se ubica en la región hidrológica No. 37 llamada El Salado, en la cuenca Arista-Matehuala, que abarca parte de los Estados de San Luis Potosí y Zacatecas; en la región no se encuentran corrientes superficiales perennes, sino que presenta una red fluvial intermitente que únicamente en verano lleva agua.

En la región afloran rocas sedimentarias (marinas) y rocas ígneas (extrusivas). Las rocas sedimentarias son de edad cretácica y están constituidas en general por calizas, lutitas, areniscas y limolitas. Afloran en la parte central de la zona estudiada y en algunos lomeríos, se localizan subyaciendo a materiales aluviales y volcánicos. Hidrogeológicamente éstas rocas son impermeables por su contenido de arcillas y por lo tanto no constituyen zonas acuíferas, con excepción de zonas fracturadas restringidas.

Las rocas ígneas son principalmente extrusivas de edad terciaria, representadas por andesitas, dacitas, latitas y riolitas, en parte intemperizadas y fracturadas. Se presentan al sur de la zona estudiada formando los flancos y partes altas de las sierras. Desde el punto de vista hidrogeológico son rocas con escasas posibilidades de ser acuíferos y su permeabilidad por fracturamiento puede ser de valores bajos.

Asímismo, se localizan materiales aluviales y conglomeráticos de edad reciente, relleno de las porciones bajas de la región; debido a la granulometría de sus componentes y al arreglo de los mismos pueden ser permeables y formar buenos acuíferos. En general se encuentran formados por arenas, gravas y cantos rodados mal consolidados localmente.

En el área los niveles estáticos se encuentran a diferentes profundidades, variando en rangos de 10 a 30 metros y los más profundos de 40 a 60 metros, aunque no se realizó una configuración de niveles por estar éstos muy distantes unos de otros y no reflejar el comportamiento del acuífero.

Por el estudio geoquímico realizado en la zona se detecta un flujo de agua subterránea que va, en general, de oeste a este, aunque en la zona del Valle de Arista es de suroeste a noroeste; en el Valle de Cruces, debido a valores geoquímicos anormales, no se llega a detectar un movimiento preferencial.

De los 75 aprovechamientos censados se seleccionaron 37 para tomar muestra de agua y determinar su calidad para uso potable, riego y abrevadero, así como para establecer la clase de familia de agua a la que pertenece, resultando que, en general, el agua de la zona es de buena calidad y sólo en algunas localidades su contenido de sólidos totales disueltos sobrepasa las normas establecidas para su uso. En lo que respecta a definir el tipo de familia de agua se utilizó el método de los diagramas triangulares de Piper, el cual dió como resultado un promedio de agua del tipo de familia sódico-bicarbonatada.

El modelo de funcionamiento hidrogeológico nos muestra que el agua, una vez precipitada, se infiltra a través de las fracturas de las rocas y fluye subterráneamente, o bien, por arroyos superficiales, contribuyendo a la recar-

ga del acuífero ubicado en el Valle de Arista. El agua que se precipita directamente sobre los Valles de Arista y de Cruces también se infiltra rápidamente y se acumula en los medios granulares, hasta salir finalmente del sistema, moviéndose lentamente hacia el Oriente.



## CONCLUSIONES

- 1.- La zona de Moctezuma ha pasado por dos etapas sucesivas de formación de materiales rocosos. Primero, una sedimentaria esencialmente marina (Cretácica), como se observa en los afloramientos de las rocas carbonatadas, posteriormente un período de eyección de rocas volcánicas ácidas y básicas (Terciarias). Entre estas etapas se observa una etapa sedimentaria (Terciaria) pero de naturaleza continental, marcando con ésto un cambio en las condiciones geológicas de la región, durante el cual se originan grabens y pilares tectónicos que influyen en el comportamiento geohidrológico del área.
- 2.- En la zona de estudio no existen corrientes superficiales perennes, motivo por el cual la única fuente de abastecimiento la constituyen las aguas subterráneas.
- 3.- Las rocas sedimentarias e ígneas abarcan el 60% de material expuesto en superficie, contituyendo en gran parte zonas de recarga. Los sedimentos granulares, que conforman los valles, abarcan el resto del área.
- 4.- Los materiales granulares varían de espesor, teniendo en el valle occidental espesores de 5 a 20 metros que cubren a rocas sedimentarias, en el cual se presentan zonas con saturaciones mínimas y poca capacidad de almacenamiento.
- 5.- Hacia el Valle de Arista se presenta el mayor espesor de materiales granulares potencialmente acuíferos.
- 6.- Debido al alto contenido arcilloso, las unidades sedimentarias mesozoicas marinas, presentan pocas posibilidades de constituir acuíferos y aunque la Formación Caracol presenta estratos de arenisca, el contenido de yesos haría que el agua fuese de mala calidad.
- 7.- Se censaron un total de 75 aprovechamientos de agua subterránea, de los cuales 31 corresponden a pozos, 39 a norias, 4 a manantiales y 1 galería filtrante; del total, únicamente 4 pozos se encuentran inactivos. El uso que se hace de las obras es primordialmente doméstico con 21 obras, para riego son 19 y 6 para abrevadero, 26 obras son utilizadas para dos usos y de 3 no se tuvo información al respecto.

8.- En el Valle de Cruces, debido a las condiciones geológicas, como pueden ser cambios de facies, se estableció la existencia de cuando menos 2 acuíferos a diferentes niveles en las captaciones de agua subterránea de la zona.

9.- Del estudio hidrogeoquímico realizado en la zona, se observa que la dirección de flujo ocurre, en términos generales, de oeste a este. En el Valle de Cruces no se marca una dirección preferencial, debido a la presencia de algunos valores anómalos de sólidos totales, que no permiten una mayor definición con respecto al movimiento del agua en el subsuelo. En tanto que en la parte oriental de la zona el flujo sigue una tendencia hacia el noreste.

10.- En general el agua subterránea es de buena calidad. Las concentraciones de sólidos totales disueltos varían en el área de 248 a 928 p.p.m., y sólo en algunos sitios la concentración total de sólidos llega a aumentar a más de -- 1000 p.p.m.

11.- Con base a los análisis químicos efectuados y a los límites máximos permisibles de S.T.D. que es de 1000 p.p.m. y de sulfatos con 250 p.p.m. se determinó que, de las 37 muestras de agua, 6 son inapropiadas para el consumo humano (muestras: 20, 22, 23, 27, 35, 37) por rebasar los límites, 2 son de mediana - calidad (muestras: 21, 25) ya que, aunque sobrepasan el límite de sales, el - contenido de sulfatos es menor a 250 p.p.m., y las restantes 29 muestras no - llegan a rebasar los índices máximos de calidad para uso potable.

12.- Las zonas con buenas posibilidades de extracción de agua en base a características de permeabilidad y dirección del flujo subterráneo SE LOCALIZAN AL ORIENTE DE MOCTEZUMA, A LA SALIDA DEL ARROYO GRANDE, CERCA DEL POBLADO LA PRESA Y AL PONIENTE DE SAN IGNACIO.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Es necesario llevar un control de la operación de los aprovechamientos de agua subterránea en pozos y norias por medio de medidores de flujo de volúmenes de extracción para optimizar el empleo del recurso.
- 2.- En la zona oriente de Moctezuma se localizan arenas y gravas que presentan condiciones favorables para la acumulación de agua por lo que se recomienda perforar pozos de carácter exploratorio, a una profundidad de 200 metros, con la finalidad de conocer la potencialidad del acuífero.
- 3.- Para ampliar el conocimiento de las características físicas de los acuíferos al oriente de Moctezuma, se recomienda realizar pruebas de bombeo de corta y larga duración para conocer coeficientes de transmisibilidad, y almacenamiento.
- 4.- Aunque los análisis físico-químico de las aguas muestreadas reportan que son aptas para el consumo humano, es recomendable que se analice el agua bacteriológicamente en toda obra nueva que se lleve a cabo, por tratarse principalmente de norias.
- 5.- Es recomendable ampliar la zona de estudio hacia el Valle de Arista, donde la mayor parte de los aprovechamientos son pozos, realizar un muestreo que permita conocer las características geohidrológicas y geoquímicas de la zona, complementandola con la información aquí reunida.
- 6.- Es necesario llevar un control estricto de las obras censadas a través de una numeración in situ de cada una de ellas, con el fin de que en futuros estudios se conozca con certeza cuáles fueron consideradas.
- 7.- En una futura evaluación de acuíferos en la zona, se recomienda consultar la información que se presenta en éste trabajo.

**CAPITULO III**  
**GENERALIDADES**

## GENERALIDADES

En el presente capítulo se dará un panorama general de las condiciones físicas dominantes en el área de estudio, buscando integrar las relaciones que guarda el hombre con su medio, ya que debido a la acción del hombre, las condiciones ambientales pueden ser modificadas y producirse cambios que sólo se pueden lograr con el empleo adecuado y racional de un aliado que es sumamente importante para la vida humana: el agua.

## III.1 LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de interés se encuentra localizada en la parte sur-occidental del Estado de San Luis Potosí, en la parte central del país; en cartografía se ubica en la hoja Moctezuma de la DETENAL ( F-14-A-63 ), la cual queda limitada por los paralelos 22°30'00" y 22°45'00" de latitud Norte y por los meridianos 101°99" y 101°29'00" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. (figura - 3.1).

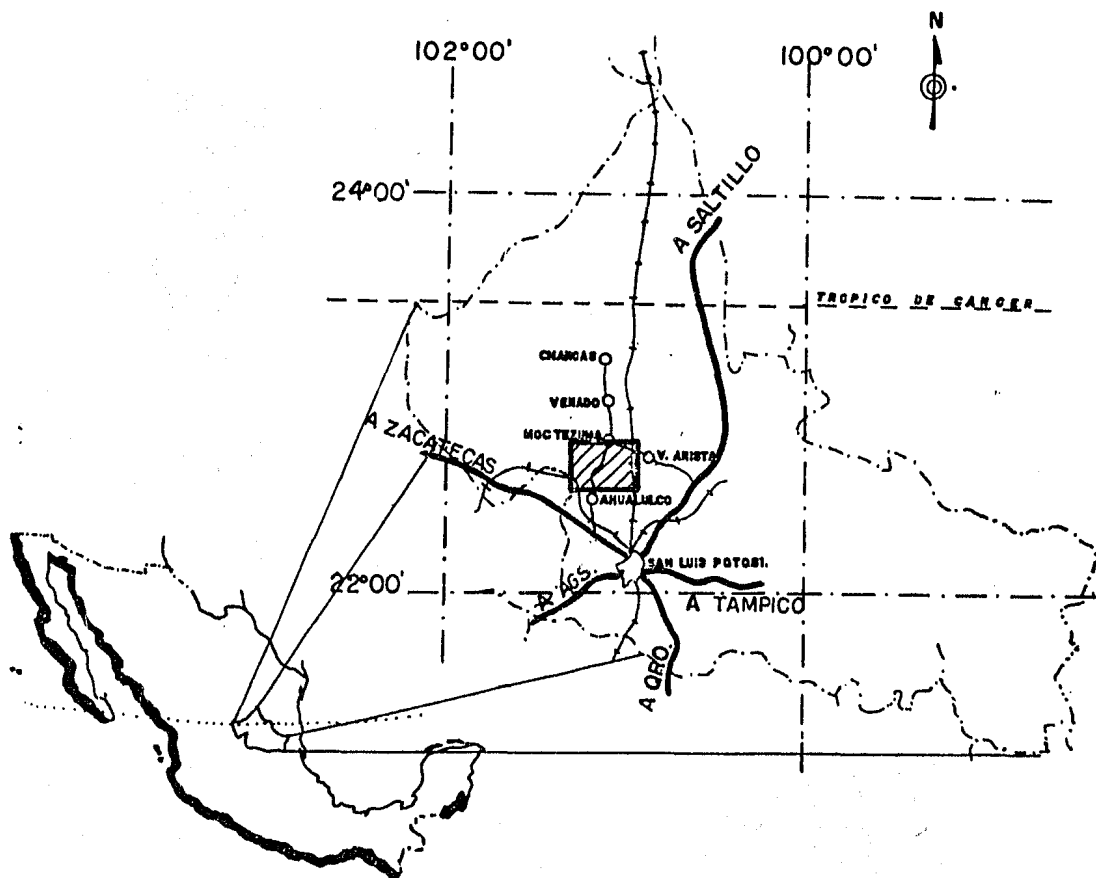
El estudio cubre un área de 950 Km<sup>2</sup> aproximadamente, que está comprendida en los municipios de Moctezuma, Ahualulco y Villa de Arista, cubriendo en parte el municipio de Pinos, del Estado de Zacatecas.

El lugar de trabajo queda situado a una distancia de aproximadamente 50 Kilómetros al noroeste de la Cd. de San Luis Potosí en línea recta.

## III.2 VIAS DE COMUNICACION

En lugar donde se realizó el estudio, se encuentra comunicado por la carretera estatal número 49 que va de la Cd. de San Luis Potosí a la Cd. de Zacatecas, en el Kilómetro 30 existe una desviación que llega al poblado de Charcas, pasando por los poblados de Ahualulco, Moctezuma y Venado, siendo ésta la única carretera asfaltada que se localiza en el área.

Existen algunos caminos que se encuentran revestidos con grava y diversos materiales los cuales son transitables durante todo el año. Se cuenta, asimismo con brechas y algunos caminos que sólo son transitables por vehículos en tiempo de estiaje.



LEYENDA

- CARRETERA FEDERAL
- CARRETERA ESTATAL
- + LINEA DE F.F.C.C
- - - LIMITE ESTATAL
- CIUDAD, POBLACION.
- ▨ AREA DE ESTUDIO



FACULTAD DE INGENIERIA		
U N A M	TESIS PROFESIONAL	
	<b>PLANO DE LOCALIZACION</b>	
	ALEJO V.A., PEREZ G., SANCHEZ F.	
E 1:3500,000	1985	FIG. 3.1

Igualmente, cruzan a esta zona los ferrocarriles que van de la Cd. de México a Laredo, Tamaulipas, y el que va de la Cd. de San Luis Potosí a la Cd. de Zacatecas.

Respecto a vías aéreas, la zona de estudio no cuenta con aeropuertos, la única ciudad cercana que cuenta con este servicio es San Luis Potosí y sólo en los poblados de Charcas y Villa de Arista se observaron pequeñas pistas de aterrizaje para avionetas.

El poblado de Moctezuma cuenta con los servicios de correo, telégrafo y -teléfono.

### III.3

### CLIMATOLOGIA

De acuerdo con la clasificación utilizada por Köppen, Modificada por E. García (1964), en la región de estudio se encuentran distribuidos tres tipos de climas, diferenciándolos como oriental, central y occidental y que son:

BWhw"(i')g correspondiente a la parte oriental de la región, definido como un clima muy seco o desértico, semicálido con invierno fresco, temperatura - media anual entre 18 y 22°C, con poca oscilación anual de temperaturas medias mensuales.

BSohw(e)g que corresponda a la parte central, la cual se define como un - clima seco o estepario (el más seco de los BS), semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22°C, con oscilación anual de temperatura - media extremosa.

BS<sub>1</sub>Kw abarca la parte occidental de la zona y se define para un clima se- co o estepario (el menos seco de los BS), templado con verano cálido, tempera- tura media anual entre 12 y 18°C.

Es de hacerse notar que en la región se presenta un régimen de lluvias en verano, en las zonas anteriormente mencionadas.

Con el fin de conocer con mayor precisión las características climáticas de la región se obtuvo información de las estaciones climatológicas que se hallan localizadas dentro o cercanas a la zona de estudio (figura 3.2). Se contó con los datos provenientes de 7 estaciones (las cuales eran las más completas históricamente) y de entre las cuales dos de ellas, Moctezuma y El Grito se encuentran ubicadas dentro del área de estudio y las restantes aledañas a ésta.

El período seleccionado para el análisis comprende en forma general de 1970 a 1982, excepto en las estaciones de Moctezuma y de Villa Arista, ya que hacen falta datos para los años de 1970 a 1972 y de 1978 a 1979 respectivamente, aunque hay estaciones como la de los Pilares que tienen datos desde 1962. El nombre y número, así como la ubicación se consignan en la tabla III.1.

En la tabla III.2 se presenta un resumen de los datos climatológicos existentes, tomando en consideración los promedios totales tanto anuales como mensuales de estas estaciones.

### III.3.a Precipitación

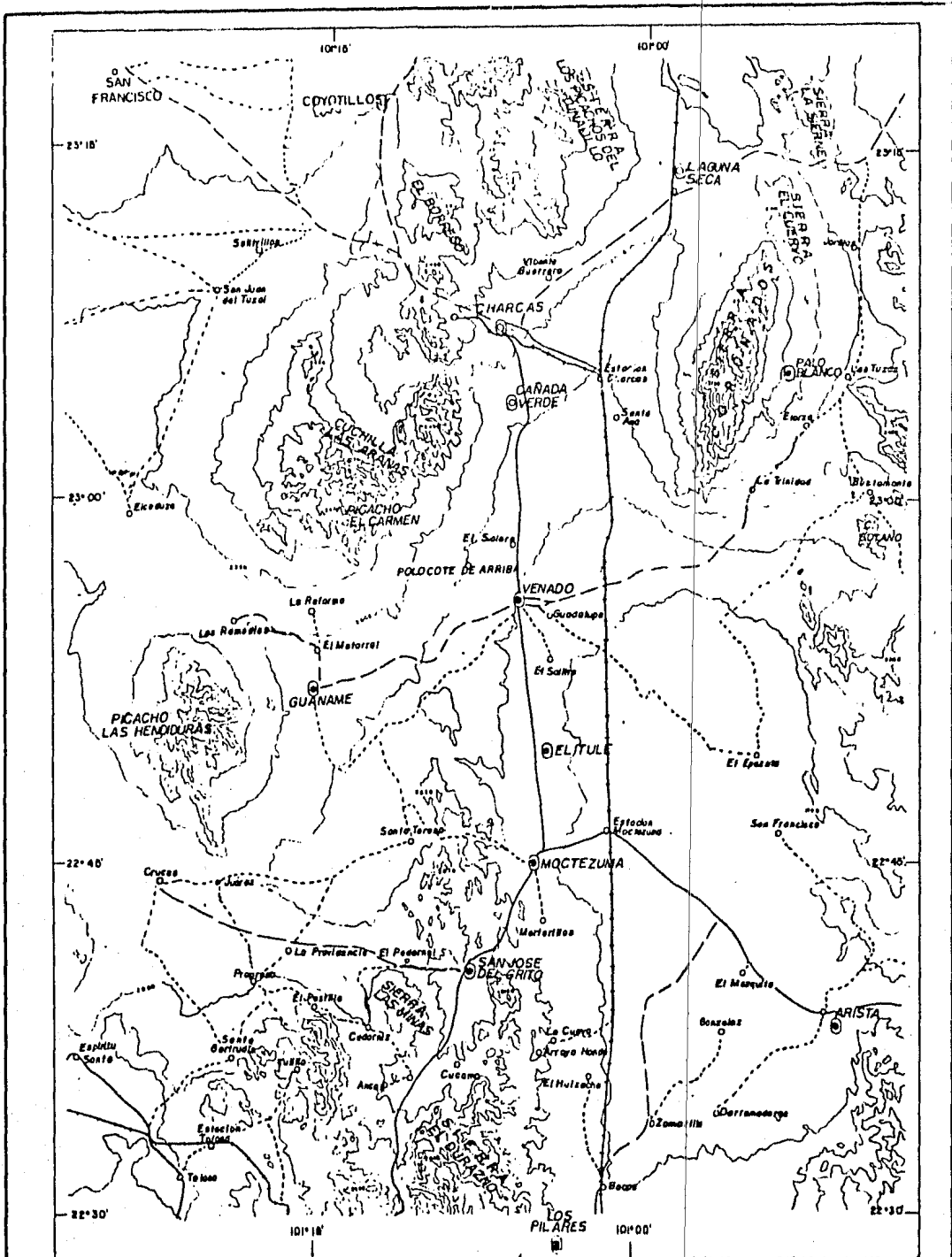
Con los datos obtenidos de los períodos de lluvia se elaboraron las tablas III.3 y III.4 en las que se presentan los promedios mensuales y anuales totales del período de observación.

En la tabla III.3 se aprecia que el mes menos lluvioso corresponde a febrero y el de mayor precipitación a junio (estación Villa Arista ambos datos), con valores extremos de 4.9 y 97.2 mm. respectivamente.

Para el año de 1973 se presentaron los valores extremos máximo y mínimo de precipitación pluvial, que bien se pueden tomar como el rango de variación anual de la región, para las estaciones Reforma Salinas con 1041.6 mm y Palo Blanco con 169.2 mm, como queda consignado en la tabla III.4.

Se observa que la mayor precipitación ocurre durante el verano, de los meses de mayo a septiembre. Los valores calculados de la precipitación media anual total para esta zona quedan registrados en el Plano de isoyetas de la figura 3.3.

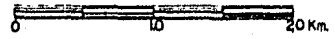




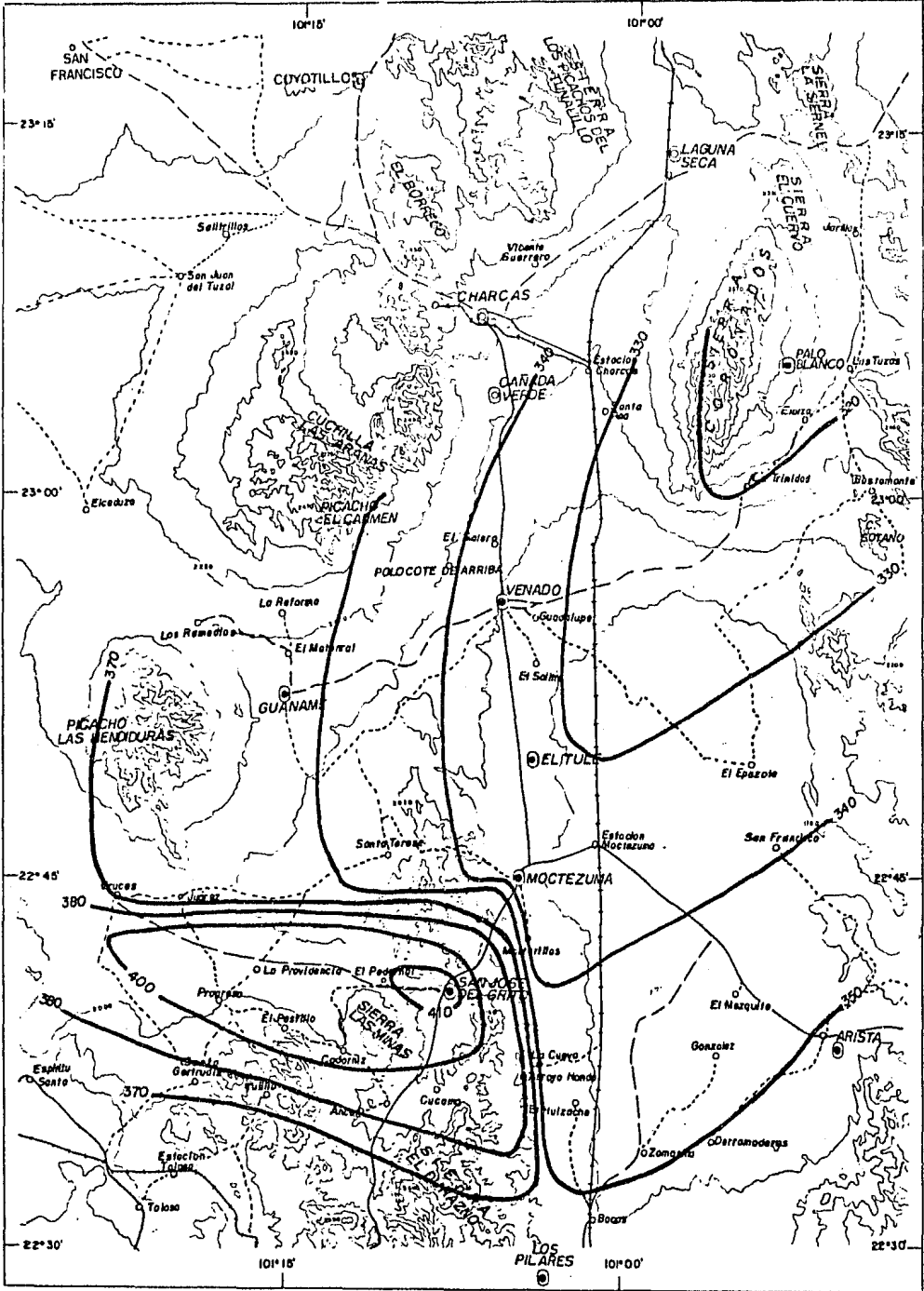
**LEYENDA**

- ⊙ ESTACION CLIMATOLOGICA
- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- - - TERRACERIA
- ..... CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.F.C.C.

**ESCALA**



FACULTAD DE INGENIERIA		
<b>U N A M</b>	TESIS PROFESIONAL	
	<b>ESTACIONES CLIMATOLOGICAS</b>	
	ALEJOVA, PEREZ G. SANCHEZ ET AL.	
E 1:250,000	1985	FIG. 3.2



LEYENDA

- ⊙ ESTACION CLIMATOLÓGICA
- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- - - TERRACERIA
- CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.F.C.C
- 350- ISOYETA EN mm.

ESCALA



FACULTAD DE INGENIERIA		
U	TESIS PROFESIONAL	
N	ISOYETAS MEDIAS ANUALES	
A	PERIODO 1970-1982	
M	ALEJO VA. PEREZ G. SANCHEZ E.F.	
E 1:250,000	19 85	FIG. 3.3

## III.3.b

## Temperatura

En la tabla III.5 se consignan los promedios mensuales de temperaturas, se observa un incremento en la temperatura en los meses de marzo a junio, siendo los valores máximos en los meses de mayo y junio, se registra la mayor temperatura en el mes de mayo con 23.9°C para la Estación Los Pilares. Esta desciende en los meses de julio a enero, siendo el período más frío en los meses de diciembre - enero, registrándose en la Estación Moctezuma la más baja con 12.4°C.

De igual manera se registran los valores medios anuales en la tabla III.6 donde se observa que la máxima temperatura anual corresponde a la Estación Los Pilares con 21.4°C, para el año de 1970 con 15°C.

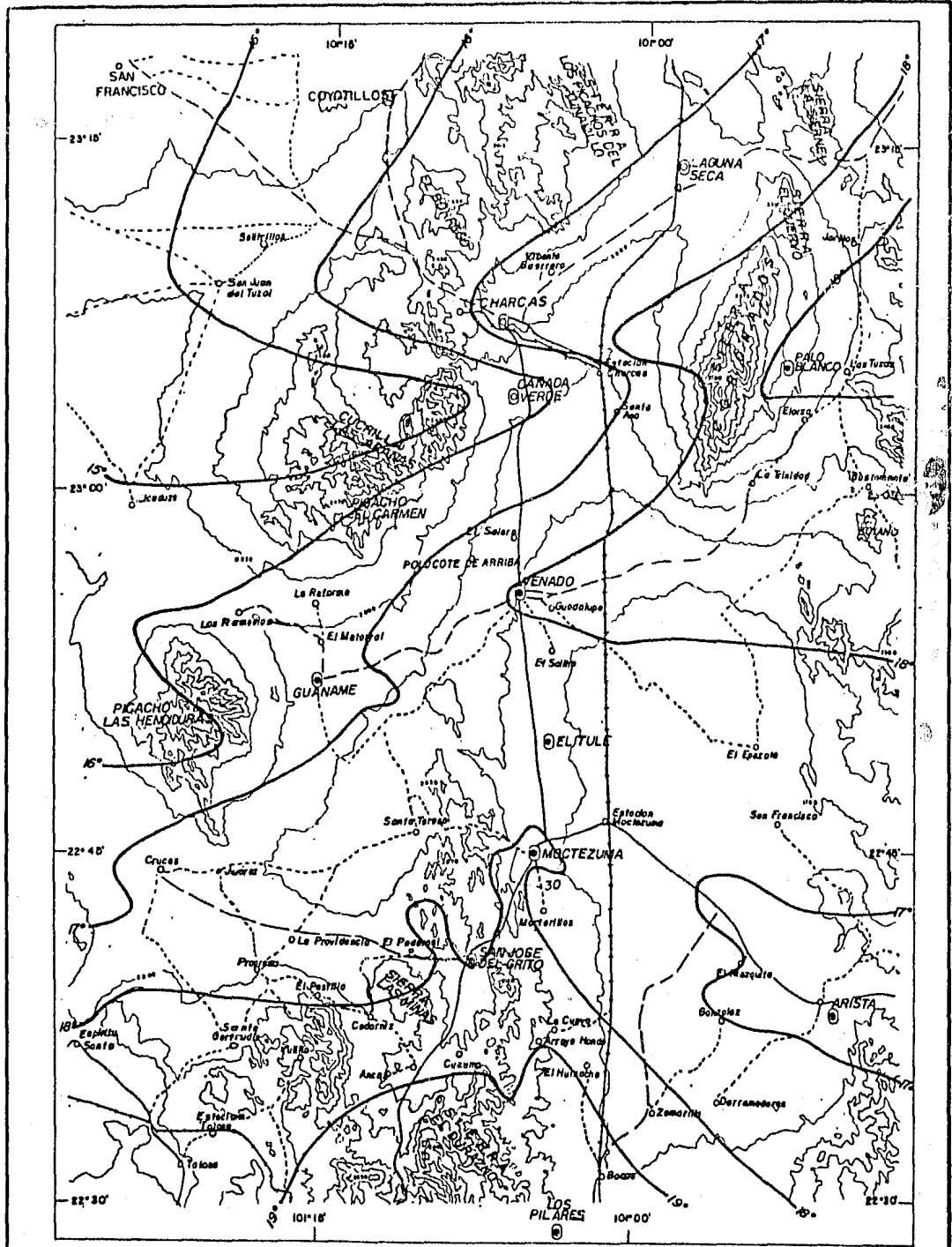
La figura 3.4 muestra la variación de las isotermas medias anuales en la región.

## III.3.c

## Evaporación

En la tabla III.7 se muestran los valores medios mensuales para la evaporación, en la que se pueden definir dos períodos de evaporación: un primer período de marzo a julio, en el que se observa la evaporación máxima; en la Estación Mixquitic se registra el mayor valor con 262.0 mm, para el mes de abril. El segundo, definido en los meses de septiembre a febrero con evaporaciones mínimas, registrándose la menor en el mes de diciembre con 93.0 mm. en la Estación Moctezuma.

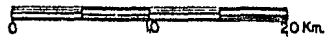
La tabla III.8 muestra los períodos anuales analizados para cada una de las estaciones, entre las cuales no existen datos para las estaciones de Villa de Arista y Reforma Salinas en el período de 1978 a 1982 la primera y de 1970 a 1972 y en el año de 1980 la segunda, presentándose la mayor evaporación en el año de 1973 con 2707.2 mm. en la Estación Mixquitic y la menor con 1694.4 mm. en la Estación Los Pilares en 1981.



LEYENDA

- ⊙ ESTACION CLIMATOLOGICA
- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- - - - TERRACERIA
- · · · · CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.F.C.C
- 15° ISOTERMAS EN °C

ESCALA



FACULTAD DE INGENIERIA		
U	TESIS PROFESIONAL	
N	ISOTERMAS MEDIAS ANUALES	
A	PERIODO 1970-1982	
M	ALEJANDRO VALENZUELA PEREZ G. SANCHEZ E.F.	
E 1:250,000	1985	FIG. 3.4

## III.4

## VEGETACION

La vegetación existente en el área corresponde a la de zonas semidesérticas y que está de acuerdo con el clima imperante en la región. La información de la vegetación fue tomada de la carta de Uso del Suelo escala 1 : 50,000 de la Detenal (F-14-A-63), en la cual se encuentran los siguientes grupos:

- Ms - Matorral Subinorme. ( acacia, mezquite)
- Me - Matorral Espinoso. ( agrito, ocotillo, granjeno )
- Mi - Matorral Inerme. ( candelilla, gobernadora, parraleña )
- No - Nopalera. (nopal, biznaga, etc.)
- Cr - Crasi-Rusolifolios Espinosos. (maguey, sotol, guayule, lechuguilla)
- Iz - Izotal ( palma real, palma china )
- Pn - Pastizal Natural
- FB - Bosque Natural, Encinar.

## III.5

## POBLACION Y CULTURA

El área de estudio se ubica en tres municipios, dos de los cuales abarcan una mayor extensión superficial, ellos son: Moctezuma y Ahualulco que cuentan con una población total de 14,650 y de 16,490 habitantes ( IX censo de población, 1970); representan el 1.14% y 1.29% respectivamente de la población total del Estado de San Luis Potosí, contando con una superficie de 1,604.20 Km<sup>2</sup> y 681.60 Km<sup>2</sup> cada municipio, lo que representa el 3.63% de la superficie total del estado que es de 62,848.00 Km<sup>2</sup>.

Tiene una densidad de población de 9.13 habitantes por Km<sup>2</sup> en el municipio de Moctezuma y de 24.19 hab/Km<sup>2</sup> en Ahualulco, el poblado de Moctezuma cuenta con más de dos mil habitantes, siendo el más importante de la región, cuenta con escuela, primaria y secundaria federal. Sólo en el poblado de Venado, Charcas o San Luis Potosí se cuenta con tecnológicos o nivel bachillerato, asimismo algunas comunidades de regular importancia (más de 1000 habitantes) cuentan con centros de salud de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

## III.6

## ACTIVIDADES ECONOMICAS

Las principales actividades económicas se basan fundamentalmente en la agricultura existiendo en su mayoría tierras de temporal aunque en algunos ejidos se cuenta con tierras de riego. En ambas se siembra maíz, frijol, trigo, sorgo en grano y en las de riego, además, alfalfa. Estas últimas se localizan en el Valle de Arista y en el poblado de San Ignacio.

Le sigue en orden de importancia el comercio, aunque éste es muy pequeño, quedando reducido a pequeños establecimientos tales como tiendas de abarrotes, tendajones y estanquillos, los cuales brindan exiguos ingresos a sus propietarios. Estos comercios en general se ubican dentro de la casa, en una habitación destinada para tal fin.

Igualmente, la ganadería se realiza en pequeña escala, y sólo con ganado caprino y lanar, que es una pequeña fuente de ingresos para sus propietarios, pues venden la leche para fabricar cajeta; la lana, aunque no es de buena calidad, también es comercializada.



## RESUMEN DE DATOS CLIMATOLOGICOS

ESTACION	PRECIPITACION en mm.		TEMPERATURA en °C		EVAPORACION en mm.	
	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO ANUAL
MOCTEZUMA	27.8	335.4	17.8	18.1	149.3	1884.9
EL GRITO	34.1	412.9	17.9	17.9	158.1	1930.9
LOS PILARES	29.8	353.8	20.0	20.0	155.1	1863.0
VILLA ARISTA	38.7	351.3	18.3	16.5	179.1	2177.3
PALO BLANCO	26.9	314.7	19.2	19.1	174.9	2076.6
MEXQUITIC	36.9	432.8	16.8	16.9	186.3	2204.2
REFORMA SALINAS	25.5	391.4	16.5	16.4	183.6	2232.5

TABLA III.2





PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL EN mm.												
ESTA CION	ENE	FEB.	MAR.	ABR	MAY.	JUN.	JUL.	AGS	SEP	OCT.	NOV.	DIC.
MOCTEZUMA	11.8	8.4	7.8	11.3	31.4	70.5	54.3	47.2	45.6	17.7	12.6	15.4
EL GRITO	12.2	9.3	13.0	8.2	37.5	80.5	89.6	52.7	56.3	24.1	10.2	15.1
LOS PILARES	10.1	9.1	6.5	16.1	30.1	62.8	67.5	54.2	52.4	23.8	10.4	15.1
VILLA ARISTA	20.1	4.9	6.0	28.9	57.0	97.2	68.9	49.7	72.5	34.2	9.9	14.8
PALO BLANCO	8.1	5.0	9.1	19.3	43.3	41.1	56.5	46.2	51.5	18.6	9.2	14.9
MEXQUITIC	10.7	6.7	8.7	13.4	28.7	81.4	94.4	63.3	80.9	28.3	11.3	15.2
REFORMA	9.1	5.4	2.2	12.4	16.9	37.4	73.0	56.0	39.2	26.9	10.5	16.8

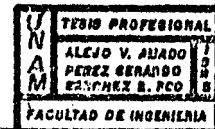
**TABLA III.3**

P R E C I P I T A C I O N   T O T A L   A N U A L   E N   m m .														
E S T A C I O N	P E R I O D O   A N A L I Z A D O													
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	PROMEDIO
MOCTEZUMA	354	183.6	409.2	307.2	236.4	427.2	460.8	343.2	345.6	325.2	260.4	373.2	334.8	335.4
EL GRITO	380.4	512.4	392.4	529.2	267.6	460.8	607.2	434.4	312	270	279.2	458.4	463.2	412.9
LOS PILARES	322.8	399.6	294	379.2	250.8	367.2	529.2	320.4	352.8	393.6	217.2	474	298.8	353.8
VILLA ARISTA	249.6	296.4	276	752.4	580.8	699.6	522	265.2	—	—	379.2	546	—	351.3
PALO BLANCO	195.6	510	465.6	169.2	228	330	540	259.2	338.4	238.8	212.4	388.8	214.8	314.7
MEXQUITIC	349.2	471.6	294	532.8	331.2	556.8	766	402	433.2	381.6	319.2	493.2	306	432.8
REFORMA	—	—	356.4	1041.6	248.4	277.2	649.2	224.4	243.6	225.6	292.8	424.8	321.6	391.4

T A B L A   I I I   4

TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL EN °C												
ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
MOCTEZUMA	13.0	14.6	17.5	20.5	21.2	21.1	20.2	20.0	19.6	17.9	15.7	12.4
EL GRITO	12.8	13.9	18.0	20.1	21.9	21.1	20.0	20.0	19.6	18.0	15.2	13.6
LOS PILARES	15.5	16.5	19.7	22.6	23.9	23.2	22.3	22.2	20.2	20.1	17.2	16.0
VILLA ARISTA	13.4	14.2	17.9	19.9	21.3	22.1	21.1	21.0	20.6	18.3	16.7	14.0
PALO BLANCO	14.1	15.2	19.1	21.1	22.5	22.5	21.8	21.6	21.2	19.7	16.6	15.1
MEXQUITIC	13.2	13.8	14.4	19.0	20.8	19.5	18.8	18.4	17.9	16.8	14.8	13.6
R E F O R M A	11.8	12.4	16.5	18.4	20.1	20.1	19.2	18.6	17.9	16.6	13.7	12.1

TABLA III.5



TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C														
ESTACION	PERIODO ANALIZADO													PROMEDIO
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
MOCTEZUMA	18.5	20.6	19.1	18.2	17.8	17.5	17.0	17.5	17.5	17.6	17.9	17.2	18.3	18.1
EL GRITO	17.5	18.1	18.3	17.9	18.0	17.9	17.0	18.1	18.0	17.8	18.9	17.3	17.6	17.9
LOS PILARES	20.3	20.5	21.2	21.1	20.9	21.3	21.2	21.4	19.0	17.6	18.1	18.7	19.1	20.0
VILLA ARISTA	18.0	18.3	18.6	18.4	18.4	18.5	18.2	18.5	—	—	19.5	17.1	—	18.5
PALO BLANCO	18.7	16.9	19.6	19.9	19.2	19.4	18.3	19.3	19.2	18.8	19.6	19.5	19.3	19.1
MEXQUITIC	15.0	17.3	17.6	17.6	17.0	17.1	16.3	16.7	16.8	16.8	16.9	16.6	17.7	16.9
REFORMA	—	—	—	16.4	16.8	16.5	16.0	16.5	16.7	16.7	16.6	15.3	16.4	16.4

TABLA III. 6

EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL EN mm.												
ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGS.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
MOCTEZUMA	107.0	131.0	154.0	203.0	215.0	198.0	179.0	166.0	137.0	102.0	108.0	93.0
EL GRITO	99.0	137.0	209.	231.0	228.	191.0	177.0	163.0	136.0	125.0	109.0	94.0
LOS PILARES	101.0	140.0	206.	212.0	216.0	182.0	169.0	155.0	139.0	128.0	111.0	102.0
VILLA ARISTA	128.5	117.9	213.3	217.9	238.7	223.9	218.7	193.8	182.0	173.9	123.5	121.7
PALO BLANCO	123.0	129.0	197.0	208.	230.	217.5	208.7	200.3	177.7	161.6	127.2	119.3
MEXQUITIC	144.0	155.0	253.0	262.0	257.0	214.0	201.0	176.0	153.0	152.0	137.0	131.0
REFORMA	136.6	153.7	211.4	251.2	242.9	224.7	204.7	187.1	168.3	154.5	135.4	132.1

TABLA III. 7

UNAM	TESIS PROFESIONAL
	ALEJO V. AMADO
	PEREZ GERARDO
	SANCHEZ E. PEO
FACULTAD DE INGENIERIA	

EVAPORACION TOTAL ANUAL EN mm.														
ESTACION	PERIODO ANALIZADO													
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	PROMEDIO
MOCTEZUMA	—	—	1932.0	2025.8	2104.8	2010.0	1789.2	1804.8	1794.0	1821.6	1839.6	1660.8	1951.2	1884.9
EL GRITO	2056.8	1989.6	1930.8	2007.6	2000.4	1890.0	1725.6	1771.2	1816.8	1886.4	2025.6	1772.4	2228.4	1930.9
LOS PILARES	1774.8	1921.2	1834.8	1884.0	1941.6	1906.6	1640.4	1944.0	1902.0	1963.2	1945.2	1694.4	1857.2	1863.0
VILLA ARISTA	2113.2	2341.2	2295.6	2275.2	2292.0	2209.2	1909.2	1982.4	—	—	—	—	—	2177.3
PALO BLANCO	1807.2	1962.0	2289.6	2077.2	2371.2	2232.0	2053.2	2094.0	2013.6	2102.4	2182.8	2019.6	1790.4	2076.6
MEXQUITIC	2418.0	2275.2	2192.4	2707.2	2404.8	2337.6	1891.2	2244.0	2188.8	2193.6	2125.2	1729.2	1947.6	2204.2
REFORMA	—	—	—	2072.4	2277.6	2434.8	2100.0	2188.8	2209.2	2247.2	—	2053.2	2277.6	2232.5

TABLA III. 8

**CAPITULO IV**  
**FISIOGRAFIA**

## IV.

**FISIOGRAFIA**

## IV.1

## PROVINCIA FISIOGRAFICA

La región estudiada, según Erwin Raisz (1964), se encuentra ubicada en la provincia fisiográfica de la Mesa Central que está limitada al norte por la parte transversal ( E-W ) (subprovincia de sierras transversas) de la Sierra Madre Oriental, al igual que en la parte Este (por la subprovincia de sierras bajas) y están constituidas esencialmente por rocas sedimentarias de edad mesozoica y algunas volcánicas de la misma edad y cenozoicas; al sur se encuentra limitada por el Eje Neovolcánico, constituido en su totalidad por rocas ígneas extrusivas y al occidente limitada con la subprovincia de mesetas y cuencas de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, formada por emisiones volcánicas de tipo riolítico, aflorando en algunos lugares rocas sedimentarias de edad discutible (figura 4.1).

## IV.2

## HIDROGRAFIA

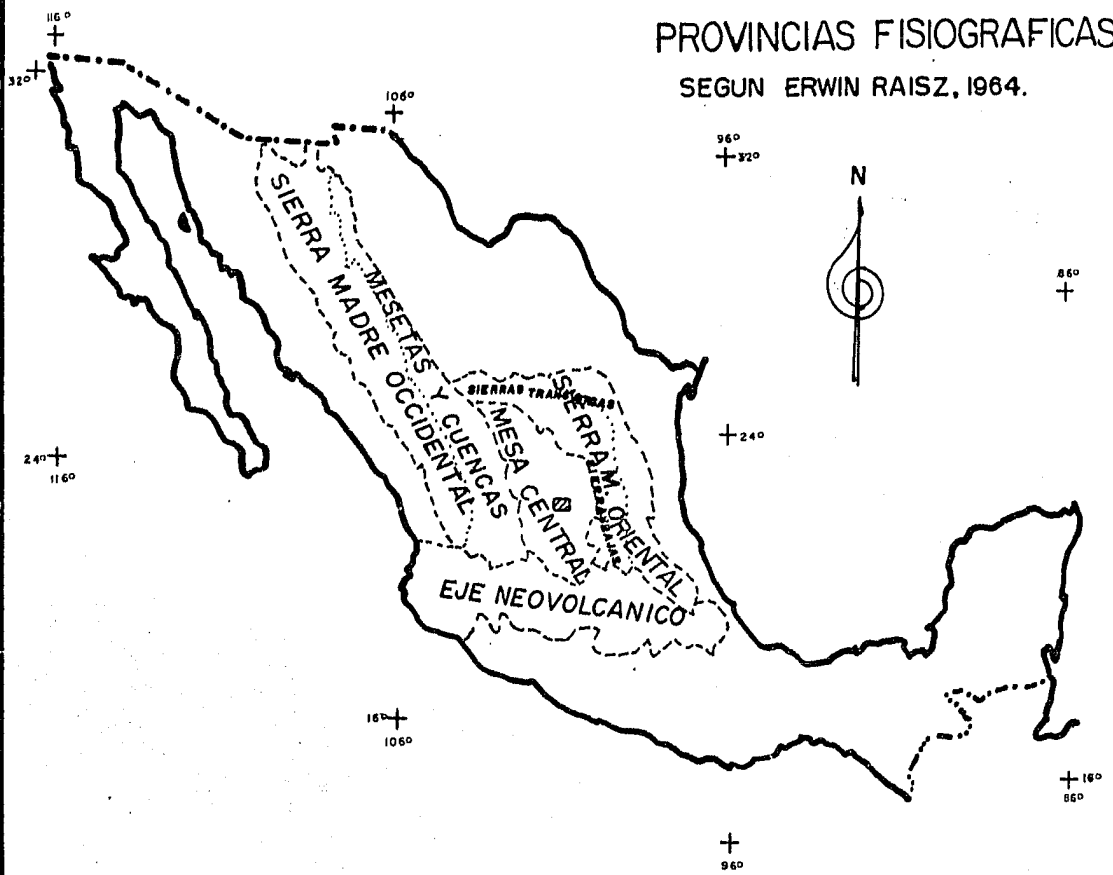
De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la zona está localizada en la Región Hidrológica número 37, llamada El Salado, la cual abarca parte de los Estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y la parte occidental del Estado de San Luis Potosí. (figura 4.2).

La zona no cuenta con corrientes superficiales de regular importancia, sino que presenta una red fluvial intermitente que sólo en verano contiene agua y presenta en las sierras configuraciones dendríticas y puniformes, marcada por gargantas profundas y estrechas, así como estrechos valles en forma de U, que se encuentran controlados estructuralmente por fracturas principalmente, así como por fallas. Esta región al ser cortada por corrientes que profundizan en la roca, originan pendientes de fuerte inclinación.

En las serranías, las corrientes aparte de ser escasas se observa que llevan un gran caudal, puesto que llegan a mover bloques de gran tamaño, arrastrándolos a gran distancia, lo cual ha modelado los valles fluviales anteriormente mencionados.



PROVINCIAS FISIOGRAFICAS  
SEGUN ERWIN RAISZ, 1964.

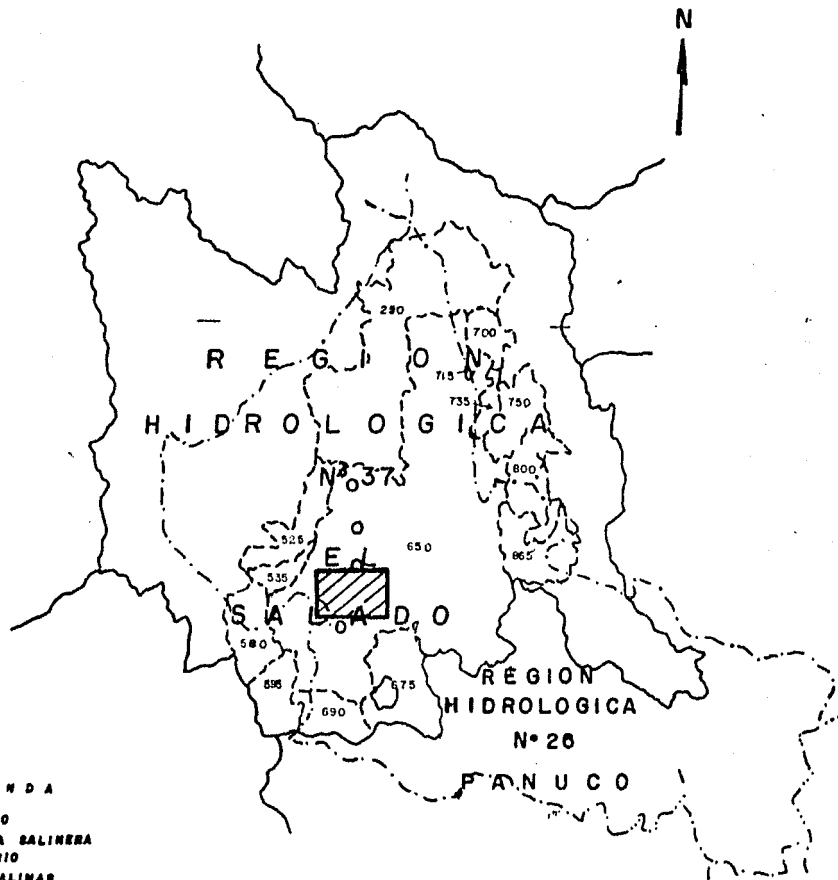


SIMBOLOGIA

- LIMITE DE LAS PROVINCIAS
- ..... LIMITE DE LAS SUBPROVINCIAS
- ▣ AREA DE ESTUDIO



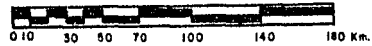
FACULTAD DE INGENIERIA		
<b>U N A M</b>	TESIS PROFESIONAL	
	<b>PROVINCIAS FISIOGRAFICAS</b>	
	ALEJO V.A, PEREZ G., SANCHEZ F.	
	1985	FIG. 4.1



**LEYENDA**

- 850 EL SALADO
- 825 LAGUNA LA SALINERA
- 835 EL ROSARIO
- 890 LAGUNA SALINAS
- 895 OJO DE AGUA DE LA PALMA
- 896 ARISTA-MATEHUALA
- 897 SAN LUIS POTOSI
- 898 LAGUNA BARTENEDO
- 700 LOS MEDINA
- 718 ARROYITO
- 735 PUERTO DOLORES
- 750 DOCTOR ARROYO
- 800 SAN IGNACIO
- 888 EL CUSTODIO

- LIMITE ESTATAL
- LIMITE DE REGION HIDROLOGICA
- LIMITE DE AREAS DE CUENCA
- CIUDAD, POBLADO
- ▨ AREA DE ESTUDIO



FACULTAD DE INGENIERIA		
U N A M	TESIS PROFESIONAL	
	<b>CUENCA HIDROLOGICA</b>	
	ALEJO V.A., PEREZ G, SANCHEZ	
	E+3500p00	1985

En algunos arroyos se han construido pequeñas obras para almacenar agua, así como para llevarla por medio de canales a pequeñas represas construidas con material de la zona. Es posible que en el subsuelo, bajo los cauces, se tengan reservas de agua que por infiltración formen volúmenes importantes que cubran las necesidades prioritarias de los habitantes de la región.

#### IV.3

#### OROGRAFIA

La región se caracteriza por presentar amplios valles como el de Villa Arista y el de Cruces, separados ambos por la Sierra de Santa Catarina, la Sierra de Enmedio, Sierra Las Minas, localizadas en la parte central del área y constituidas básicamente por rocas sedimentarias que varían en altitud y van de los 2000 a los 2200 m.s.n.m.

#### IV.4

#### GEOMORFOLOGIA

Las formas que constituyen el relieve del área, son el resultado de los esfuerzos tectónicos ocurridos principalmente durante la Orogenia Laramide y posteriormente, por eventos magmáticos ocurridos durante el Terciario que cubrieron casi toda la parte sur y central. El relieve ha sido modelado por los procesos exógenos niveladores, teniendo una importancia muy especial la erosión fluvial y el intemperismo.

En el noroeste y este de la hoja estudiada, se encuentran dos de los rasgos geomorfológicos de mayor magnitud. El primero es el Valle de Cruces y el segundo el Valle de Arista. Ambos son planicies acumulativas, el de Cruces un peniplano y el de Arista una fosa tectónica originada por esfuerzos de tensión.

El centro del área, principalmente la parte norte, está formada por rocas mesozoicas cuyo plegamiento es muy complejo; destacan el anticlinorio de San Antonio del Rul y el de Santa Catarina. Aún cuando no se encuentran corrientes con régimen permanente, se aprecian bisecciones producidas por las corrientes intermitentes de tipo consecuente y subsecuente, siguiendo un patrón de drenaje dendrítico y puniforme. En estas zonas las sierras se alargan de norte a sur.

Al oeste del área, donde se localiza la sierra El Jacalón, se encuentran las mayores elevaciones: un promedio de 2400 m.s.n.m., formadas por conglomerado y por rocas volcánicas en la parte superior que presentan formas redondeadas predominantemente y algunos picos y mesas de composición riolítica. Esta actividad volcánica se ha manifestado desde el Oligoceno a través del fracturamiento y fallamiento que sucedió al levantamiento y plegamiento de las rocas sedimentarias antiguas. El drenaje en esta zona es de tipo puniforme y paralelo, con corrientes consecuentes.

En la parte sur, a ambos lados de la carretera a Ahualulco, las rocas son volcánicas casi en su totalidad, y la Sierra de El Durazno es el rasgo más prominente. Las formas predominantes son afiladas, con fuerte pendiente en la parte alta, marcadamente definidas por corrientes consecuentes y algunas subsecuentes, que siguen un patrón de drenaje de tipo dendrítico.

En casi todo el borde Occidental del Valle de Arista se encuentran lomas que pierden altitud hacia el valle, o que se alargan hacia él y que forman pendientes suaves, cortadas por corrientes consecuentes, principalmente de tipo puniforme, que descargan sus sedimentos en el valle, originando abanicos aluviales.

**CAPITULO V**

**GEOLOGIA**

## V.

## GEOLOGIA

## V.1

## ESTRATIGRAFIA

Dentro del área de estudio afloran rocas sedimentarias tanto marinas como continentales, así como rocas volcánicas y depósitos aluviales.

Las rocas más antiguas que fueron localizadas corresponden al Cretácico Inferior (Aptiano) de la Formación La Peña, que subyacen a rocas de la Formación Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) y sobreyaciendo a éstas en orden cronológico rocas del Cretácico Superior (Turoniano) de la Formación Indidura y de la Formación Caracol (Coniaciano-Maestrichtiano), continuando con depósitos continentales Terciarios (Eoceno) de la Formación Cenicera.

Sobre estas formaciones descansa una secuencia de rocas volcánicas de edad Oligocénica cubiertas discordantemente por esporádicos derrames de basaltos basaníticos del Pleistoceno y finalmente depósitos aluviales y suelos del Cuaternario.

Estas formaciones serán descritas a continuación partiendo de la más antigua y siguiendo un orden estratigráfico ascendente.

## V.1.a

## Formación La Peña (Kip)

## DEFINICION

Definida inicialmente por el Dr. R.W. Imlay (1936), en el flanco occidental de la Sierra de Parras para distinguir un cuerpo formado por dos miembros, el inferior compuesto por calizas y el superior por calizas y lutitas. El Dr. William E. Humphrey (1949) propone que el término Formación La Peña sea restringido al miembro superior considerado por Imlay.

La localidad tipo de la Formación La Peña se ubica en el flanco norte de la Sierra de Taraises, al E-SE de la hacienda La Peña aproximadamente a 4.8 Km., en el extremo sur del Estado de Coahuila.

## DISTRIBUCION

Se encuentra aflorando en los Anticlinorios de San Antonio del Rul y de Santa Catarina.

## LITOLOGIA

Es una caliza criptocristalina de color gris claro, que intemperiza a amarillento de estratificación mediana a delgada interestratificada con limolitas rojizas y blancas que intemperizan a tonos claros violáceos y amarillentos, se encuentran generalmente como laminaciones, así como calizas arenosas laminares de color rosa-rojizo que en algunas zonas presentan foliación transversal al estrato.

Se encuentran lentes de pedernal negro y ocasionalmente bandas así como nódulos de hematita y en algunas zonas las calizas alternan con lutitas negras que intemperizan a rosado en estratos delgados y presentan laminaciones.

## RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Subyace concordantemente y transicionalmente a la Formación Cuesta del Cura. Su base no aflora, por lo que no se conoce su relación con rocas más antiguas.

## EDAD Y CORRELACION

En el área no se encontraron fósiles, pero se le asigna por su posición estratigráfica, la edad dada por Humphrey (1949), el cual la sitúa en el Aptiano.

Se correlaciona con la Formación Tamaulipas superior de la Cuenca Mesozoica del Centro de México, así como con el horizonte Otates de la Cuenca Tampico-Misantla; con la formación "Travis-Peak" en el estado de Texas, con la formación Las Uvas del área de Delicias-Acatita, Coahuila; y con la Formación Cuchillo en el Valle del Río Conchos, Chihuahua.

## AMBIENTE DE DEPOSITO

De acuerdo con Labarthe et al (1982), se infiere que la Formación fue depositada en un ambiente de aguas profundas y tranquilas, a partir de lodos calcáreos con aporte de terrígenos.

V.1.b

Formación Cuesta del Cura (Kscc)

### DEFINICION

Descrita por el Dr. Imlay (1936) en la parte occidental de la Sierra de Parras, constituida por calizas de color gris oscuro a negro en estratos medianos a delgados, con estratificación ondulada y abundantes lentes y bandas de pedernal.

En esta localidad, la caliza Cuesta del Cura sobreyace a la caliza Aurora y está cubierta por la Formación Indidura.

### DISTRIBUCION

Esta formación aflora en los Anticlinorios de San Antonio del Rul y de Santa Catarina donde, en general, se encuentra muy plegada, con ejes axiales incluso horizontales y cabalgaduras.

### LITOLOGIA

Consiste de calcarenita gris a gris oscuro que intemperiza a gris claro amarillento, en estratos medianos con abundantes bandas de pedernal de hasta 10 cm. de espesor de color negro. Presenta estratificación ondulante y marcas de oleaje. En algunos sitios contiene microfósiles, intraclastos y oolitos y se produce un olor fétido al partir la roca que los contiene. Hay algunas zonas más arcillosas con capas delgadas de calcarenita gris oscuro que intemperiza a gris amarillento, con lentes y bandas de pedernal negro, laminaciones de calizas arcillosas rosadas y capas de 3-4 cm. de lutitas rojizas debido al intemperismo. Aisladamente se encuentran algunos nódulos de hematita. La formación tiene un fracturamiento moderado perpendicular a la estratificación y con las fracturas rellenas de calcita. Hacia la cima de la formación se localizan algunos horizontes de limolitas blancas.

### RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

La Formación Cuesta del Cura sobreyace a la Formación La Peña con un contacto concordante y transicional subyaciendo a la Formación Indidura concordante y transicionalmente.



## EDAD Y CORRELACION

Por su posición estratigráfica y en base a estudios anteriores, se le atribuye una edad Albiano-Cenomaniano ya que en el área no se encontraron fósiles.

Es correlacionable con la Formación Tamaulipas Superior de la región de Tampico, la Formación El Abra de la Cuenca Tampico-Misantla, con la Formación El Doctor de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, con la Formación Kiamichi y el Grupo Washita indiferenciado del noreste de México y oriente de Texas.

## AMBIENTE DE DEPOSITO

De acuerdo con Labarthe (op.cit.) se considera que esta Formación fue depositada en condiciones que varían de infraneríticas a infrabatiales, en una cuenca con aguas tranquilas pero con libre circulación en forma de lodos calcáreos.

V.l.c

Formación Indidura (Ksi)

## DEFINICION

Böse (1906) la estudia por primera vez en la Sierra de Parras, posteriormente Kelly (1936) en la región de Delicias Coahuila, le aplica ese nombre a una secuencia de lutitas y caliza arcillosa laminar que descansa directamente sobre la caliza Aurora con fósiles del Albiano-Cenomaniano y Turoniano.

## DISTRIBUCION

La formación aflora en el área de estudio, en los anticlinorios de San Antonio del Rul y de Santa Catarina.

## LITOLOGIA

Consiste de una interestratificación de calcarenitas en estratos medianos (10-20 cm.), de color gris que al intemperismo dan coloraciones amarillentas y lutitas de color gris oscuro verdoso y hacia la cima de la formación, algunos estratos de areniscas de color gris oscuro. Hay zonas con laminaciones

de calizas arenosas violáceas, en ocasiones muy deformadas y en los estratos delgados de caliza una cierta foliación. También contiene algunos lentes y bandas de pedernal negro, así como unos cuantos horizontes de 2-3 cm. de yesos y esporádicas laminaciones de limolitas blancas. Hay estilolitas paralelas a la estratificación, evidencias de oxidación, manganeso dendrítico y fósiles (*Inoceramus*). El fracturamiento es moderado y se encuentran fallas singenéticas. En algunas zonas presenta boudinage.

#### RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

En el área sobreyace a la Formación Cuesta del Cura con un contacto concordante y transicional, del mismo modo, subyace a la Formación Caracol en forma concordante y transicional.

#### EDAD Y CORRELACION

Dentro del área fueron encontrados restos de fósiles de *Inoceramus Labiatus* sp. por lo que basándose en esto y en su posición estratigráfica, se le ha asignado una edad del Turoniano.

Se correlaciona con la Formación Agua Nueva, con la Facies Tamabra y la parte superior de la Caliza El Abra de la Cuenca Tampico-Misantla y con la Formación Eagle Ford del noreste de México.

#### AMBIENTE DE DEPOSITO

De acuerdo con Labarthe (op.cit.) se trata de un depósito transgresivo que va desde la parte superior de la zona epibatial en contacto con la Formación Cuesta del Cura hasta la subzona infralitoral en su parte superior, con aporte de terrígenos.

V.1.d

Formación Caracol (ksc)

#### DEFINICION

Imlay (1937) aplica este término a una serie de lutitas, tobas desvitrificadas y areniscas aflorantes en la porción occidental del "Arroyo del Caracol" en el Cerro de San Angel ubicado en las inmediaciones de la Sierra de Parras en el Estado de Coahuila.

## DISTRIBUCION

La Formación Caracol aflora en la parte central del área de estudio, tanto en el anticlinorio de Santa Catarina hacia el este, como al sur del Anticlinorio de San Antonio del Rul.

## LITOLOGIA

Consiste de una interestratificación de areniscas de 5 a 50 cm. de espesor, con lutitas físilas. Las areniscas son de color gris oscuro y las lutitas de color ocre, presentando ambas un color de intemperismo pardo amarillento, con algunos tonos rojizos. Gradúan las areniscas de grano fino a grano medio, predominando el fino y es posible encontrar algunos nódulos de hematita así como marcas de oleaje. Estas rocas se encuentran bien cementadas. Hay abundantes vetillas de calcita en la formación y presentan dos direcciones de fracturamiento ( $S84^{\circ}W$  y  $S3^{\circ}W$ ), aunque en los estratos mas gruesos de arenisca sólo se presenta la primera dirección de fracturamiento. Hay zonas de 4 ó 5 cm. de espesor en los que hay mayor abundancia de lutitas que de areniscas. También es posible encontrar algunos horizontes yesíferos. La formación no presenta fósiles. En general esta formación también se encuentra bastante plegada.

## RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sobreyace a la Formación Indidura con un contacto concordante y transicional y subyace discordantemente a materiales clásticos de edad Paleoceno-Eoceno y a varias unidades de rocas volcánicas del Terciario.

## EDAD Y CORRELACION

En el área no se encontraron fósiles, pero de acuerdo a su posición estratigráfica y a estudios realizados por Rogers (1961) se le asigna una edad que va del Coniaciano al Maestrichtiano.

Es correlacionable con la Formación San Felipe de la Cuenca Tampico-Misantla, con la Formación Austin de Coahuila y Texas, con la Formación Ojinaga de Chihuahua y con el miembro inferior de la Lutita Parras.



En otra unidad de esta formación, hay intercalaciones de areniscas, limolitas y arcillas. De estratificación delgada ( 4-10 cm. ) las areniscas, las limolitas y arcillas de 2 a 6 cm. de espesor. Los sedimentos son de color blanco y gris, que intemperizan a blanco-amarillento y a pardo-rojizo.

En las areniscas son apreciables el cuarzo y los feldespatos redondeados y de grano fino cementados con carbonato de calcio.

En algunas partes están muy deformados los sedimentos con esporádicas dendritas de manganeso en algunas capas.

#### RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.

Sobreyace discordantemente a las rocas marinas del Mesozoico y subyace discordantemente, aunque en ocasiones en forma concordante, a las formaciones ígneas.

#### EDAD Y CORRELACION

En base a: estudios desarrollados por Labarthe-Tristán (op.cit.) que consistió en la datación de rocas que sobreyacen a ésta formación, a estudios palinológicos hechos por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y a la evidencia de fuertes plegamientos indicativos de movimientos orogénicos posteriores a su depósito, se le ha asignado a esta formación una edad del Paleoceno-Eoceno (37.6-65 m.a.).

Esta formación puede correlacionarse con el Grupo Balsas de los Estados de Morelos y Guerrero, el Conglomerado Guanajuato y la Formación Ahuichila del norte de México.

#### AMBIENTE DE DEPOSITO

De acuerdo con Labarthe (op.cit.) estos materiales "se depositaron en cuencas intermontanas más o menos aisladas, en general con poco arrastre, dando lugar a una molasse continental".

V.1.f

## Andesita Casita Blanca (Tcb)

## DEFINICION

Primeramente descrita como Andesita por Labarthe-Tristán (1978) que la proponen con el nombre formal de Andesita Casita Blanca (1982, p. 34), considerando como localidad tipo a las inmediaciones de la ranchería de Casita Blanca.

"Se trata de una roca de color gris oscuro verdoso, de textura porfirítica y pilotaxítica con 5% de fenocristales de 1-2 mm. de biotita y plagioclasas en una matriz afanítica, compuesta de un agregado de microlitos de plagioclasa y biotita. Hacia su cima tiene abundantes vesículas, algunas rellenas de calcedonia. Hacia su base en general, tiene numerosas vetillas de calcita en todas direcciones".

## DISTRIBUCION

Aflora aisladamente en varias partes del área, principalmente en la porción sur.

## LITOLOGIA

La formación se compone de una andesita y de un lahar, la andesita tiene un color gris oscuro-verdoso, que intemperiza a verde amarillento. Presenta una pseudo-estratificación en la que se observan, en algunos lugares, fuertes deformaciones y fallas, también se localizan oquedades rellenas por jaspe en forma de huevo.

La andesita es un flujo de lava, con capas cuyo espesor varía entre 10 y 40 cm. o más en algunos lugares. Las fracturas están rellenas por material arcilloso, caliche y sílice.

El lahar se encuentra intercalado entre la andesita, teniendo en ocasiones fragmentos de la misma andesita de diferentes tamaños, en una masa de arena de colores rosa, verde o amarillo muy alterada y con vetillas de calcita y sílice, formando drusas dentro del lahar.



## LITOLOGIA

Está formada por flujos de lava de composición dacítica y por una ignimbrita de composición riodacítica a dacítica, de color que varía de gris-verde a pardo-amarillento que intemperiza a gris oscuro o gris verdoso. Contiene minerales como hornblenda y plagioclasas en una matriz afanítica.

Se presenta masiva o pseudoestratificada, formando respectivamente bloques de 10 a 20 m. de espesor y capas de 50 a 70 cm. En algunas zonas se presenta columnar, debido al fracturamiento intenso que le da esa apariencia, la separación entre cada fractura es de 10 a 15 cm.

## RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sobreyace discordantemente a la Formación Caracol, a la Formación Cenice-ra y a la Andesita Casita Blanca. Subyace de manera discordante a la Latita Portezuelo.

## EDAD

En base a su posición estratigráfica, entre la Andesita Casita Blanca y la Latita Portezuelo, se le ha asignado una edad correspondiente al Oligoceno Medio.

V.l.h

Latita Portezuelo (Tlp)

## DEFINICION

Propuesta formalmente por Labarthe-Tristán (op.cit.) considerando su localidad tipo en los cerros inmediatamente al Oriente del poblado de Portezuelo, S.L.P.

"Se trata de un derrame lávico, de color pardo grisáceo de textura holocristalina, inequigranular, porfirítica, traquítica a pilotaxítica, con matriz afanítica, con fenocristales de 2 a 6 mm. de sanidino y andesina, con cuarzo subordinado. La matriz consiste de microlitos de plagioclasa".

"En general, intemperiza haciéndose arenosa, de color gris claro y con manchas amarillentas debidas ala oxidación de los óxidos de fierro. En ocasiones se encuentran zonas brechosas".



## DISTRIBUCION

Esta formación se encuentra en casi toda la porción Sur, Centro y Poniente de la hoja, destacándose en la Sierra El Durazno, Cerro Las Cobras, Sierra El Jacalón, Cerro Leyva, Cerro La Vieja, Cerro La Muñeca, Loma San Antonio, Cerro La Santa Cruz, Cerro La Estancada.

## LITOLOGIA

La Latita Portezuelo está formada por una lava fluidal y una Latita ignimbrítica, de color violeta, azul y gris que intemperizan a gris oscuro y naranja.

Contiene fenocristales de cuarzo y sanidino, así como algunos minerales muy alterados de color blanco. Al alterarse estas rocas se vuelven delezna- bles.

Se observan grandes bloques muy compactos de 1 a 2 m. de espesor o más en las partes altas de los cerros. También se puede presentar una pseudoestratificación, desarrollándose en la roca un crucero perpendicular a ella. En algunas zonas se encuentra muy fracturada, teniendo las fracturas incluso desde 10 cm. entre cada una de ellas, o bien más separadas, dando lugar a grandes bloques que se desprenden. Tienen unas vetillas rellenas de sílice y minerales arcillosos.

## RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sobreyace en forma discordante a la Formación Cenicera y en ocasiones también a la Andesita Casita Blanca y a la Dacita Jacavaquero.

Subyace a la Riolita Panalillo, encontrándose un lahar en algunas zonas del contacto, y en otras, se encuentra un vitrófido.

## EDAD Y CORRELACION

Según estudios hechos por Labarthe-Tristán (op.cit.) empleando el método de K/Ar, se le determinó una edad de  $30.6 \pm 1.5$  m.a. que corresponde al Oligo- ceno Medio.

Es correlacionable con la Blue-Unit, así denominada por Grasel (1979) en la hoja Salitrera.

V.1.i

## Riolita Panalillo (trp) (tap)

## DEFINICION

Propuesta formalmente por Labarthe-Tristán (op.cit) cuya localidad tipo se encuentra a 5 Km. al oeste del poblado de Panalillo, S.L.P. Consiste de un paquete de rocas volcánicas dividido en dos miembros:

Miembro Inferior (tap): se trata de una toba depositada por aire, de color crema a ligeramente rojiza, bien estratificada, gradada en capas de 5 a 30 cm. que varían de grano muy fino a arenoso y aún conglomerático, con líticos de 2-10cm.

Miembro Superior (trp): consiste de dos unidades. La inferior es una ignimbrita de color pardo rojizo, pardo claro o rosa claro. Presenta pómez delgada bien colapsada y líticos. En algunas áreas presenta en su base un vitrófido de 1 a 2 m. de espesor. La unidad superior es una ignimbrita de color gris rosado, gris o gris rojizo, porfirítica, fluidal, con numerosas esferulitas de 2 a 12 mm. rellenas de cuarzo o calcedonia.

## DISTRIBUCION

Esta formación se encuentra en forma aislada en varias partes de la hoja al norte, sur y poniente, en lugares como La Mesa Redonda, Mesa Larga, Loma San Antonio y Cerro La Estacada.

## LITOLOGIA

La unidad rocosa asume una estructura masiva, constituida por bloques grandes, ligeramente separados unos de otros y teniendo un espesor que va desde 1 a 10 m. La unidad se encuentra fracturada, lo que origina el separamiento en bloques o columnas. Presenta minerales de cuarzo, plagioclasas y fragmentos de roca.

Las rocas son de color amarillo limón a rosa, que intemperizan a rojo-amarillento-anaranjado, gris claro, amarillo y verde. En la parte SE y SW de la región estudiada, esta unidad se encuentra coronando los cerros, formando algo semejante a mesas de varios Km. de longitud. El aspecto general de la roca es parecido a un panal, con las cavidades rellenas de calcedonia (esferulitas).

## RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sobreyace discordantemente a la Formación Cenicera y Caracol, así como a la Latita Portezuelo, con un vitrófido de 1 a 3 m. o directamente sobre un lahar de 10 a 20 m. de espesor de la Latita, con fragmentos mal clasificados angulosos o subangulosos de 2 a 60 cm.

Generalmente se encuentran sobre esta formación, sedimentos cuaternarios, también discordantemente.

## EDAD

De acuerdo a su ubicación, y a estudios hechos por Labarthe-Tristán (op. cit.) empleando el método de K/Ar para una muestra del miembro superior, se le determinó una edad de  $26 \pm 1.3$  m.a., que la coloca en la parte alta del Oligoceno.

V.1.j

Unidad las Joyas (Qb)

## DEFINICION

Descrita originalmente por Aranda-Labarthe en 1977, separándola en tres unidades que son una Brecha Tobácea Basáltica (BvB), Toba basáltica (TvB) y Basalto (B). Labarthe-Tristán proponen formalmente en 1982 el nombre de Formación Las Joyas (Qj), dividiéndola en dos miembros: Piroclásticos (Qpj), y Basalto (Qbj).

Miembro # 1 (Qpj): Consiste en una serie de rocas piroclásticas que van desde brechas a tobas de lapilli.

Miembro # 2 (Qbj): Consiste de una basanita de color negro, en general vesicular con textura holocristalina, inequigranular, microporfirítica y pilotaxítica. Cuenta con fenocristales de olivino. La matriz es de microlitos de plagioclasas cálcicas con pigeonita o augita relleno los intersticios entre las plagioclasas.

## DISTRIBUCION

Solamente aflora el miembro # 2 (Qbj), en la parte centro y oriente de la hoja, en la Loma Prieta, el Cerro La Estancia, La Loma Alta y El Cerro Alto.

## LITOLOGIA

La unidad está compuesta por dos tipos de rocas producidas por un volcán, los cuales son un flujo de lava (basalto) y productos piroclásticos.

Los productos piroclásticos están formados por bombas, brechas y tobas de lapilli. Las primeras contienen inclusiones de olivino, nefelina, - - - de colores verdes, negros y blancos. La segunda presenta clastos de todos tamaños de diferentes rocas que fueron arrastrados en el camino y se aprecian colores que van de pardo-rojizo, negro, amarillo y gris, que intemperizan a rojizo-amarillento.

La toba de lapilli adquiere colores iguales a los de las brechas.

El basalto es muy poroso, ligero y de color pardo y negro. Los poros no están comunicados. El Basalto es un flujo de lava producido por un pequeño volcán; el color de intemperismo es negro-gris. La fluidez del basalto produce una cierta pseudoestratificación, con capas de 1 a 2 m. o más de espesor. Está muy fracturada, siendo las fracturas perpendiculares a las capas, estando las fracturas separadas desde unos cuantos centímetros hasta varios metros. Las fracturas no están rellenas por ningún material, lo que le da cierta permeabilidad.

## RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Sobreyace irregularmente a las distintas Formaciones del área, y sólo en algunos sitios está cubierta por material aluvial.

## EDAD

Dado que en algunos sitios sobreyace a conglomerados pleistocénicos y a restos fósiles probablemente de un mamut, encontrados por Labarthe-Tristán (1982), se le ha asignado una edad del Pleistoceno-Reciente.

V.1.k

## Sedimentos Cuaternarios

## ALUVION (Qal)

Se encuentran estos materiales ampliamente distribuidos en toda la región, - predominando en los valles de Cruces y de Arista alcanzando en éste último espesores de más de 200 m. ya que se trata de un graben rellenado por materiales de acarreo tanto del Terciario Superior, como del Cuaternario (Pleistoceno).

Los materiales consisten de suelos residuales, gravas, arenas, limos y arcillas, que rellenan también las vegas de los ríos y arroyos importantes de la zona.

Sobreyacen discordantemente a todas las rocas de la región.

## CONGLOMERADO (Qcg)

Localizados al oriente del área, están constituidos en general por fragmentos de calizas, areniscas, pedernal y rocas volcánicas en una matriz calcárea - con una mala clasificación y poca consolidación, los fragmentos son redondeados a subredondeados variando su tamaño, de espesores variables y cubren discordantemente a las rocas de la región.

V.2

## GEOLOGIA ESTRUCTURAL

V2.a

## Descripción de Estructuras

## ANTICLINORIOS:

## ANTICLINORIO DE SANTA CATARINA.

Se encuentra localizado al oeste de la población de Moctezuma; es una estructura de aproximadamente 9 kilómetros de largo por 7 Km. de ancho, aunque de forma irregular.

Presenta un rumbo general de orientación norte-sur formando estructuras menores de segundo orden, tales como pliegues anticlinales y sinclinales recumbentes, igualmente presenta algunas estructuras simétricas y otras que se abren en abanico, el plegamiento tan intenso ha provocado formas de tercer orden evidencias por cabalgamientos pequeños muy locales, los cuales no son cartografiables; igualmente se tienen pliegues en chevrón distribuidos principalmente en las Formaciones La Peña y Cuesta del cura.

Las unidades aflorantes en este Anticlinorio son: Formación La Peña, Formación Cuesta del Cura y Formación Indidura, asimismo limitando la porción noroccidental se tiene a la Formación Cuesta del Cura y del lado este a la Formación Indidura, cubierta en parte por la Formación Cenicera. El lado suroccidental limita con el poblado llamado El Pedernal y está bordeado por la Formación Cenicera, siendo en la porción suroccidental donde la estructura se comporta como un sinclinal, presentando echados de suave intensidad; en la porción occidental se vuelve más compleja presentando evidencias de cabalgamiento (Cuesta del Cura sobre Indidura) aunque sólo es evidente en el campo, debido a la pequeña escala de los pliegues y fallas.

Se logra observar en algunos sitios y localmente a la Formación Indidura coronando la secuencia sedimentaria del Cretácico y situada a media pendiente de las serranías, en ocasiones formando pequeños sinclinales y acuñándose debido a la erosión; en los lechos de los arroyos la Formación La Peña forma pliegues anticlinales, constituyendo formas invertidas.

#### ANTICLINORIO DE SAN ANTONIO DEL RUL

Localizada al occidente del poblado de San Antonio del Rul, con aproximadamente 5 kilómetros de longitud por 3 kilómetros de ancho, se encuentra una estructura que está constituida por una serie de anticlinales buzantes al oeste, la cual está limitada a sus lados por fallas de tipo normal, las que le dan una apariencia general de orientación noroeste-sureste. En el lado oriente de esta estructura, el fallamiento causa la impresión de ser una serie de escalones, dejando terrazas de relativa extensión, constituyéndose, en este anticlinorio, un pilar tectónico.

Dentro de esta misma estructura y debido al intenso plegamiento, se encuentran alforando la Formación La Peña y la Formación Cuesta del Cura, como una serie de franjas que en ocasiones no se pueden cartografiar, debido a la escala de trabajo, motivo por el cual no se presentan contactos definidos entre ambas formaciones y se prefirió considerar a toda esta unidad como una sola denominada Kip-Kscc.

La porción occidental de este anticlinorio se encuentra cubierto por el aluvión que no deja observar el comportamiento de la estructura; al oriente se encuentra limitada por la Formación Cenicera, que cubre discordantemente

a la unidad Kip-Kscc, quedando descubierto la Formación Indidura y presentando una serie de plegamientos de menor escala, al igual que la Formación Caracol.

Estas últimas unidades litológicas forman lomeríos de pequeña expresión con pendientes bisecadas por pequeños arroyos.

#### FRACTURAMIENTO

Las estructuras mencionadas anteriormente se encuentran sumamente afectadas por los diversos eventos tectónicos, dando como resultado una serie de fracturas y fallas predominantemente normales, en ocasiones, estas presentan una extensión bastante grande. (hasta 5 Km.)

Existe otro tipo de fallas que son de tipo inverso, pocas de ellas son cartografiables y algunas están cubiertas por el mismo paquete sedimentario. De manera similar, la porción media sur del área de estudio se encuentra enmascarada por rocas volcánicas extrusivas, que cubren a la secuencia Cretácica y Terciaria sedimentaria. Estas unidades se encuentran sumamente fracturadas y falladas.

Las estructuras podrían ser producto de esfuerzos de tensión, o bien resultado del enfriamiento y compactación de la roca, las fracturas afectan principalmente a la llamada Latita Portezuelo, Riolita Panalillo y Dacita Jacavaquero, observándose dichas fracturas en la mayor parte de la gran extensión aflorante de estas unidades. Asimismo, la Andesita Casita Blanca se encuentra sumamente fracturada y en algunas partes como en el Arroyo El Becerro al poniente del Poblado de Ancón, se pueden marcar pequeñas deformaciones, que presentan dificultad para su representación cartográfica; ocasionalmente ocurren fracturas en las riolitas así como deformación, en ambos casos tienen un comportamiento similar al observado en las otras unidades volcánicas antes mencionadas.

#### GRABENS

En el área de estudio, tanto al poniente como al oriente se encuentran localizados valles cubiertos por aluvión, que de acuerdo a estudios realizados anteriormente se comportan como grabens, siendo muy claro sobre todo el del Valle de Arista.

## GRABEN DE ARISTA

Está localizado al este del área y se encuentra limitado por fallas de tipo normal que pasan al este del poblado de Moctezuma, presumiblemente resultado del basculamiento post-orogénico del Mioceno-Plioceno, "tiene unos 22 Km. de ancho..... su rumbo es N 10°W y está relleno en su parte central por un espesor de más de 300 m. de gravas, arenas, limos y arcillas; cerca de su límite oeste, el relleno consiste del miembro inferior de la riolita Panalillo". (Labarthe op.cit.). Llega hasta las inmediaciones de Charcas, al norte; al sur llega hasta Cerritos de Zavala. De norte a sur se comporta como una cuenca, localizándose tal vez su mayor depresión en el Valle de Arista, compuesta en partes por sedimentos compactados, impermeables y en otras por sedimentos permeables. Posiblemente en partes está rellena con material volcánico.

## GRABEN DEL VALLE DE CRUCES

Situado al poniente de la región estudiada, se localiza una extensa área perteneciente a la Cuenca Hidrológica de El Salado, denominada Valle de Cruces, esta unidad morfológica tiene alturas medias de 2500 m.s.n.m., en algunas partes muestra pequeños afloramientos que hacen pensar en un bloque hundido con algunas crestas ligeramente aflorantes ya que al sur se encuentra limitada por altos compuestos de material volcánico -Latita Portezuelo- en cuyas inmediaciones se marcan fallas normales anulares o semianulares. Al oriente está limitado por el Anticlinorio de Santa Catarina y al norte se extiende hasta las cercanías del Potrero la Piedra.

Este valle presenta un sistema de drenaje que va hacia las zonas topográficas más bajas y que se encuentran localizadas en las cercanías de los poblados de San Ignacio y Juárez, además de Santa Gertrudis, localidades que pueden resultar importantes para realizar prospección hidrológica, aunque debe de hacerse notar que las zonas topográficas más bajas se ubican al oriente, donde se encuentran el Anticlinorio de Santa Catarina y el Valle de Arista.



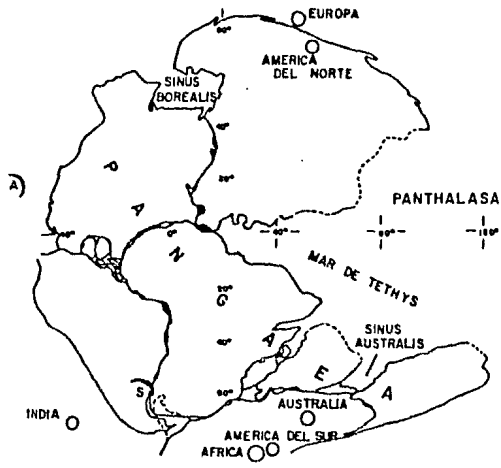
La actual mesa central ha sufrido varios eventos tectónicos desde el final del Paleozoico, en que ocurre la orogenia Apalachiana. La cuenca mesozoica del centro de México se desarrolló en la Mesa Central y parte de la Sierra Madre Oriental (S.M.O.) y ha sido considerada por numerosos autores como un geosinclinal en el que se han acumulado grandes espesores de sedimentos afectados por varios eventos orogénicos. Se encuentra limitada al oriente por la plataforma mesozoica de Valles San Luis Potosí, al poniente por el complejo ígneo de la Sierra Madre Occidental, al norte por los plegamientos de la S.M.O. y al sur por el eje neovolcánico, cubriendo un área aproximada de 70,000 Km<sup>2</sup>, abarcando la porción poniente del Estado de San Luis Potosí, la porción media oriental del Estado de Zacatecas, el Estado de Aguascalientes y parte de los Estados de Guanajuato y Querétaro.

Dado que son escasos los afloramientos del basamento Precámbrico y Paleozoico, no se han podido esclarecer totalmente sus características. Sobre este basamento evolucionó la amplia secuencia mesozoica del oriente de México. Los cinturones que contornan el basamento deben haber sido fuertemente dislocados por los movimientos verticales y laterales de la orogenia Permo-Triásica, que resulta de la colisión entre las placas norteamericana, africana y sudamericana. Estos movimientos tectónicos prepararon la distribución paleogeográfica de cuencas y plataformas que controlarían la sedimentación y las deformaciones laramídicas de finales del Mesozoico, y marcan el inicio de la disgregación del supercontinente denominado Pangaea. (fig. 5.1).

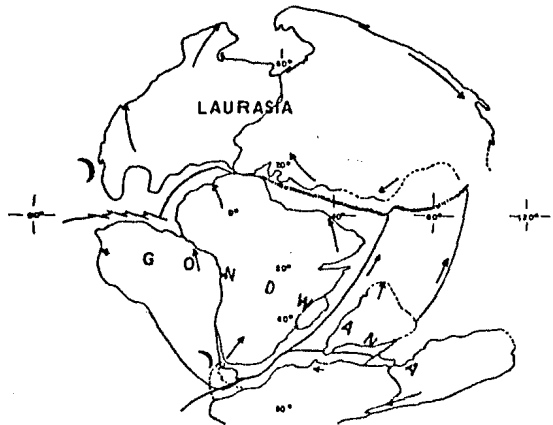
Debido a la semejanza que han encontrado muchos autores en las rocas de los afloramientos paleozoicos de la S.M.O. y el cinturón Ouachita del SE de Estados Unidos de América, se considera a esos afloramientos como la prolongación del aquel cinturón, constituido en la segunda mitad del Paleozoico como consecuencia del cierre del Océano Proto-atlántico. (fig. 5.2).

Durante el Triásico se desarrolla en ésta porción del país una tectónica distensiva (Tafrogénesis) que dió lugar a la formación de fosas y rellenos importantes de sedimentos continentales (molasse). A fines de este período y durante el Jurásico se inicia la separación de la placa norteamericana de la africana y sudamericana, produciéndose la apertura del Atlántico y el Golfo de México, así como la migración de Norteamérica al NW, instaurándose dos

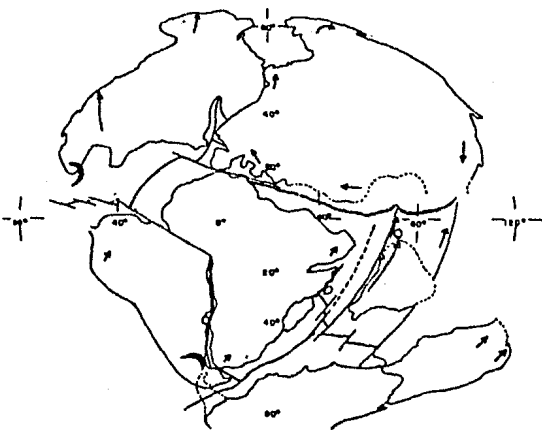
## LA DISGREGACION DEL PANGAEA



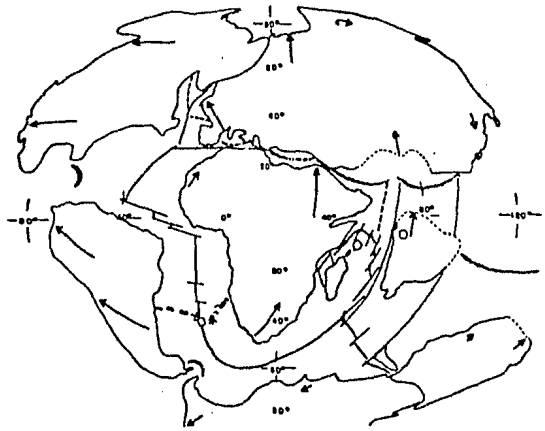
A) EL PANGAEA HACE 200 m. a.



B) DISTRIBUCION HACE 180 m. a.



C) DISTRIBUCION HACE 130 m. a.



D) DISTRIBUCION HACE 65 m. a.

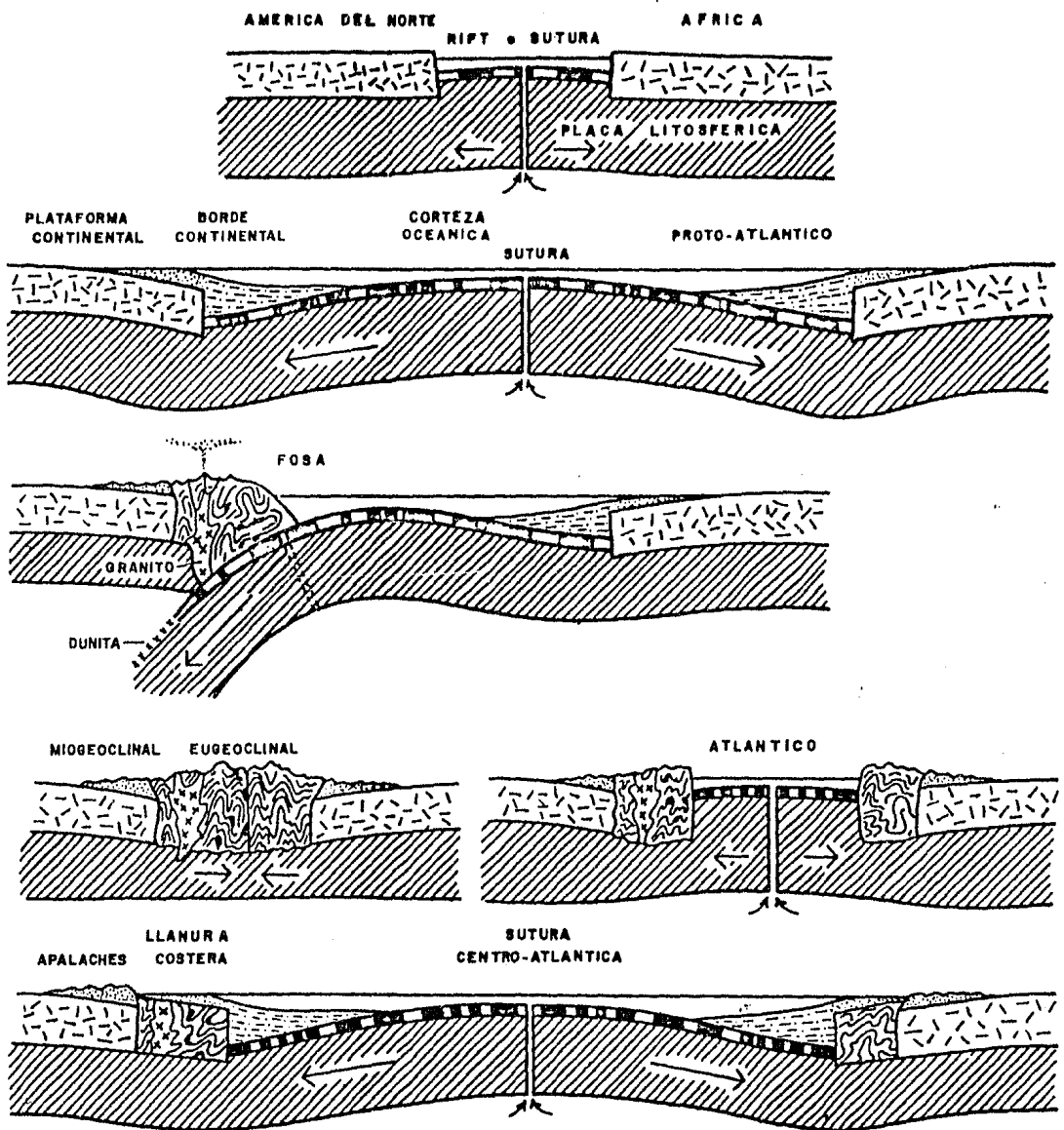
fig. 5.1

TOMADO DE DIETZ Y HOLDEN, 1970.

ALEJO V. A., PEREZ, G., SANCHEZ E. F.

TESIS PROFESIONAL

1985



TOMADO DE DIETZ R. S. 1972.

fig. 5.2.- Mecanismo que originó el cinturón plegado de los Apalaches.

dominios importantes, ubicándose el primero en el occidente de México, representado por una margen convergente y una zona de arco magmático de tipo andino, debido al hundimiento de la placa Paleopacífica bajo el continente Americano; el segundo dominio es de tipo geosinclinal en la porción centro oriental de México, donde se individualizaron dos cuencas, el antiguo Golfo de México y la Cuenca del centro de México (Tardy, 1980) separados por la plataforma Valles-San Luis Potosí. Schmidt-Effing (1980) sugiere la posibilidad de que esta parte del país haya evolucionado como un sistema de aulacógeno durante la primera mitad del Mesozoico, originado por la transgresión marina sobre el oriente del país, al tiempo de apertura del Golfo de México, dando lugar a grandes depósitos calcáreos en el marco de una subsidencia intermitente.

Durante el Cretácico Inferior continúa la transgresión marina y a principios del Cretácico Superior ocurre un cambio marcado en el régimen de sedimentación del oriente de México como consecuencia del levantamiento y deformación del dominio occidental por la continuación de la subducción de la placa Paleopacífica bajo la placa Norteamericana. Los sedimentos detríticos provenientes de occidente cubren la secuencia calcárea, alcanzando grandes espesores en las cuencas (como las de Parras y Chicontepec), difundiéndose ampliamente, anunciando la actividad orogénica que afectaría a toda la región.

Coney (1976) sugiere que las deformaciones orogénicas sucedidas a finales del Cretácico y principios del Terciario coinciden con un cambio en el movimiento de las placas Norteamericana y Paleopacífica, subduciendo la segunda a la primera, ahora con mayor velocidad y de manera frontal, provocando intensos plegamientos, fallamientos y cabalgaduras (orogenia Laramide), aumentando la intensidad de los pliegues desde la Mesa Central hacia el este, en donde la Plataforma de Coahuila, la Península de Tamaulipas y la Plataforma de Valles San Luis Potosí actúan como contrafuerte o antepaís. En la cuenca mesozoica del centro de México los plegamientos son controlados principalmente por éste último elemento positivo.

Posteriormente se produce una nueva etapa tafrogénica caracterizada por un relajamiento cortical produciéndose fallamientos en bloques por esfuerzos tensionales, acompañada de intrusiones ígneas y la retirada de los mares hacia el oriente.

En el terciario, la actividad predominante es de tipo ígneo extrusivo, cubriéndose muy amplias zonas en todo el Altiplano Mexicano.

## V.3

## GEOLOGIA HISTORICA

En el área de estudio las rocas más antiguas aflorantes, corresponden a la Formación La Peña del Aptiano, aunque en el contexto general de la Mesa Central se encuentran numerosos afloramientos inclusive de secuencias metamórficas que pueden corresponder al Paleozoico tardío o al Triásico, que fueron afectadas por la orogenia Permo-Triásica que las hizo emerger. Este tipo de afloramientos se encuentran entre otros, en Caopas, Zacatecas y Guanajuato.

En Zacatecas, Charcas y San Luis Potosí, se encuentran sobreyaciendo a la secuencia metamórfica rocas sedimentarias marinas (F. Zacatecas), parcialmente metamorfizadas, conteniendo fósiles del Triásico Superior -Cárnico- (Burckhardt, 1930), debido a una transgresión en toda la cuenca mesozoica del centro de México.

A fines del Triásico y principios del Jurásico emerge la cuenca mesozoica continuando una historia continental con sedimentación de capas rojas, a excepción de la región del Anticlinorio de Huayacocotla donde avanzan los mares, propiciando la sedimentación marina de una secuencia arcillo-arenosa denominada por Carrillo Bravo (1971) como Cuenca Liásica de Huayacocotla, deformándose a finales del Jurásico inferior, continuando luego el predominio, en la región, de la sedimentación continental.

Una nueva transgresión marina durante el Oxfordiano propicia el depósito de sedimentos de tipo plataforma de la Formación Zuloaga; debido a la poca profundidad del fondo, en gran parte de la cuenca mesozoica esta transgresión está marcada por el depósito inicial de los Yesos Minas Viejas que indican aguas someras con fuerte evaporación, siendo muy importante el papel que jugarían estos yesos en las deformaciones orogénicas de finales del Mesozoico.

Durante el Jurásico superior se generaliza en todo el norte y NE de México la transgresión, cambiando las condiciones ambientales, aumentando el aporte de terrígenos con el depósito de la Formación La Caja, con lo que propiamente se forma la Cuenca Mesozoica del Centro de México. Tardy (1980)

relacionó esta transgresión con la apertura occidental del Mar de Tethys durante la disgregación del Pangaea. De esta forma, quedan definidos en el Jurásico Superior los principales elementos paleogeográficos que habrían de controlar la sedimentación y las deformaciones tectónicas posteriores, siendo los elementos principales en esta zona la Cuenca Mesozoica de México o Geosinclinal Mexicano, la Plataforma Valles-San Luis Potosí, la Península o Isla de Coahuila, la Península o Archipiélago de Tamaulipas y el antiguo Golfo de México.

Durante el Cretácico inferior y medio aumenta la profundidad de la cuenca y ocurren depósitos de mar abierto como son las Formaciones Taraises, Tamaulipas inferior y La Peña; sobre la Plataforma Valles-San Luis Potosí se deposita la secuencia evaporítica de la Formación Guaxcamá. En el Albiano se generaliza una transgresión marina que cubre los últimos elementos positivos. En el perímetro de la Plataforma Valles-San Luis Potosí se desarrolla una franja arrecifal flanqueada por depósitos pre y postarrecifales que componen el conjunto denominado Formación El Abra, así como en las Plataformas de Coahuila y El Burro, las Formaciones Aurora y Cuesta del Cura.

Al iniciar el Cretácico superior se incrementa el aporte de sedimentos arcillosos provenientes de occidente, debido al levantamiento asociado a actividad volcánica y plutónica, retirándose los mares paulatinamente hacia el oriente, depositándose las Formaciones Indidura (Turoniano), Caracol (Coniaciano Maestrichtiano), Lutita Parras (Santoniano) y Difunta (Campaniano-Maestrichtiano). Estos depósitos de tipo flysch de las formaciones Caracol, Difunta y Parras representan las primeras manifestaciones de la actividad orogénica de los inicios del Cenozoico.

Hacia fines del Cretácico, toda la región se ve fuertemente perturbada por los efectos de la Orogenia Laramide, la cual plegó y deformó el potente paquete sedimentario mesozoico, retirándose los mares hacia el oriente y efectuándose la intrusión en varias zonas, de cuerpos graníticos y granodioríticos como el de La Tesorera, Peñón Blanco y Ramos. De hecho, comienza la edificación de la S.M.O. y se inicia la historia continental de gran parte de este sector del país.

En el período de máxima deformación (Eoceno-Oligoceno) se inician los depósitos conglomeráticos de tipo molassa de la Formación Ahuichila y conglomerado rojo de Guanajuato, que son correlacionables con la Formación Cenicera

(Labarthe-Tristán, 1982) en la zona de Moctezuma, siendo derivados de la denudación de las formaciones mesozoicas plegadas.

A partir del Eoceno, el Altiplano Mexicano se ve afectado por actividad ígnea de tipo extrusivo y fallamiento en bloques, siendo la actividad volcánica representada por lavas y cenizas de composición ácida predominante, cesando ésta por un largo período en que se depositaron los conglomerados de los flancos de las sierras, hasta aparecer el último evento volcánico en el que predomina la emisión de magmas basálticos cuaternarios.

Finalmente a partir del Cuaternario predominan los procesos erosivos, produciendo el depósito de gravas, arenas, limos y arcillas formando abanicos aluviales y rellenando los valles y vegas de los ríos principales.

**CAPITULO VI**  
**HIDROGEOLOGIA**



## VI.

## HIDROGEOLOGIA

## VI.1

## CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

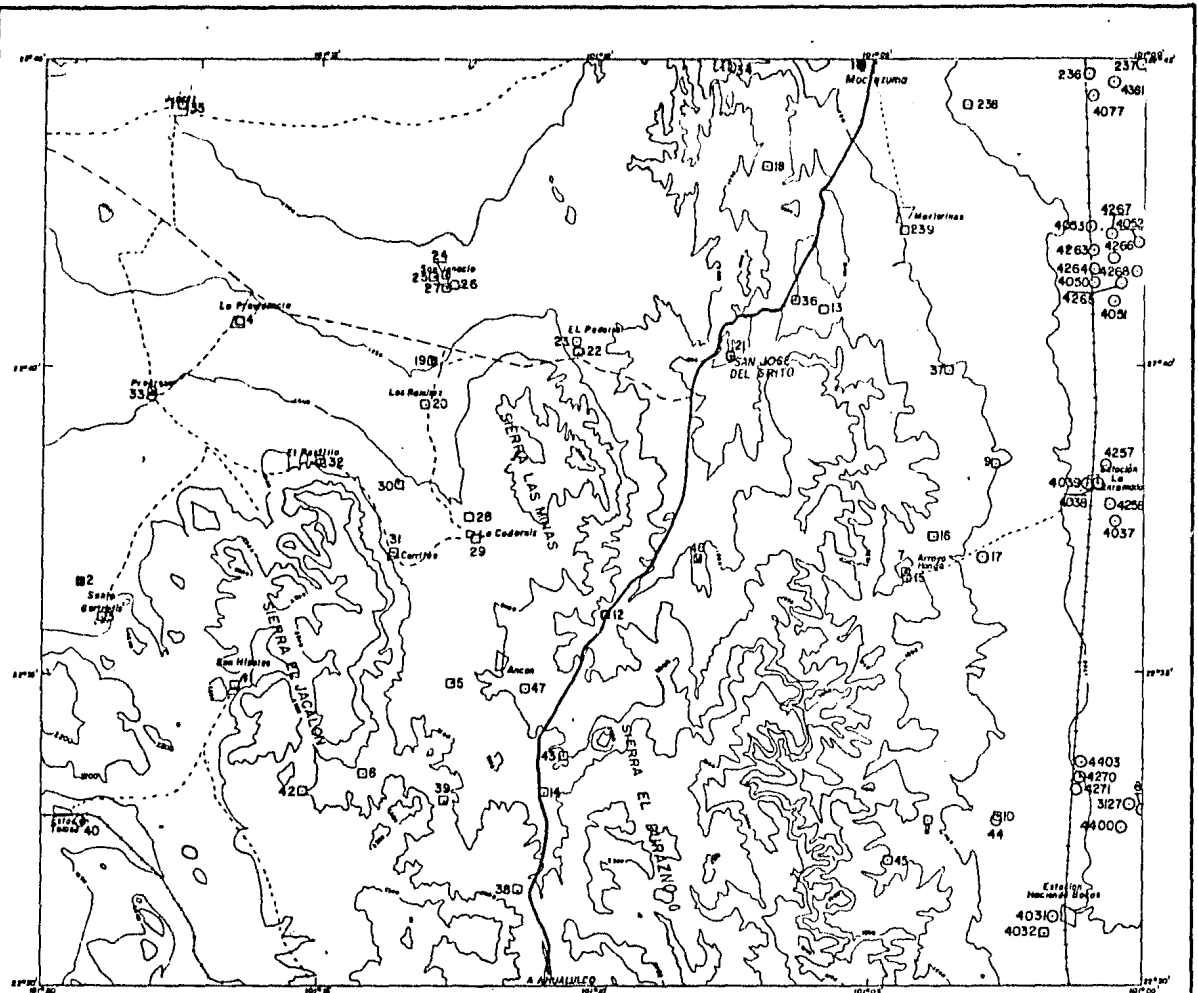
En todo estudio hidrogeológico, debe de realizarse un censo de los aprovechamientos hidráulicos existentes en el área, ya que el levantamiento y ubicación de las obras permitirá conocer las condiciones y características de la extracción de él o los acuíferos existentes, de igual manera es posible obtener datos de los niveles piezométricos; los cuales referidos al nivel medio del mar, determinarán direcciones de flujo, distribución cualitativa de la permeabilidad y zonas de sobreexplotación, así como planear la distribución del muestreo de agua subterránea.

Durante los recorridos realizados en la zona de estudio se censaron las obras existentes, para lo cual se llevaban formatos realizados ex-profeso, donde se mencionan las principales particularidades de estas obras cuyo resumen se presenta en la tabla VI.1. Al mismo tiempo que se censaban las obras, se ubicaron en fotografías aéreas y en el plano topográfico de la hoja Moctezuma, para su posterior vaciado en el plano final (figura 6.1).

En el área se censaron un total de 75 aprovechamientos de entre los cuales se cuentan 31 pozos, 39 norias, 4 manantiales y 1 galería filtrante. De todas las obras sólo 4 pozos se encuentran inactivos, en tanto que las demás son obras activas, así se tiene que 21 pozos, 2 norias, 1 manantial y la galería filtrante están equipados con bomba y/o motor para la extracción de agua, existiendo diversos equipos, desde los de combustión interna hasta equipos eléctricos, siendo la principal explotación pro medios manuales.

Como se observa de la tabla VI.1, el principal uso que se hace del recurso, es el de satisfacer las necesidades primordiales de los habitantes de la región en uso doméstico, las demás como abrevadero y sólo unas cuantas se utilizan para riego, los cuáles son norias o pozos equipados con bomba, que facilita la extracción del producto.

Debe hacerse notar que la mayoría de las obras se encuentran ubicadas sobre materiales aluviales del Reciente, aunque algunas otras se presentan localizadas en aluviones del Terciario.



LEYENDA

- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- - - TERRACERIA
- · · · · CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.C.C.
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA
- MANANTIAL
- ⊗ GALERIA FILTRANTE

FACULTAD DE INGENIERIA		
U N A M	TESIS PROFESIONAL	
	LOCALIZACION DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS	
	ALEJO V.A, PEREZ G., SANCHEZ F.	
ESCALA 1:100,000	MEXICO DF 1988	FIGURA. 0.1.

## VI.2

## UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Durante la etapa de campo se observaron las características físicas de las rocas expuestas tales como porosidad, fracturamiento, grado de intemperismo, disolución, etc., con el fin de determinar su relación con la infiltración, la recarga y descarga de los acuíferos, así como la influencia que ejerce la pendiente del terreno, el tipo de suelo y la vegetación. Las características anteriores permitieron agrupar a las rocas en Unidades Hidrogeológicas, partiendo de su capacidad para almacenar y permitir el flujo del agua subterránea, y fueron clasificados como acuíferos, acuitardos y acuífugos.

## VI.2.a

## Acuíferos

Esta unidad queda constituida por materiales no consolidados como son las gravas, y arenas principalmente, que rellenan los Valles de Arista y de Cruces. El espesor de los materiales granulares puede ser de más de 400 metros en el Valle de Arista, en tanto que en el Valle de Cruces varía de 5 a 20 m. aproximadamente.

Debido a la granulometría de sus componentes y el arreglo de los mismos esta unidad posee una alta porosidad y permeabilidad que se refleja en su capacidad para almacenar y ceder agua. Esto está corroborado por la cantidad de pozos y norias emplazados en estos materiales.

Se hace notar que debido al intenso plegamiento y fracturamiento que ha ocurrido en la región en las rocas carbonatadas principalmente, la Formación Cuesta del Cura (Kscc) puede presentar a profundidad, posibilidades de almacenar y transmitir agua por fracturamiento o disolución (carsticidad), ya que una galería en esta formación fue inundada, después de haber sido vaciada, en un tiempo aproximado de 9 horas.

## VI.2.b

## Acuitardo o Acuícludo

Esta unidad se encuentra constituida por formaciones de baja permeabilidad que pueden permitir el paso del agua, pero a una velocidad de flujo muy baja, por lo que dificulta su circulación y por tanto su explotación.

En el área esta unidad está representada por la presencia de limos, arenas y arcillas de la Formación Cenicera, que se encuentra poco consolidada y plegada, y en la que se encontraron algunos "lloraderos" o manantiales con un gasto prácticamente nulo.

#### VI.2.c

#### Acuífugo

En esta unidad se agrupan a aquellas formaciones de rocas que no permiten el almacenamiento o flujo de agua subterránea. La forman la mayoría de las rocas ígneas y sedimentarias aflorantes. Aunque es importante mencionar que, en función de su grado de fracturamiento, pueden actuar como acuitardos e incluso como acuíferos, dependiendo de su ubicación topográfica.

Las formaciones ígneas son: La Andesita Casita Blanca, Dacita Jacavaquero, Latita Portezuelo, Riolita Panalillo y el Basalto Las Joyas. Las formaciones sedimentarias incluyen a la Formación La Peña, Formación Cuesta del Cura, Formación Indidura y Formación Caracol.

#### VI.3

#### MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

El objeto de este modelo es representar de manera sencilla la dinámica cualitativa de el agua en el sistema hidrogeológico que se presenta en la zona de estudio.

De acuerdo con Ortega (1980), una representación general de la interacción y retroalimentación existente entre el sistema hidrogeológico y el ambiente superficial y subterráneo, es la que se muestra en la figura 6.2, y donde intervienen factores atmosféricos, de la litósfera y de la hidrósfera, como lo son la precipitación (P), evaporación (E), transpiración (T), extracción de agua por medios humanos (H), agua que retorna al océano (Ro), adición de agua juvenil (M). Las características geológicas superficiales y su continuidad en el subsuelo son factores limitantes muy importantes para el funcionamiento del modelo.

Si se considera que el sistema hidrogeológico está relacionado e interactuando con otros sistemas, es posible dividirlo en dos subsistemas, uno superficial y otro subterráneo interactuando entre sí. figura 6.3

## ABSTRACCION DEL CICLO HIDROLOGICO

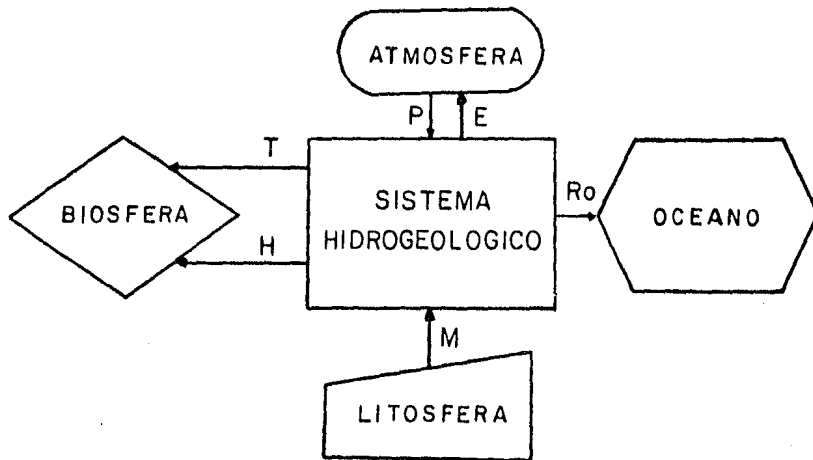


FIGURA. 6.2

## SUBSISTEMAS HIDROGEOLOGICOS

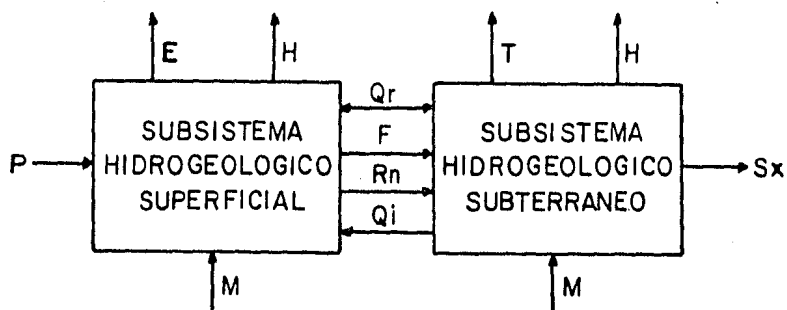


FIGURA. 6.3

Los factores fundamentales que controlan la dinámica del agua superficial y subterránea en el sistema son las unidades litológicas, y su posición estructural relacionadas con la evolución geológica de la región, a su vez la interrelación de éstos factores determinan la geometría del sistema, además del comportamiento hidrológico de las unidades rocosas.

En base a la información de los capítulos precedentes y considerando las características geológicas del área, se puede concluir que el funcionamiento hidrogeológico es el siguiente.

El agua, al precipitarse tiene un desplazamiento superficial limitado, ya que la mayor parte se infiltra a través de las fracturas del paquete rocoso tanto volcánico como sedimentario y otra parte fluye por arroyos que bajan de las sierras hacia los valles, debido a la proximidad de rocas sedimentarias e ígneas sanas e impermeables, en donde rápidamente se infiltra al llegar a los medios granulares.

El agua que se infiltra a través del fracturamiento en las sierras fluye subterráneamente siguiendo un sistema preferencial de fracturas, contribuyendo a la recarga del acuífero que se ubica en el Valle de Arista, aunque el aporte a través de éste medio es muy bajo dada la gran evaporación existente y la poca precipitación en la región. En ocasiones, debido a cambios litológicos y de permeabilidad locales, el agua puede emerger en forma de manantiales.

Una parte del agua precipitada cae directamente sobre los valles, infiltrándose una parte rápidamente y otra formando corrientes intermitentes que duran sólo en la época de lluvias, misma que es restringida.

En los Valles de Arista y de Cruces se acumula el agua en los medios granulares, formados por gravas, arenas, arcillas y conglomerados poco cementados, moviéndose lentamente hacia el primer valle, que se encuentra más bajo topográficamente, como se muestra en las configuraciones de los aniones y cationes presentados en el capítulo VII.

Finalmente el agua subterránea del Valle de Arista fluye hacia el oriente, saliendo del sistema.

Se observa que al tratarse de un clima semidesértico, hay una baja precipitación combinada con una alta evaporación, siendo poco factible que pueda recargarse el acuífero localizado en el medio granular de manera continua por medio de las lluvias o por el aporte de agua a partir de otros sistemas hidrológicos adyacentes, ya que el flujo es muy lento y bajo, por lo que se considera que el agua que está siendo explotada se ha acumulado a lo largo del tiempo, y la que se obtiene es parte de la reserva del acuífero, por lo que es importante racionalizar su explotación.

## CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Aprovechamiento		Propietario	Localidad	Municipio	Formacion o Material	Nivel		Prof. Total mts.	Condiciones		Gasto L.P.S.	Equipo			Uso			Datos adicionales		P.H.
No.	Tipo					Este Lico.	Otro Lico.		A	I		E	C	S/g	R	A/p	AB	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	
																	Ambiente	Agua		
1	M	D.I.F.	MOCTEZUMA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X			X		X						N
2	M	STA. GERTRUDIS	EL OJO DE AGUA	PINOS, ZAC.	AL. RECIENTE	2.0			X		40		X	X			26°	15°		N
3	N	STA. GERTRUDIS	NORIA STA. GERT.	PINOS, ZAC.	AL. RECIENTE	13.0			X				X	X			32°	18°		N
4	N	COMUNIDAD	PROVIDENCIA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	20.6			X				X	X			33°	18°		N
5	N	COMUNIDAD	ARROYO EL BECERRO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	17.5			X				X	X			29°	20°		N
6	N	COMUNIDAD	ARROYO EL BECERRO II	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	2.5			X				X	X			32°	16°		
7	N	COMUNIDAD	ARROYO HONDO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	41.2			X				X	X			33°	20°		
8	P	JOSE ROBLEDO Z.	RCHO. LOURDES	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	37.0		240.0	X		64		X	X			31°	21°		
9	N		ESTANCITA-BOCAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	9.0		9.0	X				X	X			33°	20°		
10	N		EL MEZQUITAL I-B	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	11.0		12.0	X				X	X	X		41°	22°		
11	N	COMUNIDAD	MACARENOS-GUARACHA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	7.0			X				X	X	X		40°	22°		
12	N	COMUNIDAD	PRESITAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	5.0			X				X	X	X		33°	20°		
13	N	COMUNIDAD	LA PRESA (TANQUE)	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	22.5			X				X	X						
14	M	COMUNIDAD	PUESTO LOS DUQUES	AHUALULCO	AL. RECIENTE	2.6			X				X	X						
15	N	COMUNIDAD	ARROYO HONDO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	39.5			X				X	X	X		33°	17°		N
16	N	COMUNIDAD	LA CUEVA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	51.0			X				X	X	X		31°	21°		N
17	P	COMUNIDAD	POTRERO S. FRANCISCO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	56.3			X				X	X						N
18	N	COMUNIDAD	HORADOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	21.0		27.0	X				X	X			31°	21°		N
19	N	CARLOS RAMIREZ	LOS RAMIREZ NUBIA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	14.55		19.55	X				X	X	X					20° N
20	N	LOS RAMIREZ	LOS RAMIREZ ABAJO	MOCTEZUMA	AL. TERCARIO	20.0		22.0	X				X	X						19.5° N
21	N	COMUNIDAD	S. JOSE DEL GRITO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	16.8		18.1	X				X	X	X					20° N
22	N	COMUNIDAD	EL PEDERNAL	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	12.10		20.0	X				X	X						20° N
23	N	COMUNIDAD	EL PEDERNAL	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	10.85		11.50	X				X	X						18° B
24	N	VENANCIA AGUILAR	SAN IGNACIO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	11.5		13.0	X				X	X	X		20°	18°		N
25	P	LEYVA TIBURCIA	S. IGNACIO-TOMATES	AHUALULCO	AL. RECIENTE	15.0		27.0	X				X	X	X					21° N

S. S. S. S. S.

TABLA VI.

TOTAL PROVISIONAL.

ALDO M. PARRA O., GARCIA S.



## CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Aprovechamiento		Propietario	Localidad	Municipio	Formacion o Material	Nivel MIA		Prof. Total mts.	Condicion		Gasto L.P.S.	Equipo			Uso			Datos adicionales	
No.	Tipo					Estadístico	Dinámico		A	I		E	C	S <sub>e</sub>	R	A <sub>p</sub>	AB	Temperatura (°C)	P.H.
															Ambiente	Agua			
26	N	ADELAIDA LUCA B.	SAN IGNACIO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	15.0		15.30	X				X	X		18°	N		
27	N	CIRIACO MARTINEZ	SAN IGNACIO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	10.5			X				X	X	X	18°	N		
28	N	EJIDO	LA CODORNIZ	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	10.0		16.0	X				X	X		18°	N		
29	N	EJIDO	LA CODORNIZ-ESCUELA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	12.6			X				X	X	X	18°	N		
30	N	EJIDO	EL NOVILLO	MOCTEZUMA	AL. Terciario	15.0			X				X	X	X	17°	N		
31	N	COMUNIDAD	CERRITOS	AHUALULCO	AL. Terciario	11.0			X				X	X	X	18°	B		
32	M	EJIDO	LOS TOMATES	AHUALULCO	AL. Terciario				X				X	X		39°	30°	..	
33	N	COMUNIDAD	COLONIA PROGRESO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	12.2			X				X	X	X	20°	N		
34	N	COMUNIDAD	STA. CATARINA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	15.0			X				X	X	X	21°	N		
35	N	COMUNIDAD	RANCHERIA JUAREZ	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	15.0			X				X	X	X	18°	B		
36	N	COMUNIDAD	LA PRESA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	20.8			X				X	X	X	21°	N		
37	N	COMUNIDAD	EL COLORADO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	45.3		50.0	X				X	X	X	25°	B		
38	N	COMUNIDAD	RCON. DE YERBA BUENA	AHUALULCO	AL. Terciario	7.2			X				X	X		30°	19°	B	
39	N	COMUNIDAD	CASITA BLANCA	AHUALULCO	AL. RECIENTE	13.15			X				X	X	X	25°	20°	N	
40	P	PARTICULAR	ESTACION TOLOSA	FINOS, ZAC.	AL. RECIENTE	12.4			X				X		X	27°	19°	N	
41	N	PARTICULAR	SAN NICOLAS	AHUALULCO	AL. RECIENTE	12.7			X				X	X	X	25°	18°	N	
42	N	COMUNIDAD	LA TROJE-SAN NICOLAS	AHUALULCO	AL. RECIENTE	3.0			X				X		X	20°	N		
43	N	COMUNIDAD	LA ADUANA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	6.4			X				X		X	29°	19°	N	
44	P	COMUNIDAD	EL MEZQUITAL-2-B	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	46.3		112.0	X						X	44°	21°	N	
45	N	COMUNIDAD	LA SAUCEDA-BOCAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	2.4			X				X	X	X				
46	G.P.	COMUNIDAD	MAL PASO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	9.0		12.0	X		8.00		X						
47	P		AL ANCON	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	16.0		126.0	X					X	X				
236	P	ALBERTO GALIS C.	LA JOYA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	50.0		200.0	X		17.00	X		X					
237	P	RAFAEL SOZA		MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	51.20			X		35.00	X		X					
238	N	DELFINO RODRIGUEZ	LABOR VIEJA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	26.7		27.70	X				X	X	X				

S.R.A.M. S.I.

TABLA VI. I.

TÉCNICO PROFESIONAL.

ALBERTO GALIS C., PEREZ D., GARCERAN GZ.

## CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Aprovechamiento		Propietario	Localidad	Municipio	Formacion o Material	Nivel		Prof. Total mts.	Condicion		Gasto L.P.S.	Equipo			Uso			Datos adicionales		
						Estático	Dinámico		A	I		E	C	S/E	R	A/p	AB	Temperatura (°C)		P.H.
No.	Tipo																Ambiente	Agua		
239	H	COMUNIDAD	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	22.3			X					X	X					
3127	P	GREGORIO MONSIVALES	RIO BLANCO	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE															
4031	P	JESUS GARCIA	EST. HACIENDA BOCAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	17.85		170.0	X		9.10	X			X					
4032	H	COMUNIDAD	EST. HACIENDA BOCAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	20.90		32.0	X			X			X					
4037	P	S.A.R.H.	LA MANTA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		9.0	X			X					
4038	P	COMUNIDAD	EST. ENRAMADA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		35.0	X		X						
4039	P	COMUNIDAD	EST. ENRAMADA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		9.0	X			X					
4050	P	S.A.R.H. (P-10)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE					X		X			X					
4051	P	S.A.R.H. (P-13)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE					X				X						
4052	P	S.A.R.H. (P-3)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		60.0	X			X					
4053	P	S.A.R.H. (P-9)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X			X			X					
4077	P	FRANCISCO CARDOSO	LAS JOYAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE			200.0	X		43.70	X			X					
4257	P	S.A.R.H. (PIDER)	ENRAMADAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE	19.4				X				X	X					
4258	P		EST. ENRAMADA	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE					X		X			X					
4263	P	S.A.R.H. (P-12)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE			200.0	X		30.0	X			X					
4264	P	S.A.R.H. (P-11)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		14.0	X			X					
4265	P	S.A.R.H. (P-6)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		42.0	X			X					
4266	P	S.A.R.H. (P-7)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE		22.5		X		25.70	X			X					
4267	P	S.A.R.H. (P-8)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X			X			X					
4268	P	S.A.R.H. (P-5)	MORTERILLOS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE		30.0		X			X			X					
4270	P	S.A.R.H. (2)	EJIDO MEZQUITAL	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		30.0		X		X					
4271	P	S.A.R.H. (3)	EJIDO MEZQUITAL	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X		42.0	X			X					
4381	P	FRANCISCO CARDOSO	LAS JOYAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE			200.0	X		42.0	X			X					
4400	P		RCHO. SAN BLAS	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X			X			X					
4403	P	CRUZ MONSIVALS	S. JUAN DE LA CRUZ	MOCTEZUMA	AL. RECIENTE				X				X		X					

S.A.R.H. P.H.

TABLA VII.

FOTOFOTOGRAFIA

ALVARO K.A., PEDRO G., DANIEL G. ET AL.

**CAPITULO VII**  
**HIDROGEOQUIMICA**

## VII.

**HIDROGEOQUIMICA**

El agua que forma los acuíferos proviene de la lluvia, la cual se infiltra y circula en los materiales permeables del subsuelo, al infiltrarse disuelve los componentes inestables sufriendo cambios en su composición química. La mayoría de las sustancias disueltas se presentan en forma iónica, siendo variable la cantidad de sales que aportan los diferentes tipos de rocas, dependiendo de diversos y complejos factores entre los que se encuentran la temperatura del agua y de la roca, transmisibilidad del acuífero, longitud de recorrido, área de contacto del agua con las formaciones geológicas, etc.

Con base en lo anterior es posible inferir la dirección del movimiento del agua subterránea, así como el tipo de rocas por las que circula ya que el agua tiende, en general, a enriquecer su contenido de sales a lo largo de su recorrido desde los sitios de recarga hasta las zonas de descarga.

## VII.1

**ANALISIS FISICO-QUIMICOS**

A las muestras de agua recolectadas en los aprovechamientos, se les efectuó un análisis químico, que incluyó la determinación de los parámetros siguientes.

CALCIO

MAGNESIO

SODIO

BICARBONATOS

SULFATOS

CLORUROS

NITRATOS

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

POTENCIAL HIDROGENO

Los resultados de dichos análisis se muestran en la tabla VII.1.

## VII.2 POSIBLE PROCEDENCIA DE LOS IONES ENCONTRADOS EN LOS ANALISIS

### CATIONES

#### a) Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )

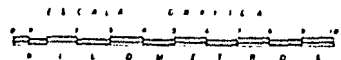
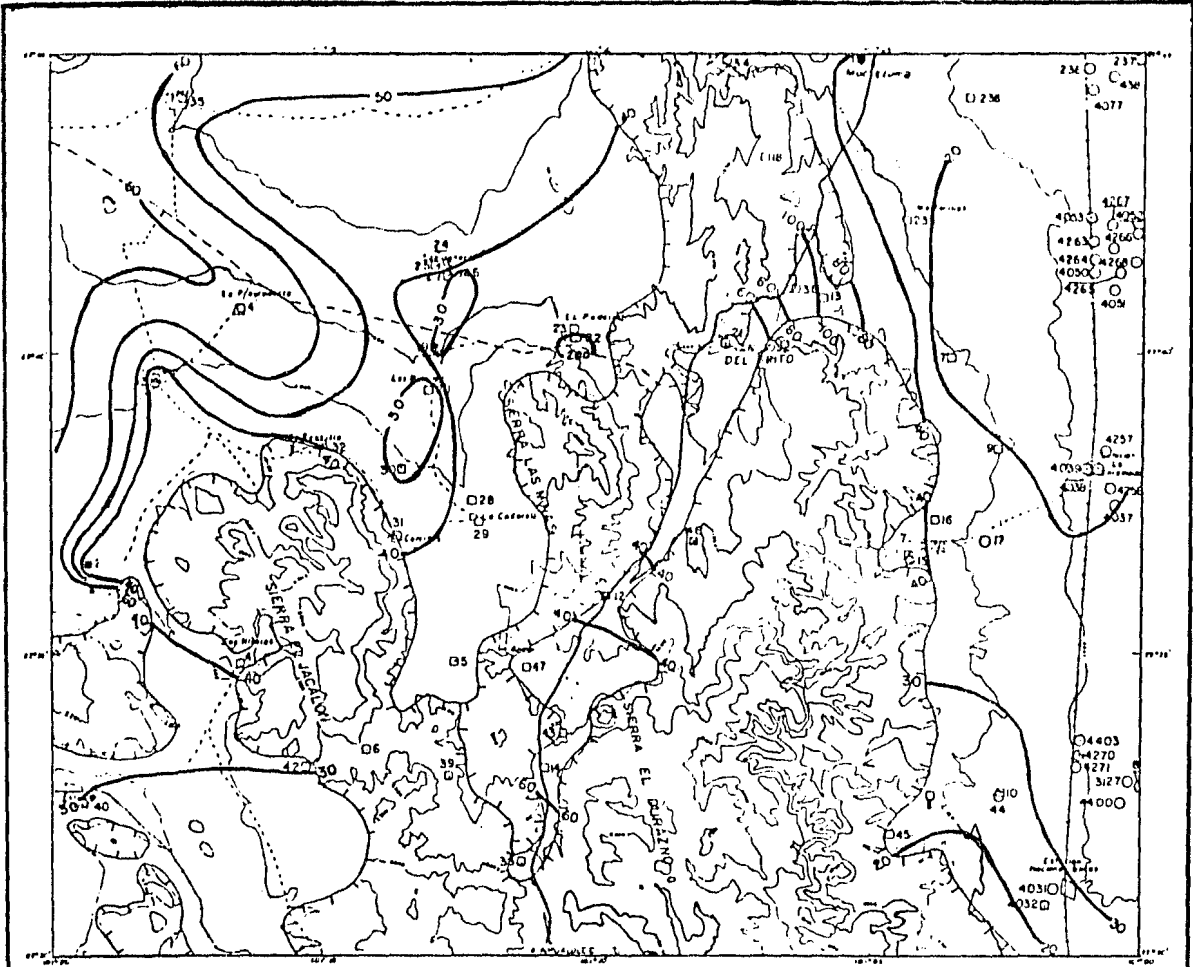
El calcio es un ión divalente de carga positiva que se encuentra formando parte de la mayoría de las rocas que constituyen la corteza terrestre. Por ello es común encontrar a este elemento disuelto en el agua.

Proviene de casi todo tipo de suelos y rocas pero en especial de las calizas, las dolomías, así como de las evaporitas (yeso y anhidrita). De las rocas ígneas, el calcio se libera principalmente de los siguientes minerales: del grupo de los feldespatos, anfíboles, piroxenos, así como de la fluorita, aunque estos constituyen una fuente de poca importancia.

Para el presente trabajo en las muestras analizadas, las concentraciones detectadas se presentan concentraciones mínimas de 8 p.p.m. y máxima de 221 p. p.m., calculándose un promedio tomando en cuenta todas las muestras, el cual resultó de 48 p.p.m. (tabla VII.2). Las curvas de igual contenido de calcio en el medio granular se presentan en el plano 7.2.1.

Los máximos valores quedan ubicados al noreste de San José del Grito, y sureste de Santa Gertrudis, con concentraciones de 112 y 75 p.p.m.; en El Pedernal el aprovechamiento 22 presenta un valor máximo de 221 p.p.m.

Los mínimos valores se ubican al sureste de Morterillos con una concentración de 8 p.p.m., en tanto que en la parte occidental de la hoja Moctezuma se observa que las concentraciones se incrementan desde el flanco de la Sierra Las Minas hacia el Valle de Cruces, con valores del orden de 20 a 80 p.p.m., en tanto que en la parte oriental las concentraciones decrecen en valor de 80 a 20 p.p.m., de los alrededores de Moctezuma y Arroyo Hondo hacia el Valle de Arista.



LEYENDA

- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- TERRACERIA
- CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.C.C.
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- MORIA
- MANANTIAL
- GALERIA FILTRANTE
- 50 CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO EN P.P.M.
- ZONA DE FLUJO SUBTERRANEO EN ROCAS FRACTURADAS

FACULTAD DE INGENIERIA	
UNAM	TESIS PROFESIONAL
	CONCENTRACION DEL ION CALCIO (Ca <sup>2+</sup> ) EN EL MEDIO GRANULAR
	ALEJO V.A, PEREZ G., SANCHEZ F.
ESCALA 1:100,000	MEXICO DF 1985
FIGURA 7.2 I	

En el tramo de la carretera de Ahualulco a Moctezuma hay una disminución hasta la noria 12 de 70 a 37 p.p.m. a partir de donde aumentan los valores de concentración de 40 a 100 p.p.m. hasta llegar al aprovechamiento 36 de donde decrecen los valores hacia el Valle de Arista con valores de 100 a 20 p.p.m.

De lo visto anteriormente los valores de concentración de calcio, corresponden en general a concentraciones medias o mínimas de sales en el agua.

#### b) MAGNESIO ( $Mg^{++}$ )

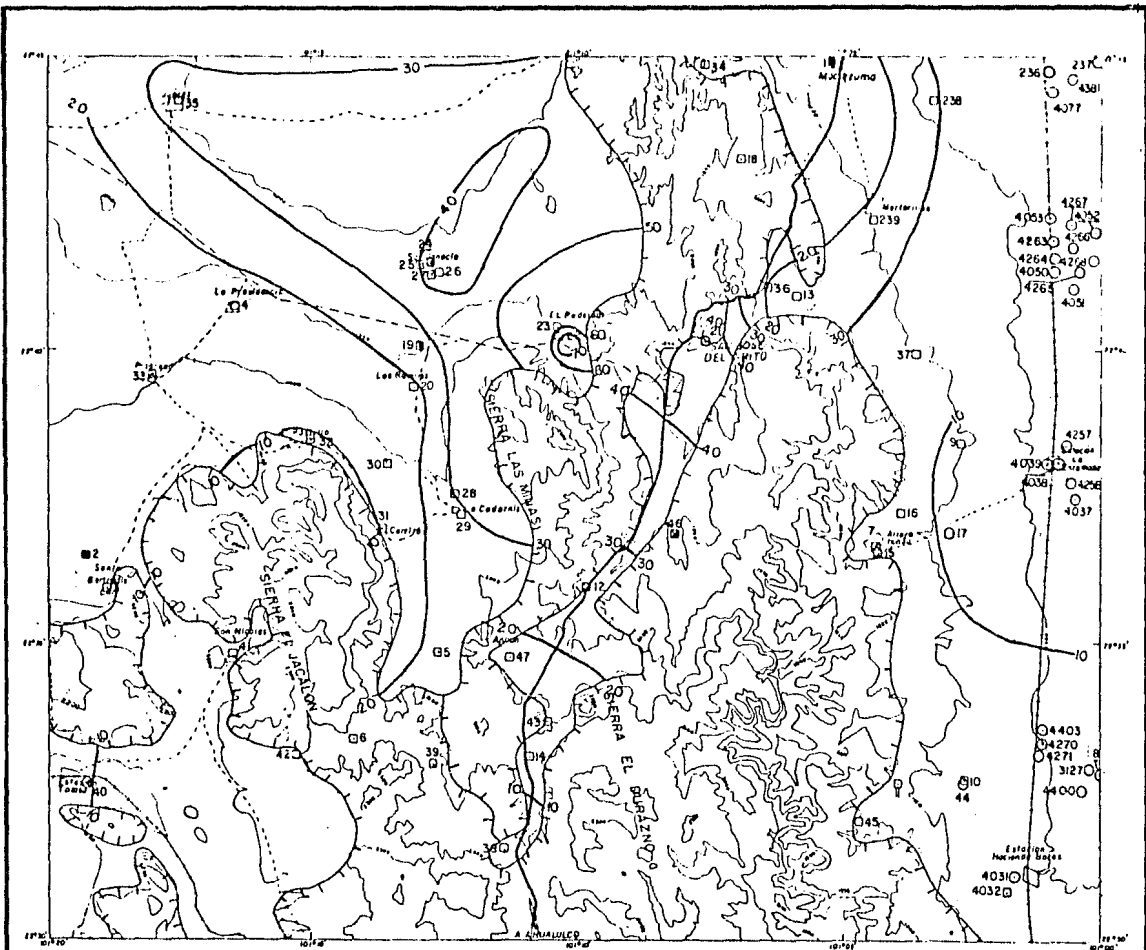
El Magnesio se presenta en forma iónica como ión divalente, siendo afectado por el intercambio iónico y forma parte de un buen número de rocas.

Las fuentes más comunes de magnesio en la hidrósfera son el olivino, biotita, hornblenda y la augita, así como los silicatos que se encuentran en las rocas ígneas. En las rocas sedimentarias, la principal fuente de aportación son las dolomías, igualmente las magnesitas, calizas, el lavado de evaporitas así como el agua de mar.

Las rocas ígneas son la principal fuente de aporte de éste elemento en la región, ya que afloran en la mayoría de la zona estudiada.

Para este estudio las concentraciones van de 1 a 75 p.p.m. con un promedio de las muestras representativa de agua de 23 p.p.m. Las curvas de igual contenido de magnesio, se trazaron en el plano 7.2.2, donde se aprecia poca variación en cuanto a sus concentraciones, teniendo valores máximos de 40 p.p.m.

Existen dos casos con un aumento considerable de este ión, en los aprovechamientos 23 y 22 con valores de 60 y 75 p.p.m. respectivamente, localizados en la Ranchería de El Pedernal. Los mínimos valores se presentan en el flanco este de la Sierra El Durazno, abarcando las Rancherías de Morterillos, Arroyo Hondo y la estación Hacienda de Bocas con valores que varían de 1 a 6 p.p.m.



LEYENDA

- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- TERRACERIA
- CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.F.C.C.
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA
- MANANTIAL
- GALERA FILTRANTE
- CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE MAGNESIO EN P.P.M.
- ZONA DE FLUJO SUBTERRANEO EN ROCAS FRACTURADAS

FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
<b>U N A M</b>	CONCENTRACION DEL ION MAGNESIO (Mg) EN EL MEDIO GRANULAR	
	ALEJO V.A, PEREZ G., SANCHEZ F.	
ESCALA 1:100,000	MEXICO DF 1985	FIGURA 7.2.2



En la vecindad de la Sierra Las Minas, los valores de concentración de magnesio disminuyen hacia el Valle de Cruces hasta la noria 35, teniendo un valor en la Sierra de 70 p.p.m. y después de esa noria de 20 p.p.m.

En el área comprendida por la Ranchería Santa Catarina, Moctezuma y El Valle de Arista los valores de concentración aumentan de 20 a 30 p.p.m., disminuyendo más al sur de 30 a 10 p.p.m.

En el tramo de la carretera de Ahualulco a Moctezuma desde la noria 38 hasta la 21 las concentraciones aumentan, teniéndose valores de 10 a 40 p.p.m. a partir de donde, los valores de concentración decrecen de 40 a 10 p.p.m.

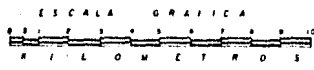
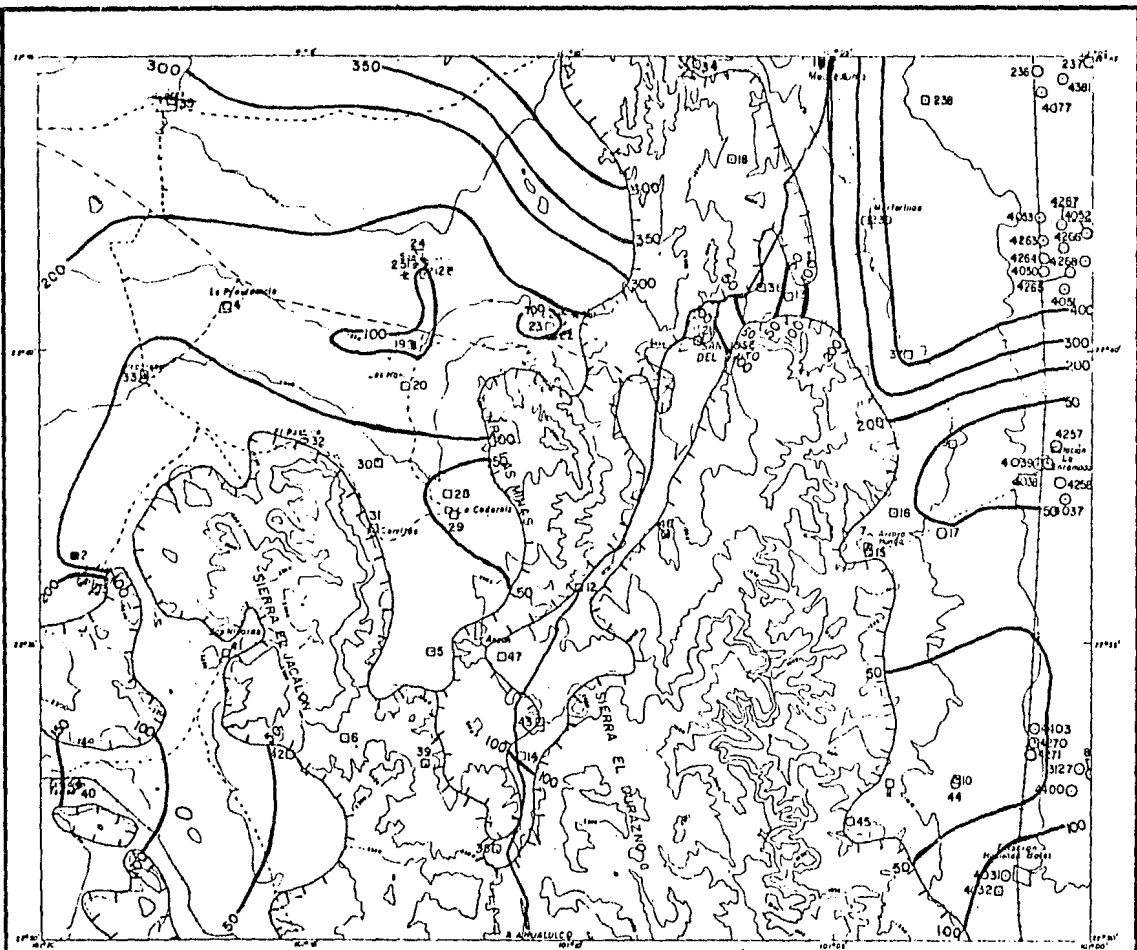
Debido a las bajas concentraciones de magnesio mostradas por los análisis, hacen que el agua resulte de buena calidad para uso potable.

### c) Sodio ( $\text{Na}^+$ )

Este elemento junto con el calcio y el magnesio, corresponden a los principales cationes encontrados en la naturaleza. Proviene de la disolución de los feldespatos que constituyen a las rocas ígneas, así como por intercambio catiónico con las arcillas, por medio del cual el sodio pasa a solución mientras que el calcio permanece en el suelo.

Las principales fuentes del sodio la constituyen la disolución de algunos minerales de las rocas ígneas como lo son los feldespatos, feldespatoides y otros silicatos, también proviene del agua de mar y de la disolución de las evaporitas, del lavado de sedimentos y cambios de base con arcillas. En la región proviene de las rocas ígneas y de las rocas sedimentarias distribuidas en toda la zona.

Se encontró este ión en concentraciones que van de 3 a 737 p.p.m. con un promedio de todos los análisis de 136 p.p.m. Su configuración se muestra en el plano 7.2.3 con valores que varían de 50 a 700 p.p.m.



LEYENDA

- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- TERRACERIA
- CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.E.C.
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA
- MANANTIAL
- GUEHIA FRACTANTE
- CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO EN P.P.M.
- ZONA DE FLUJO SUBTERRANEO EN ROCAS FRACTURADAS

FACULTAD DE INGENIERIA	
<b>U N A M</b>	TESIS PROFESIONAL
	CONCENTRACION DEL ION SODIO (Na) EN EL MEDIO GRANULAR
	ALEJO V.A., PEREZ G., SANCHEZ F.
ESCALA 1:100,000	MEXICO DF 1985
FIGURA 7.2.3	

La mayor concentración de este elemento se encuentra en El Pedernal en la noria 23, con un valor de 737 p.p.m., cerca de la noria número 37 en El Colorado pasa la curva de 400 p.p.m.

Las curvas que muestran menor contenido de sodio son las de 50 p.p.m., aunque los aprovechamientos adyacentes pueden contener mínimas concentraciones, como son las norias 36 con 3. p.p.m. y la 11 con 18 p.p.m., así como en algún otro caso.

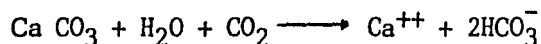
En el Valle de Cruces se tienen valores que varían de 35 p.p.m. hasta 737 p.p.m. en tanto que hacia el sureste de la zona estudiada se presentan valores de 18 a 69 p.p.m. A lo largo de la carretera de Ahualulco a Moctezuma se registran concentraciones de 86 a 144 p.p.m., y al salir de la sierra valores mínimos de 3 p.p.m.

#### ANIONES

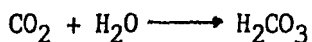
##### d) Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )

El bicarbonato a diferencia del resto de los iones analizados es una consecuencia de reacciones químicas producidas por la interacción entre el agua, gases y rocas, en tanto que los demás iones provienen de la disolución de las rocas.

Un ejemplo muy común es la disolución de carbonato de calcio (calcita) en agua, con presencia de bióxido de carbono, según muestra la siguiente reacción.



También se origina por la sola presencia de bióxido de carbono en el agua donde forma ácido carbónico, que igualmente se disocia en Hidrógeno y Bicarbonato como se muestra en las siguientes reacciones:



Este ión proviene de la incorporación de dióxido de carbono de la atmósfera en el agua, así como de la disolución de las rocas carbonatadas como la caliza y la dolomía.

De los análisis reportados se encontraron concentraciones mínimas de 85 p.p.m. y máximas de 442 p.p.m. con un promedio de 235 p.p.m. La configuración de este ión en el medio granular se muestra en el plano 7.2.4 donde se observa que existe una variación en las curvas de 100 a 400 p.p.m.

La curva de mayor valor de concentración se presenta en Santa Gertrudis en donde se incrementa de la zona de la sierra hacia el Valle; de la misma manera se observa que los valores decrecen al alejarse de la sierra conforme se aproximan al Valle de Arista.

En general, en la región se presenta una uniformidad en cuanto a concentraciones de bicarbonatos, ya que como se determina en las curvas de isovalores, éstas tienen un rango de 100 a 200 p.p.m. Según Davis (1971) las aguas subterráneas generalmente contienen más de 10 p.p.m. de bicarbonato, pero menos de 800 p.p.m. y las concentraciones más frecuentes en la región suelen estar comprendidas entre 50 y 400 p.p.m.

En base a lo visto anteriormente y a las bajas concentraciones se determina que el agua subterránea es de buena calidad.

#### e) Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )

El cloro es un elemento que pertenece al grupo de los halógenos, considerado como el más importante dentro del grupo, así como el más ampliamente distribuido en la naturaleza.

La fuente principal del cloro la constituyen la disolución de minerales que forman las rocas ígneas, entre los que se encuentran la sodalita, el apatito, las micas, la hornblenda, en algunos suelos o materiales evaporíticos; se encuentra en el agua de mar y en las aguas congénitas.

En el presente trabajo las concentraciones encontradas varían de 14 a 346 p.p.m. con un promedio aritmético de 70 p.p.m., las curvas de isovalores



de cloruro en el medio granular se muestran en el Plano 7.2.5 en el cual se observa que varían de 20 a 240 p.p.m.

Los valores de concentración mínimos se ubican al pie de la sierra El Jacalón, al norte de la Ranchería de Ancón y al norte de la Estación de Bocas; que se muestran con la curva de 20 p.p.m. de la sierra El Jacalón, los valores se incrementan hacia Santa Gertrudis hasta alcanzar valores de 140 p.p.m.

Prácticamente en el Valle de Cruces se nota un aumento en las curvas de isovalores de sur a norte hasta llegar a valores de 240 p.p.m. en tanto que en el aprovechamiento número 27 hay una concentración de 346 p.p.m.

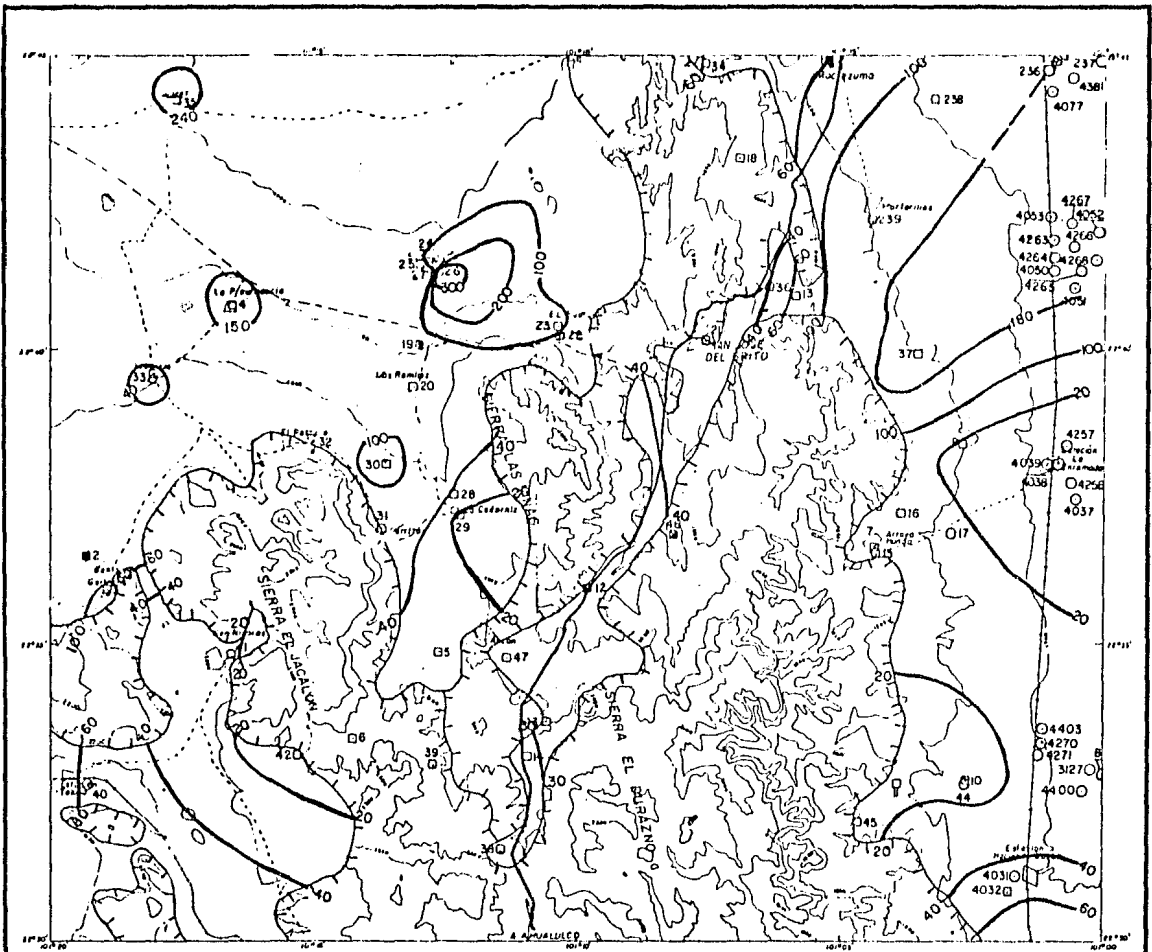
En la parte noreste de la zona se observa un incremento de valores hacia el Valle de Arista variando las curvas de isovalores de 60 a 180 p.p.m. En general el contenido de cloruros en la zona, varía en concentración de 14 a 120 p.p.m. para las norias con buena calidad de agua y de 141 a 346 p.p.m. para las norias con mala calidad de agua.

#### f) Sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ )

Los sulfatos se encuentran formando parte de algunas rocas, principalmente yesos y anhidritas. Se pueden formar también de sulfuros y de azufre, así como por procesos orgánicos, igualmente se obtienen del intemperismo de rocas ígneas, de las emanaciones volcánicas, de la lixiviación de suelos que contienen desperdicios orgánicos y fertilizantes.

En el presente estudio se obtuvieron valores de concentración mínimos de 15 p.p.m. y máximos de 1470 p.p.m. con un promedio de las muestras de 178 p.p.m. En el plano 7.2.6 se presentan las curvas de igual contenido del ión sulfato en el medio granular.

Existen altos valores de concentración de sulfato en los aprovechamientos números 23, 22, 27, 37 y 21 con 1470, 1015, 485, 345 y 305 respectivamente, lo cual pudiese indicar una alta disolución de este ión en las rocas adyacentes como lo es la Formación Caracol, y de rocas volcánicas de donde pudo derivarse



LEYENDA

- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- - - TERRACERIA
- ..... CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.E.C.C.
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA
- MANANTIAL
- ⊗ GALERIA FILTRANTE
- 60 CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE CLORUROS EN P.P.M.
- ⌒ ZONA DE FLUJO SUBTERRANEO EN ROCAS FRACTURADAS

FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
U N A M	CONCENTRACION DEL ION CLORURO (Cl) EN EL MEDIO GRANULAR
	ALEJO V.A, PEREZ G., SANCHEZ F.
	ESCALA 1:100,000 MEXICO DF 1988 FIGURA. 7.2.5

el sulfato del aprovechamiento 37 ubicado en la Ranchería El Colorado. Las menores proporciones de sulfato se presentan en los aprovechamientos número 28, 10, 29 y 11 con valores de 15, 17, 17, 18 p.p.m. respectivamente.

En el tramo de la carretera que va de Ahualulco a Moctezuma se observa un incremento en las curvas de isovalores de 100 a 300 p.p.m. hasta el aprovechamiento 21 a partir de donde decrece en valor hasta la obra número 36 donde empiezan nuevamente a aumentar su valor.

En general se observa que varias de las muestras sobrepasan el valor máximo permisible de 250 p.p.m. entre las que se localizan las obras número 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 35, 37 con valores de 273, 305, 1015, 1470, 240, 250, 485, 335, y 345 p.p.m. respectivamente, lo cual puede indicar una contaminación con sulfatos en estos aprovechamientos.

#### g) Sólidos Totales Disueltos (S.T.D.)

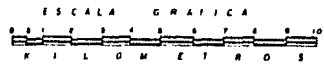
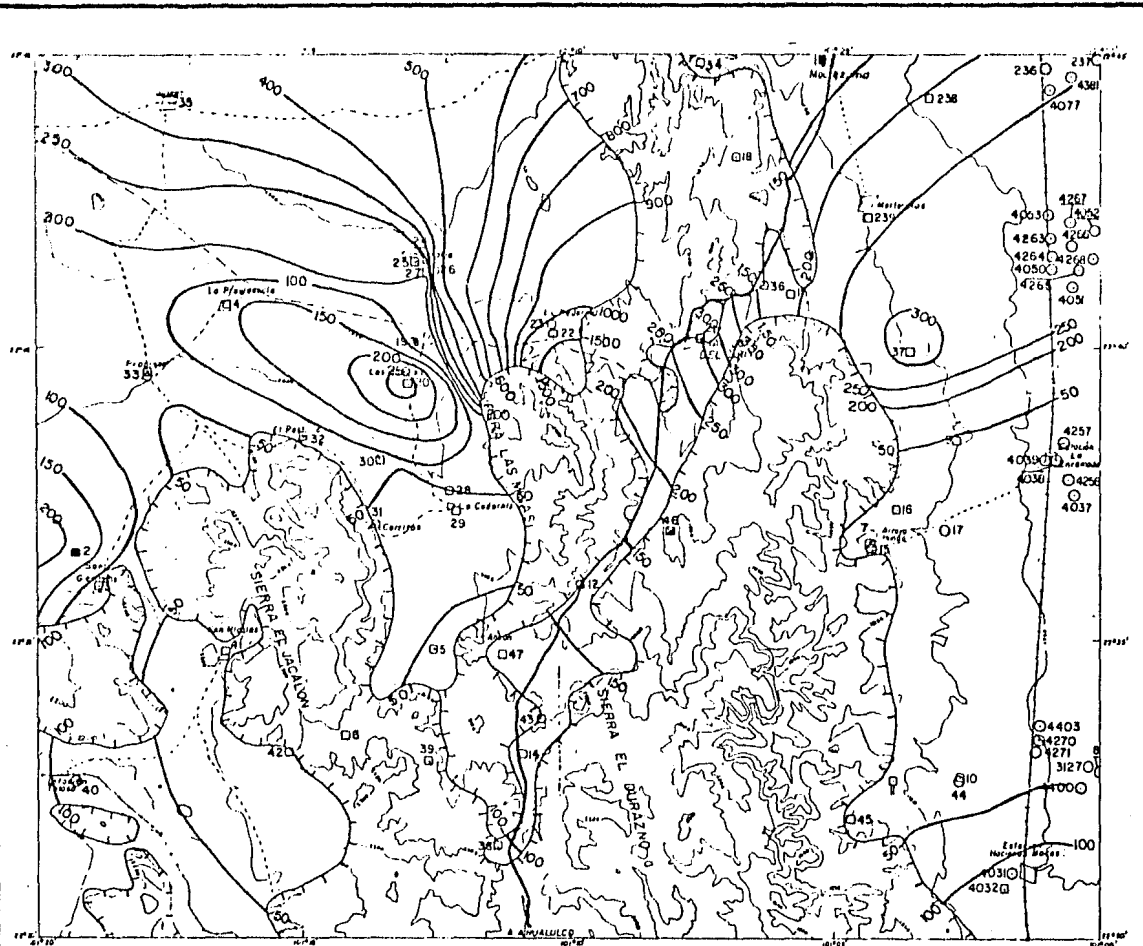
Los sólidos totales disueltos corresponden a la suma de elementos que el agua ha incorporado en solución en su trayectoria, representando en los análisis, el residuo que se obtiene al evaporar cierta cantidad de agua.

El valor de S.T.D. es un índice de gran valía en el estudio hidrogeoquímico ya que por sí solo da una idea, de la calidad del agua, de la solubilidad de los materiales a través de los cuales circula y de la facilidad de acarreo de las sales del subsuelo.

En lo que respecta a la calidad del agua destinada para uso potable o industrial no debe exceder en general el límite de 1000 p.p.m. de S.T.D., en general las destinadas a usos agrícolas deben contener menos de 3000 p.p.m. aunque esto no es definitivo para la calidad del agua, ya que una clasificación definitiva de la calidad química de una agua, con relación a sus diferentes usos debe estar basada en la concentración particular de cada ión y no a la suma total de sólidos totales disueltos.

Los resultados de los análisis, indicaron que se presentan concentraciones de este parámetro que van de 248 a 3924 p.p.m. En el plano 7.2.7 se configuraron las curvas de isovalores de sólidos totales.

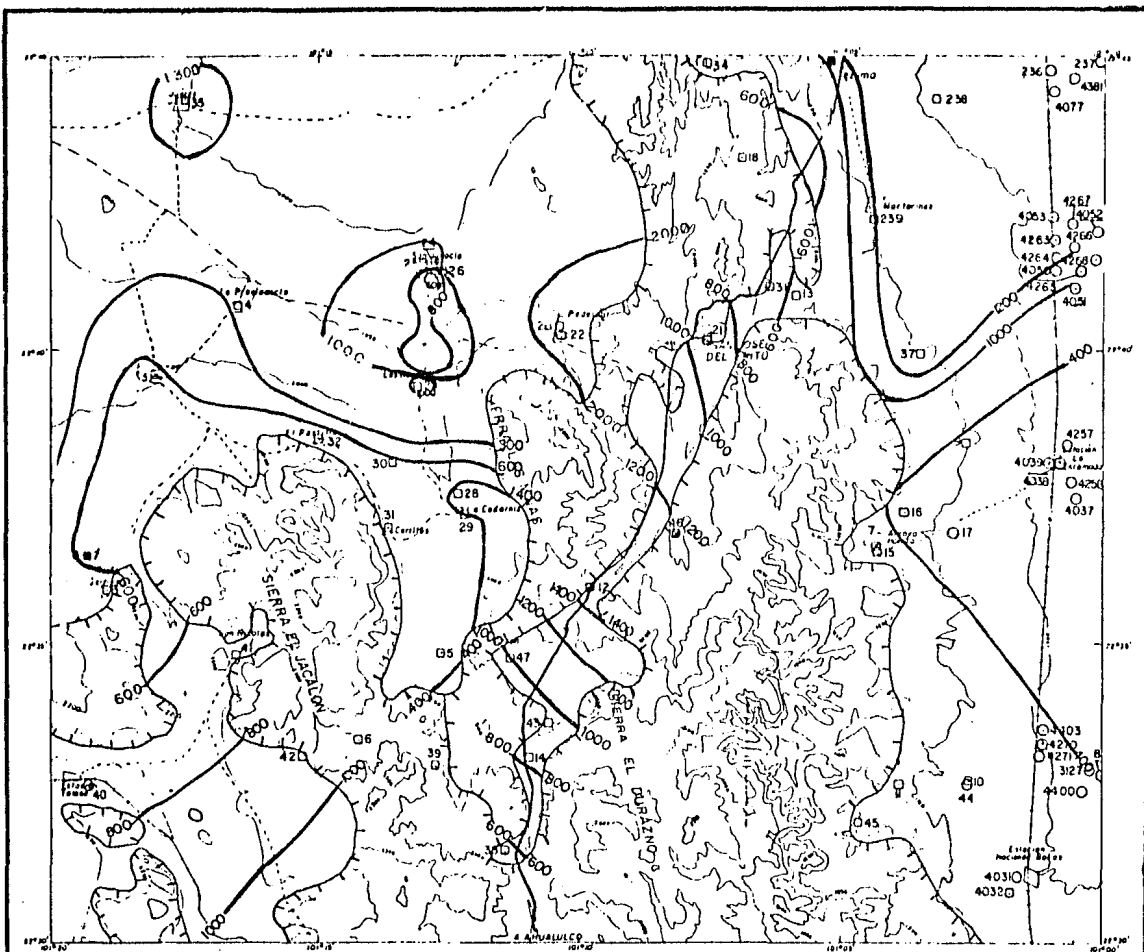




LEYENDA

- ▭ POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- - - TERRACERIA
- ⋯ CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.F.C.C.
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA
- MANANTIAL
- ⊗ GALERIA FILTRANTE
- ISO CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE SULFATOS EN P.P.M.
- ⌒ ZONA DE FLUJO SUBTERRANEO EN ROCAS FRACTURADAS

FACULTAD DE INGENIERIA	
U N A M	TESIS PROFESIONAL
	CONCENTRACION DEL ION SULFATO(SO <sub>4</sub> ) EN EL MEDIO GRANULAR
	ALEJO V.A, PEREZ G., SANCHEZ F.
ESCALA 1:100,000	MEXICO DF 1985 FIGURA 7.2.6



LEYENDA

- POBLADO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- - - TERRACERIA
- ..... CAMINO VECINAL
- VIAS DE F.E.C.C.
- CURVA DE NIVEL
- POZO
- NORIA
- MANANTIAL
- ⊗ GALERIA FILTRANTE
- 1000 CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS EN P.P.M.
- ⌒ ZONA DE FLUJO SUBTERRANEO EN ROCAS FRACTURADAS

FACULTAD DE INGENIERIA	
U N A M	TESIS PROFESIONAL
	CONFIGURACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS EN EL MEDIO GRANULAR
	ALEJO V.A., PEREZ G., SANCHEZ F.
ESCALA 1:100,000	MEXICO DF 1946
FIGURA 7. 2. 7.	

Los mínimos valores corresponden a la zona suroriental observando que se incrementan hacia el norte de 200 a 1200 p.p.m. En el tramo de la carretera de Ahualulco a Moctezuma se determinó primeramente un incremento de 600 a 1400 p.p.m. hasta llegar a la obra número 12 de donde decrecen los valores de 1400 a 600 p.p.m. hasta la obra 36 a la salida de la sierra, donde vuelve a existir un incremento hacia el Valle de Arista.

Los valores mínimos, por lo tanto, se encontraron al oeste de la Estación La Enramada y los valores máximos se localizan en las norias 22 y 23 con 2240 y 3924 p.p.m. en El Pedernal en el límite este del Valle de Cruces.

Las concentraciones de sólidos totales en la región varían en las norias con buena calidad de agua entre 248 y 984 p.p.m. y en los de mala calidad entre 1113 y 3924 p.p.m. de los cuales se tiene que los valores mínimos y máximos que aparecen son de 248 y 3924 p.p.m. La gran mayoría de los aprovechamientos tienen concentraciones menores o muy próximos al valor promedio y sólo algunos de ellos lo sobrepasan, de lo cual se puede concluir que son aisladas las captaciones con agua de mala calidad y la gran mayoría del agua es de buena calidad.

A continuación se presenta una tabla con el rango de variación y promedios de los principales índices analizados.

INDICE	C O N C E N T R A C I O N		PROMEDIO p.p.m.
	MINIMA p.p.m.	MAXIMA p.p.m.	
$\text{Ca}^{++}$	8	221	48.3
$\text{Mg}^{++}$	1	75	22.7
$\text{Na}^+$	3	737	131.1
$\text{HCO}_3^-$	85	442	235.3
$\text{Cl}^-$	14	346	70.3
$\text{SO}_4^{--}$	15	1470	178.4
S.T.D.	248	3924	842.3

T A B L A VII.2

## VII.3

## FAMILIAS DE AGUA

Se denomina familia de agua a la composición química representada por el principal catión y el principal anión en solución.

En el presente trabajo se utilizó el Método de Diagramas Triangulares de Piper, el cual consiste en graficar en dos triángulos equiláteros a los aniones y cationes respectivamente.

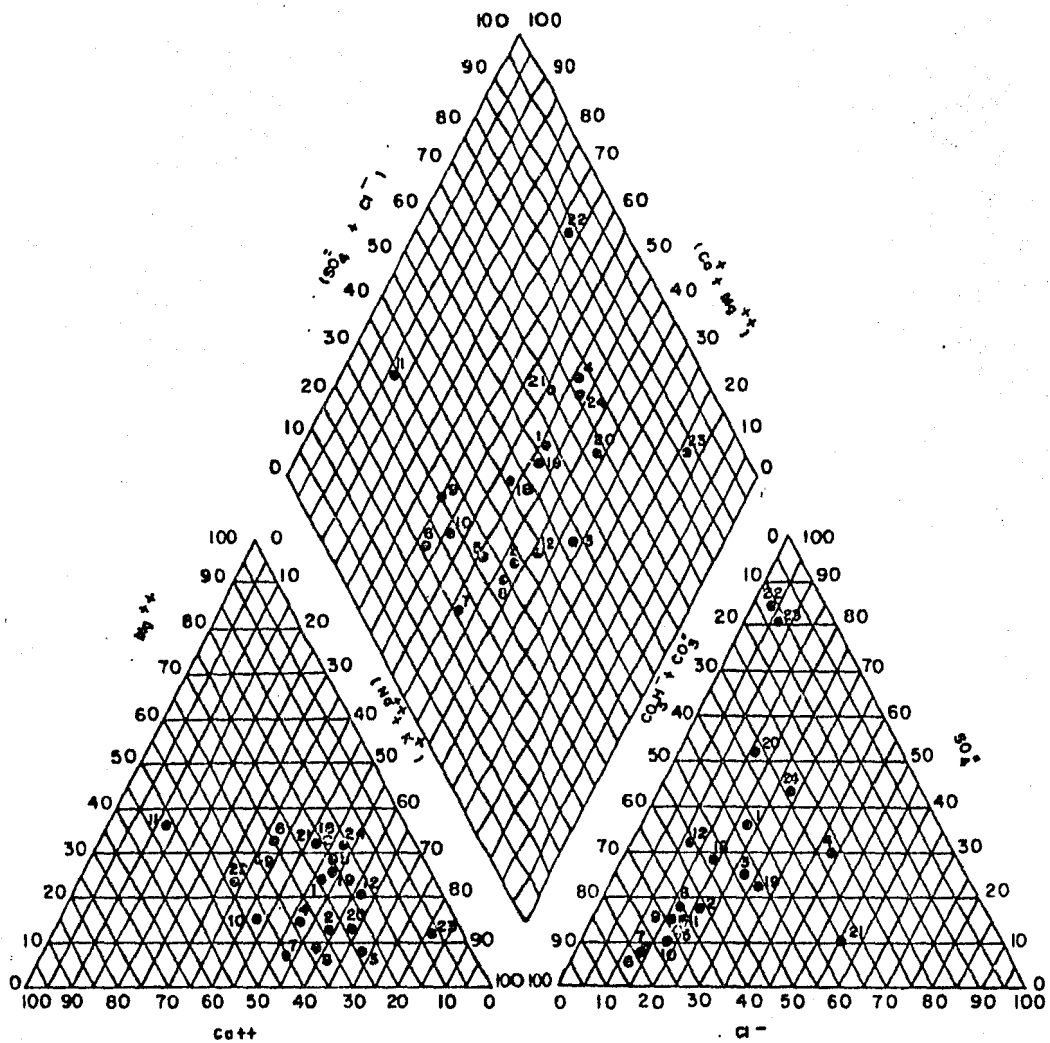
Estos diagramas consisten de dos triángulos y un rombo subdivididos en porcentajes de 0 a 100, en los cuales se representan los valores dados en los análisis en Me/l, el triángulo del lado izquierdo corresponde a los cationes y el del lado derecho a los aniones.

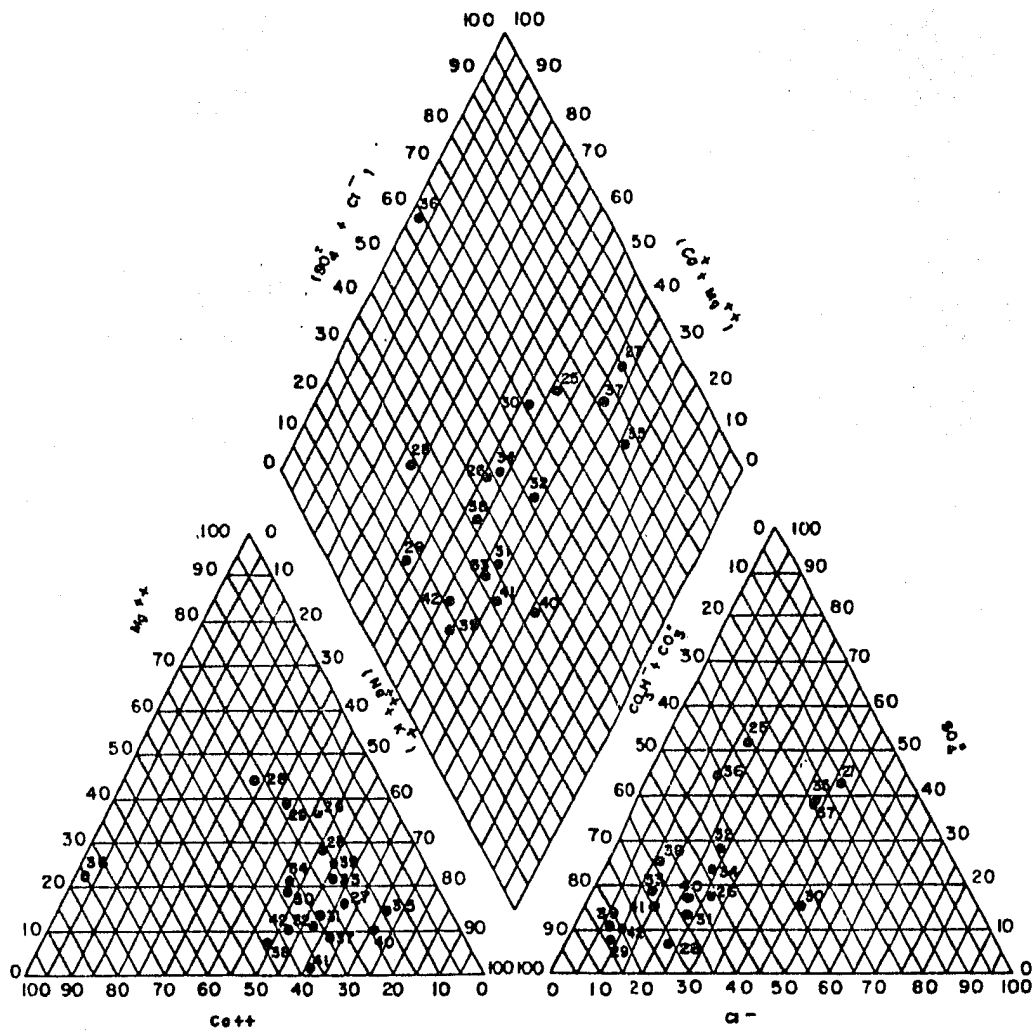
Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos de las muestras, los diagramas se dividieron en varias partes, resultando que la clasificación del tipo de Familias de Agua aumentara. Quedando el diagrama como se indica en la figura 7.3 dando con esto una diversidad y una clara definición del tipo de agua analizada.

En los diagramas triangulares de las figuras 7.4 a y b se presenta el mayor número de análisis, obteniendo en forma general la familia a la que pertenece cada una de las muestras. La relación que se obtiene es la siguiente:

FAMILIA DE AGUA	NUMERO DE MUESTRA
Na-HCO <sub>3</sub>	2, 5, 7, 8, 12, 31, 33, 39, 40, 41, 42.
Na-M HCO <sub>3</sub>	1, 3, 19, 32.
M Na-HCO <sub>3</sub>	18, 26, 34.
M-HCO <sub>3</sub>	6, 9, 29.
MCa-HCO <sub>3</sub>	10, 11.
Ca Na-HCO <sub>3</sub>	38.
Na- M SO <sub>4</sub>	24, 27.
Na-SO <sub>4</sub>	20, 23, 25.
MCa-SO <sub>4</sub>	22.
Ca-M SO <sub>4</sub>	36.







Na-MCl	4.
M Na-Cl	21.
M Na- M Cl	30.
M Mg-HCO <sub>3</sub>	28.
Na-M	35, 37.

En el plano 7.1 se observa que en el flanco oeste de la sierra El Jacalón los aprovechamientos contienen aguas del tipo Na-HCO<sub>3</sub>, donde las rocas expuestas corresponden a rocas ígneas extrusivas como lo son la Latita Portezuelo y la Riolita Panalillo, las cuales sobreyacen a las formaciones Cenicera y Caracol.

Al noroeste y noreste de la Sierra Las Minas se localiza otra zona donde se presentan aguas del tipo Na-SO<sub>4</sub>, Na-M SO<sub>4</sub> y M Na-HCO<sub>3</sub>, en un área muy reducida, en donde se encuentran las obras juntas pero con diversas profundidades, lo que indica que los aprovechamientos cortan diferentes tipos de acuíferos, por el tipo de familias de agua presentes en esta zona, en donde además hay afloramientos de rocas sedimentarias de las Formaciones Indidura, Cuesta del Cura y la Peña.

En el resto del área se presentan diferentes clases de agua, lo cual dice poco de la litología con la cual el agua está en contacto, siendo una mezcla de cationes con altos contenidos de bicarbonatos y sulfatos. Las muestras que tienen concentraciones menores de 1000 p.p.m. son la mayoría de los aprovechamientos de la región, siendo únicamente dos muestras las que tienen concentraciones mayores de 1000 p.p.m. (la número 22 y la 23), siendo el tipo de agua M Ca-SO<sub>4</sub> y Na-SO<sub>4</sub> respectivamente, teniendo bajas concentraciones de cationes y aniones todos estos aprovechamientos.

#### VII.4

#### CALIDAD DEL AGUA

El estudio de las aguas subterráneas y superficiales que son utilizadas para satisfacer las necesidades de agua potable así como la que se destina a la agricultura, ganadería e industria debe cumplir con ciertos requisitos, respecto a su contenido de elementos químicos, a sus propiedades físicas y a la presencia de materia orgánica.





En el presente tema se muestran en forma general las normas de calidad del agua utilizada con fines potables, riego y abrevadero, así como el significado y algunas propiedades físicas y químicas del agua.

## VII.4.a

## Agua Potable

Para que una agua se considere apropiada para uso doméstico, debe presentar bajas concentraciones de elementos tanto orgánicos como inorgánicos. Para esto se comparan los resultados de los análisis químicos con las normas de calidad o límites máximos permisibles, que fueron publicados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia (S.S.A.) en el diario oficial el día 2 de Julio de 1953. Con base en estas normas se elaboraron las tablas VII.3 y VII.4 con las cuales se comparan las propiedades físicas y químicas de las muestras analizadas.

En la tabla VII.3 se observa que de las 37 muestras analizadas 21 sobrepasan los límites máximos permisibles de turbiedad, variando de 12 a 60 y tres de las muestras (4, 35, 20) tienen valores de 150, 450 y 1200 u.j., las otras 16 tienen valores menores al establecido.

En lo que respecta al color sólo dos de los análisis no cumplen con el valor establecido siendo de 20 a 60 para las muestras 3 y 42 respectivamente; para el sabor y olor del agua ninguna de las muestras sobrepasa el parámetro establecido.

Al comparar las características químicas emitidas por la S.S.A. con los análisis reportados se observó que 28 muestras presentan concentraciones por abajo de los límites permitidos, en tanto que 9 de los aprovechamientos muestreados (3, 12, 20, 21, 22, 23, 27, 35, 37) presentan concentraciones altas de sales, que exceden a las 1000 p.p.m. de sólidos totales disueltos, en tanto que 8 de estos 9 análisis exceden el contenido máximo de sulfatos que es de 250 p.p.m., lo cual provoca que no sean apropiadas para uso potable.

En lo que respecta a las características químicas, la alcalinidad total ( $\text{CaCO}_3$ ), dureza total (D.T.) y cloruros (Cl), presentan valores por abajo del límite máximo permisible. El ingerir agua con valores de más de 1000

p.p.m. normalmente no causa problemas al organismo siempre y cuando no se encuentren en exceso algunos elementos críticos como los que se mencionan a continuación: Zinc (Zn), Cobre (Cu), Fierro (Fe) y Manganeseo (Mn).

De los dos primeros no se tienen datos, por no haber sido determinados en el laboratorio y de los segundos se encontraron concentraciones menores a las permitidas, en tanto que las muestras 20 y 23 sobrepasan el valor límite establecido de 0.30 p.p.m. con 3.10 y 2.70 p.p.m.

Los fluoruros se presentan en concentraciones mayores en 12 muestras, variando su valor de 1.60 a 5.55, las otras 23 tienen valores menores de 1.50; al ser ingerido el flúor en exceso produce el decaimiento de la dentadura.

Otros elementos críticos como el Arsénico (As) Selenio (Se) y Cromo (Cr), no venían incluidos en los análisis y aunque no es común encontrarlos en el agua su presencia es tóxica para el organismo, por lo cual el agua potable no debe tener concentraciones mayores de 0.05 p.p.m.

#### VII.4.b

#### Agua de Riego

Para determinar la calidad del agua para riego se toman en cuenta dos parámetros que son: La salinidad del agua y la cantidad de sodio perjudicial en relación a las cantidades de calcio y magnesio.

Los efectos nocivos más importantes producidos por el sodio son la reducción de permeabilidad del suelo y el aumento de su dureza. Estos efectos son causados por el intercambio iónico del calcio y magnesio con el sodio, que tiene lugar en los coloides y suelos arcillosos.

La intensidad de este intercambio puede ser estimada por la relación de adsorción de sodio (RAS), esta relación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

El valor del RAS indica la posibilidad de sodificación o de daños al suelo debido, al uso de agua de riego con alto contenido de sodio. Para el cálculo de esta fórmula los iones deben expresarse en miliequivalentes/litro (Meq/l).

Una vez determinados los datos, se anotan los valores obtenidos del RAS y de la conductividad eléctrica en el diagrama de Wilcox (1948), de la figura 7.6. En este diagrama, por un lado se grafica el RAS en el eje vertical, el cual tiene valores de 0 a 30 y en el eje horizontal la conductividad eléctrica con valores de 100 a 5000 micromhos/cm.

El significado de las diferentes clases así como algunas recomendaciones para el uso del agua en riego se comentan a continuación.

#### CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C)

C<sub>1</sub> - Agua de baja salinidad. Este tipo de agua puede utilizarse para riego en la totalidad de los suelos y es recomendable para casi todos los sembradíos, prácticamente sin peligro de salinidad.

C<sub>2</sub> - Agua de media salinidad. Se utiliza en todos los suelos excepto en aquellos de poca permeabilidad. Se recomienda para cultivar plantas moderadamente tolerantes a las sales. En la mayoría de los casos no suelen ser necesarias precauciones especiales.

C<sub>3</sub> - Aguas de alta salinidad. No puede utilizarse en suelos con drenaje deficiente, aún con buen drenaje se requiere una atención especial para el control de la salinidad. Sólo es recomendable usarse con cultivos que sean muy tolerantes a las sales.

C<sub>4</sub> - Agua de muy alta salinidad. No es empleada para el riego, excepto en condiciones muy especiales, tales como suelos permeables, drenaje adecuado y con cultivos altamente tolerantes a las sales. El agua para riego debe aplicarse en exceso con el fin de llevar a cabo un lavado fuerte.

## RELACION DE ADSORCION DE SODIO (S)

S<sub>1</sub> - Agua con poco sodio. Puede emplearse para riego en casi todos los suelos sin peligro de que el sodio intercambiable llegue a niveles perjudiciales.

S<sub>2</sub> - Agua con contenido medio de sodio. Es peligrosa en suelos de textura fina (arcillosos) y en aquellos que contengan una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavados leves, a menos que exista yeso en el suelo. Esta agua puede utilizarse en suelos orgánicos o de textura gruesa con buena permeabilidad.

S<sub>3</sub> - Agua con alto contenido de sodio. Conduce a niveles peligrosos de sodio intercambiable en la mayoría de los suelos, por lo cual se requerirá de un manejo especial, buen drenaje, lavados fuertes y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos no desarrollarán niveles perjudiciales de sodio intercambiables. Los mejoradores químicos deberán usarse, para el reemplazo de sodio intercambiable, excepto en el caso de que no sea factible el uso de mejoradores en agua de muy alta salinidad.

S<sub>4</sub> - Agua con muy alto contenido de sodio. Generalmente no es apropiada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la solución del calcio del suelo o la utilización de yeso u otros mejoradores hagan factible el uso de esta clase de agua.

En base a lo anteriormente descrito y a los resultados obtenidos se determinó la calidad de agua para riego de las muestras analizadas:

CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO	MUESTRAS
C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	9, 10, 11, 41
C <sub>2</sub> - S <sub>1</sub>	(La totalidad de las muestras analizadas que son 26).
C <sub>3</sub> - S <sub>1</sub>	20, 22
C <sub>3</sub> - S <sub>2</sub>	3, 27, 35
C <sub>3</sub> - S <sub>4</sub>	37
C <sub>4</sub> - S <sub>4</sub>	23

# CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

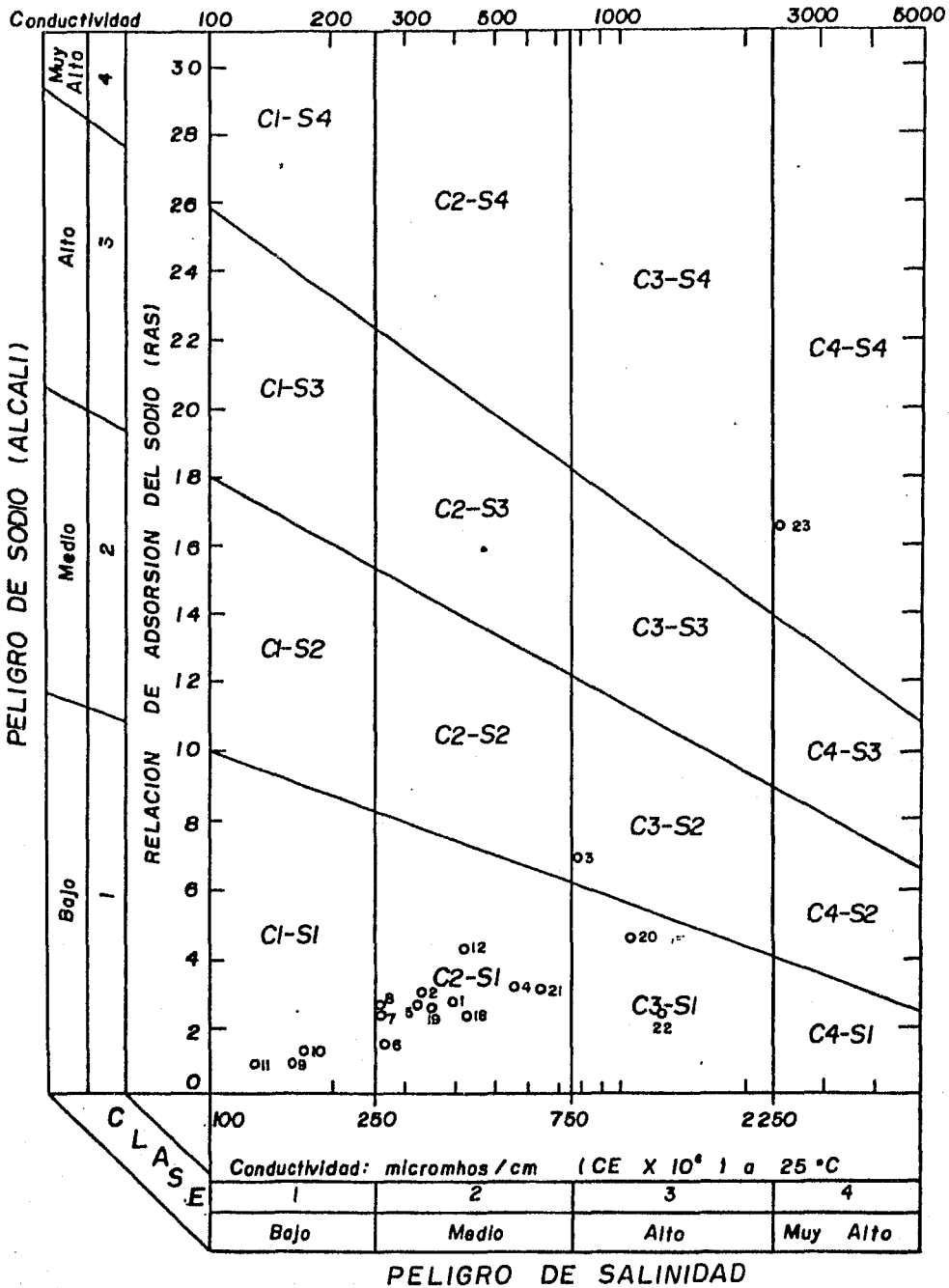


FIGURA 7.6

UNAM  
 TESIS PROFESIONAL  
 ALEJO V. ANADO  
 PEREZ GERARDO  
 SANCHEZ S.FCU

# CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

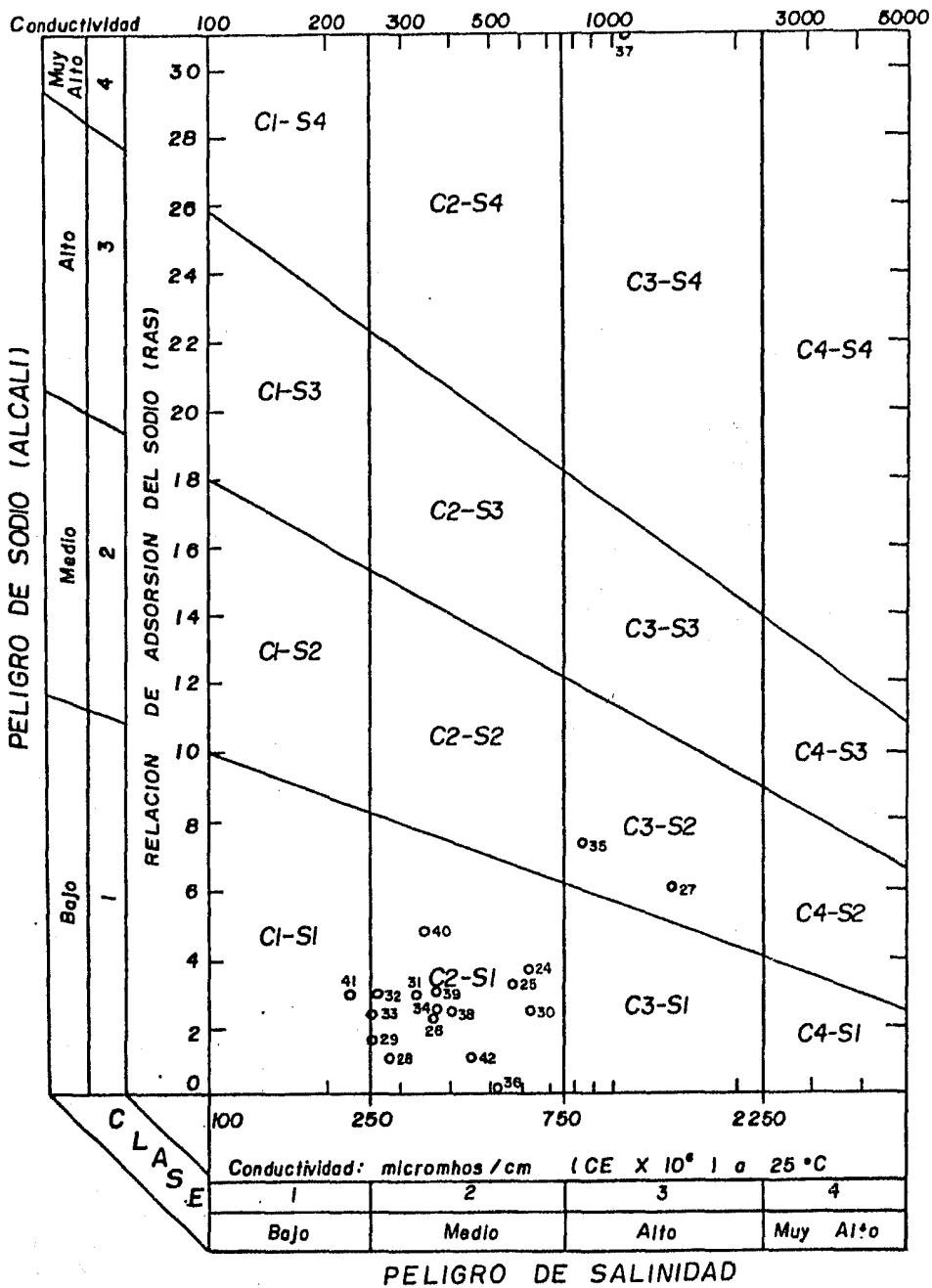


FIGURA 7.6

U N A M	TESIS PROFESIONAL ALEJO V. AMADO / PEREZ GERARDO / RAMOS Y R. PEG. 19
------------------	--

## VII.4.c

## Agua de Abrevadero

En general, el agua utilizada para abrevadero debe de cumplir con los mismos requisitos que los requeridos para el uso del agua potable, ya que también es utilizada en ocasiones para el uso doméstico, aunque los animales pueden ingerir agua con una mayor concentración de sales.

En las muestras de agua analizadas sólo una presenta valores máximos en el contenido de sales (muestra 23), aunque esta agua sólo es utilizada ocasionalmente para uso doméstico, cuando se agota otro aprovechamiento que se encuentra cercano (número 22).



RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DE MUESTRAS DE AGUA.

ZONA: MOCTEZUMA ESTADO: SAN LUIS POTOSI

Nº DE MUESTRA	P.H.	C.E.	S.T.D.	C A T I O N E S								A N I O N E S								R.A.S.
				Na		Ca		Mg		HCO <sub>3</sub>		CO <sub>3</sub>		Cl		SO <sub>4</sub>				
				P.P.M.	Me/L	P.P.M.	Me/L	P.P.M.	Me/L	P.P.M.	Me/L	P.P.M.	Me/L	P.P.M.	Me/L	P.P.M.	Me/L			
1	8.1	400	567	96	4.17	40	2.00	24	1.97	198	3.23	14	0.45	58	1.62	137	2.84	3.04		
2	8.1	340	512	97	4.22	40	2.00	12	0.99	237	3.89	24	0.80	45	1.27	60	1.25	3.45		
3	8.1	760	1113	241	10.54	75	3.74	15	1.23	442	7.24	17	0.56	141	3.97	180	3.74	6.58		
4	8.0	580	840	123	5.39	72	3.59	18	1.48	171	2.80	7	0.23	155	4.37	147	3.06	3.36		
5	8.0	320	470	78	3.42	24	1.20	24	1.97	242	3.96	22	0.73	28	0.78	54	1.12	2.73		
6	8.0	270	454	52	2.28	37	1.85	24	1.97	285	4.67	7	0.23	29	0.81	19	0.39	1.63		
7	8.0	260	439	68	2.98	46	2.30	5	0.41	271	4.44	2	0.06	26	0.76	21	0.43	2.56		
8	7.8	260	397	69	3.00	35	1.75	6	0.49	210	3.44	0	0.00	29	0.81	48	0.99	2.85		
9	8.0	170	248	26	1.19	24	1.20	12	0.99	137	2.24	5	0.16	19	0.53	22	0.45	1.14		
10	7.1	180	408	31	1.38	29	1.45	6	0.50	146	2.38	0	0.00	18	0.60	17	0.35	1.40		
11	6.8	140	428	18	0.81	22	1.10	3	0.24	85	1.39	0	0.00	14	0.39	18	0.37	1.00		
12	8.1	420	1441	144	6.27	37	1.85	26	2.13	344	5.63	10	0.33	38	1.07	155	3.22	4.44		
18	7.6	420	604	95	4.14	32	1.60	33	2.71	273	4.47	0	0.00	58	1.63	113	2.35	2.83		
19	8.1	360	465	82	3.58	29	1.45	23	1.89	171	2.80	26	0.86	68	1.91	65	1.35	2.77		
20	8.0	1100	1204	162	7.10	53	2.64	19	1.56	217	3.55	10	0.33	62	1.74	273	5.68	4.23		
21	8.2	560	984	135	5.91	54	2.69	49	4.03	259	4.24	26	0.86	42	1.18	105	6.35	3.22		
22	8.2	1400	2240	193	8.43	221	11.03	75	6.17	171	2.80	19	0.63	38	1.07	1015	21.13	2.87		
23	8.1	2400	3924	737	32.04	45	2.25	60	4.94	283	4.63	29	0.96	108	3.04	1470	30.60	6.86		
24	8.1	610	840	154	6.68	42	2.10	47	3.86	212	3.47	26	0.86	118	3.32	240	4.99	3.92		
25	8.2	570	810	133	5.81	46	2.30	39	3.21	193	3.15	31	1.02	70	1.96	250	5.19	3.52		
26	8.3	360	537	84	3.62	29	1.45	36	2.96	224	3.67	43	1.43	60	1.69	60	1.24	2.44		
27	8.4	1500	1930	351	15.27	114	5.69	49	4.03	237	3.88	38	1.26	346	9.76	485	10.09	6.30		
28	8.3	270	363	35	1.53	29	1.45	30	2.46	183	2.99	36	1.19	34	0.95	15	0.31	1.10		
29	8.3	250	420	45	1.95	26	1.30	26	2.13	256	4.19	12	0.39	16	0.45	17	0.35	1.50		
30	8.3	620	542	90	3.95	53	2.64	19	1.56	185	3.03	17	0.56	120	3.38	57	1.18	2.74		
31	7.9	330	506	92	3.97	40	2.00	10	0.82	268	4.39	0	0.00	56	1.57	40	0.83	3.36		
32	8.5	251	489	93	4.03	42	2.10	9	0.74	195	3.20	12	0.40	52	1.47	86	1.80	3.38		
33	7.1	250	552	83	3.62	29	1.45	18	1.48	273	4.47	0	0.00	32	0.90	57	1.18	2.58		
34	7.7	370	530	83	3.62	45	2.25	18	1.48	244	3.98	0	0.00	60	1.70	80	1.67	2.66		
35	7.1	830	1366	292	12.73	54	2.60	35	2.87	268	4.39	0	0.00	246	6.93	335	6.97	7.66		

TABLA VII.1

U  
M  
A  
M



**TABLA- RESUMEN PARA LA CLASIFICACION DE AGUA POTABLE  
CARACTERISTICAS FISICAS**

CARACTERISTICAS FISICAS	TURBIEDAD	COLOR	SABOR	OLOR
LIMITE MAXIMO PERMISIBLE EN P.P.M	10 N	20 N	INSIPIDA	INODORA
NO. DE MUESTRA				
1	5.5	5	INSIPIDA	INODORA
2	13.0	5	INSIPIDA	INODORA
3	25.0	20	INSIPIDA	INODORA
4	150 U.J.	15	INSIPIDA	INODORA
5	8.5	5	INSIPIDA	INODORA
6	51.0	5	INSIPIDA	INODORA
7	4.5	5	INSIPIDA	INODORA
8	6.5	5	INSIPIDA	INODORA
9	7.5	5	INSIPIDA	INODORA
10	6.0	0	INSIPIDA	INODORA
11	32.0	10	INSIPIDA	INODORA
12	18.0	5	INSIPIDA	INODORA
18	4.5	0	INSIPIDA	INODORA
19	5.5	5	INSIPIDA	INODORA
20	1200 U.J.	20	INSIPIDA	INODORA
21	6.5	5	INSIPIDA	INODORA
22	8.5	5	INSIPIDA	INODORA
23		15	INSIPIDA	INODORA
24	8.5	0	INSIPIDA	INODORA
25	4.5	5	INSIPIDA	INODORA
26	37.5	10	INSIPIDA	INODORA
27	3.5	10	INSIPIDA	INODORA
28	7.5	0	INSIPIDA	INODORA
29	12.0	10	INSIPIDA	INODORA
30	15.5	5	INSIPIDA	INODORA
31	32.5	5	INSIPIDA	INODORA
32	118.0	15	INSIPIDA	INODORA

TABLA VII.3

\* ESCALA DE SILICE  
 \*\* ESCALA PLATINO COBALTO

UNAM FI TESIS PROFESIONAL

ALEJO V.A. PEREZ G. SANCHEZ E.S. HOJA 1 DE 2



**TABLA-RESUMEN PARA LA CLASIFICACION DE AGUA  
POTABLE CARACTERISICAS QUIMICAS**

CARACTERISTICAS QUIMICAS	N AMONICAL	N NITROGENO	N DE NITRATO	P. H.	O	S. T. O.	ALCALINEZ Ca CO <sub>3</sub> TOTAL	DT	CL	SO <sub>4</sub>	Mg	Zn	Cu	PL	Fe y Mn
LIMITE MAXIMO PERMISIBLE EN P.P.M	0.50	0.10	5.00	8.00	3.00	1000	400	300	250	250	125	10	3	1.50	0.30
NO DE MUESTRA															
1	-	-	1.0	8.1	-	567	186	200	58	137	24	-	-	1.85	0.02
2	-	-	2.0	8.1	-	512	234	148	45	60	12	-	-	1.85	0.02
3	-	-	3.0	8.1	-	1113	390	252	141	180	15	-	-	2.12	0.60
4	-	-	6.0	8.0	-	840	152	256	155	147	18	-	-	1.06	0.31
5	-	-	4.0	8.0	-	470	234	160	28	54	24	-	-	1.85	0.21
6	-	-	1.0	8.0	-	454	246	192	29	19	24	-	-	1.32	0.02
7	-	-	1.5	8.0	-	439	226	136	26	21	5	-	-	1.2	0.02
8	-	-	1.5	7.8	-	397	172	112	29	48	6	-	-	1.11	0.02
9	-	-	3.0	8.0	-	248	120	112	19	22	12	-	-	0.90	0.02
10	-	-	0.5	7.1	-	408	120	96	18	17	6	-	-	0.64	0.02
11	-	-	0.8	6.8	-	428	70	68	14	18	3	-	-	1.50	0.11
12	-	-	0.8	8.1	-	1441	298	200	38	155	26	-	-	1.22	0.02
18	-	-	1.0	7.6	-	604	224	216	58	113	33	-	-	1.20	0.02
19	-	-	1.5	8.1	-	465	184	168	68	65	23	-	-	1.85	0.02
20	-	-	0.01	8.0	-	1204	194	212	62	273	19	-	-	1.01	3.10
21	-	-	2.0	8.2	-	984	256	340	42	305	49	-	-	0.90	0.02
22	-	-	3.0	8.2	-	2240	172	864	38	1015	75	-	-	2.12	0.02
23	-	-	0.01	8.1	-	3924	280	360	108	1470	60	-	-	5.55	2.70
24	-	-	0.5	8.1	-	840	210	300	118	240	47	-	-	1.24	0.02
25	-	-	1.5	8.2	-	810	210	280	70	250	39	-	-	1.22	0.02

**TABLA-RESUMEN PARA LA CLASIFICACION DE AGUA  
POTABLE CARACTERISTICAS QUIMICAS**

CARACTERISTICAS QUIMICAS	N AMONIACAL	N NITROGENO	N DE NITRATO	P. H.	O	S. T. O.	ALCALINIDAD Ca CO <sub>3</sub> TR/L	DT	CL	SO <sub>4</sub>	Mg	Zn	Cu	PL	Fe y Mn
LIMITE MAXIMO PERMISIBLE EN P.P.M	0.50	0.10	5.00	8.00	3.00	1000	400	300	250	200	125	15	3	1.50	0.50
NO. DE MUESTRA															
26	-	-	0.01	8.3	-	537	256	220	60	60	36	-	-	2.25	0.02
27	-	-	4.0	8.4	-	1930	250	488	346	485	49	-	-	2.00	0.02
28	-	-	1.0	8.3	-	363	210	196	34	15	30	-	-	1.22	0.02
29	-	-	6.0	8.3	-	420	230	172	16	17	26	-	-	1.22	0.02
30	-	-	20.0	8.3	-	542	180	212	120	57	19	-	-	1.22	0.02
31	-	-	6.0	7.9	-	506	220	140	56	40	10	-	-	1.06	0.02
32	-	-	0.15	8.5	-	489	180	140	52	86	9	-	-	0.25	0.02
33	-	-	8.0	7.1	-	552	224	148	32	57	18	-	-	2.10	0.02
34	-	-	3.0	7.7	-	530	200	188	60	80	18	-	-	0.95	0.02
35	-	-	0.3	7.1	-	1366	220	280	246	335	35	-	-	0.98	0.02
36	-	-	40.0	7.7	-	637	148	384	40	159	20	-	-	0.69	0.02
37	-	-	4.0	8.4	-	1309	272	24	228	345	1	-	-	0.625	0.02
38	-	-	3.0	7.8	-	576	240	192	28	96	6	-	-	0.69	0.02
39	-	-	2.0	7.1	-	658	348	192	24	45	26	-	-	0.25	0.02
40	-	-	0.8	8.2	-	734	260	120	58	62	10	-	-	3.05	0.02
41	-	-	0.3	8.1	-	700	200	104	24	31	1	-	-	1.60	0.26
42	-	-	0.3	7.6	-	928	158	96	14	21	5	-	-	0.92	0.41

## BIBLIOGRAFIA

- AGUILON R.A., TRISTAN G.H. 1981, Cartografía Geológica hoja "Moctezuma" S. L. - P., folleto técnico No. 74, U.A.S.L.P.
- BERUMEN E.R. y PAVON L.R., 1983. Tesis, Estudio Geológico Minero del área Santa María del Oro. Dgo. Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- BURCKHARDT, C., 1930. Etude Synthétique sur le Mesozoïque Mexicain. Soc. Paleont. Suisse, Mc. V., 49-50, p. 1-280.
- CARRILLO BRAVO, J. 1971. La Plataforma Valles- San Luis Potosí, Bol. Asoc. Méx. de Geólogos Petroleros. V. 23. Nos. 1-6, p.p. 1-112.
- CONEY, P. 1976. Plate Tectonics and the Laramide Orogeny. New México Geological Society. Special Publication, number 6, p.p. 5-10.
- DAVIS S.N.R., DEWIEST, 1971, Hidrogeología, Ed. Ariel.
- DAVID J. I., PORRES L.R., RIVERA D. E., 1982, Tesis, Geología de la Región - Charcas-Venado S.L.P. Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- DE CSERNA. E. G. Y BELLO B., 1963, Geología de la Sierra de Alvarez, municipio de Zaragoza, Estado de San Luis Potosí, parte II, Boletín núm. 71, Instituto de Geología, U.N.A.M.
- DE CSERNA, Z. 1956, Tectónica de Sierra Madre Oriental entre Torreón Monterrey. Inst. Nal. Inv. de Rec. Min. XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F.
- DERRUAU MAX 1978, Geomorfología 2a. Edición Ed. Ariel.
- DEWEY JOHN F. 1972. Placas Tectónicas. Deriva Continental y Tectónica de Placas. Selecciones de Scientific American, Ed. Blume.
- DIETZ, R. S. 1972. Geosinclinales, Montañas y Formación de Continentes. Selecciones de Scientific American. Ed. Blume.

- DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, 1980, apuntes. Exploración Cuantificación y -  
Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos Subterráneos, Facultad de Ingeniería U.N.A.M. México, D. F.
- ESPINOZA ARAMBURU E.G. 1975. Tesis. Sierra "La Parada" municipio de Ahualulco, S.L.P. Facultad de Ingeniería U.N.A.M. México, D. F.
- ESPINOZA NAVA M. 1982. Tesis. Exploración Geológica Superficial de Semidetalle con objetivo petrolero en el área de San José de Raíces, Estado de Nuevo León. Facultad de Ingeniería U.N.A.M. México, D. F.
- GARCIA CALDERON J. 1968. hoja El Salado, 14 R-j (11) con resumen de la Geología de la hoja El Salado, Estados de Zacatecas y San Luis Potosí Instituto de Geología U.N.A.M. Carta Geológica de México, serie 1: 100,000
- GRASEL, P. C., 1979. The reconnaissance geology of the La Salitrera Mining District, San Luis Potosí, México: M.S. Thesis. Univ. of Houston. 251 p.
- HUMPHREY, W.W. 1949. geology of the Sierra de los Muertos, área, México: Bull. Geol. Soc. Am. v. 60. p. 80-176.
- IMLAY. R.W. 1936. Geology of the western part of the Sierra de Parras: Bull. - Geol. Soc. Am., v. 47, p. 1091-1152.
- LABARTHE H. G., TRISTAN G.M., ARANDA G.J. 1982. Revisión Estratigráfica del Cenozoico de la Parte Central de San Luis Potosí, Folleto Técnico No. 85. Instituto de Geología y Metalurgia, U.A.S.L.P.
- LINSLEY R.K., KOHLER M.A., PAULHUS. J.L.H., 1977. Hidrología para Ingenieros, 2a. Edición, ED. Mc. Graw-Hill.
- Mc. DOWELL, F.W. y KEIZER, P.R. 1977. Timing of mid-Tertiary Volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlán, México: Geol. Soc. Am. Bull., V. 88.p. 1479-1487.
- ORTEGA GUERRERO M.A., 1981, Tesis, Modelo del Sistema Hidrogeológico del Valle de Amecameca, Estado de México, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.



RAISZ ERWIN 1964. Landforms of México (mapa), Prepared for the Geography Branch of the Office of Naval Research, Second Corrected Edition, Cambridge, - Mass.

ROGERS CLEAVES L. Geología General y Depositos de Fosfatos del Distrito de - Concepción del Oro, Estado de Zacatecas. Boletín 38 Inst. Nal. Inv. de Rec. Min. México, D.F.

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS 1971, Mapa Turístico de Carreteras en Colaboración del Departamento de Turismo y Petróleos Mexicanos.

SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA. 1982. Excursión Geológica a la Cuenca Mesozoica - del Centro de México. VI. Convención Geológica Nacional.

S.R.H. 1979 "El Salado" Boletín Hidrológico No. 55, región Hidrológica No. 37, México, D. F.

TARDY, M. 1980. La Transversal de Guatemala y la Sierra Madre de México. En - Auboin, J. Brousse, r. y Lehman, J.P. 1980. Tratado de Geología. Tomo III. Editorial Omega. Barcelona, España. pp. 177-182.

U.A.S.L.P. Febrero 1982. Prospección Geoelectrica Realizada en el Valle de Venado S.L.P. (35 Sondeos Eléctricos Verticales SEV).

UYEDA SEIYA 1980. La Nueva Concepción de la Tierra. Continentes y Océanos en - Movimiento. Primera Edición Serie Blume Ecología. Ed. Blume.

ZARATE J. C. 1977. Cartografía Geológica hoja Villa Arista, S.L.P. Inst. Geol. Metal, U.A.S.L.P. Folleto Técnico No. 52 S.L.P.