



12
207

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA ZONA DE
CHILPANCINGO, ESTADO DE GUERRERO"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO**

P R E S E N T A :

Jorge Figueroa García



MEXICO, D. F.

1990



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

INTRODUCCION	1
RESUMEN	2
I. GENERALIDADES.	5
I.1 ANTECEDENTES.	5
I.2 OBJETIVOS.	6
I.3 LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.	7
I.4 ACTIVIDADES DE TRABAJO.	8
I.4.1 ACTIVIDADES DE CAMPO.	8
I.4.2 ACTIVIDADES DE GABINETE.	10
II. GEOLOGIA.	12
II.1 GEOLOGIA REGIONAL.	12
II.2 GEOLOGIA GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.	13
II.2.1 FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.	13
II.2.2 ESTRATIGRAFIA.	15
II.2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	28
II.2.4 GEOLOGIA HISTORICA.	32
II.2.5 GEOLOGIA DEL SUBSUELO.	33
III. HIDROLOGIA GENERAL.	38
III.1 CLIMATOLOGIA.	38
III.2 PRECIPITACION PLUVIAL.	39
III.3 HIDROLOGIA SUPERFICIAL.	41
III.4 EVAPOTRANSPIRACION.	42
III.5 HIDROMETRIA.	43
IV. CENSO DE CAPTACIONES.	44
V. HIDROGEOQUIMICA Y CALIDAD DEL AGUA.	48
V.1 MUESTREO Y ANALISIS QUIMICOS.	48
V.2 CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA.	48

VI.	HIDROGEOLOGIA.	58
VI.1	INTEGRACION DE RESULTADOS.	58
VI.1	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.	58
VI.2	SISTEMAS HIDROGEOLOGICOS.	61
VI.3	PERFORACION Y DISEÑO DE POZOS EXPLORATORIOS.	63
VI.4	CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS.	64
VI.5	CARTOGRAFIA Y DICTAMEN HIDROGEOLOGICO DEL AREA.	65
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	67
VII.1	CONCLUSIONES.	67
VII.2	RECOMENDACIONES.	69
	BIBLIOGRAFIA	71
	ANEXO I. CARSTICIDAD.	74
	ANEXO II. PETROGRAFIA Y PALEONTOLOGIA.	77

INTRODUCCION.

Debido a al crecimiento de la poblacion en las principales ciudades del pais, como el caso de la cd. de Chilpancingo, se presenta el problema del abastecimiento de agua potable para satisfacer las necesidades de la poblacion. Para solventar este problema es necesario encontrar otras fuentes de abastecimiento de agua potable.

Actualmente la ciudad de Chilpancingo se abastece de agua por medio de manantiales y rios subterráneos que se localizan a distancias considerables. El volumen de agua que se capta en los aprovechamientos referidos, resulta insuficiente para las necesidades de la poblacion.

Con la perforación de pozos profundos realizados por la Comisión Nacional del Agua en 1987-1990 se pretende solucionar la falta de agua. Estos pozos se localizan al sur de la cd. de Chilpancingo, pero aún no se encuentran funcionando debido a que se están desarrollando las líneas de conducción hacia la ciudad.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua, desarrolló el "Proyecto Neohidrológico de la zona de Chilpancingo, Estado de Guerrero", que sirve como tema de tesis, en acuerdo de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, este último teniendo como objetivo el apoyar por medio de una beca-crédito a estudiantes que han completado su ciclo escolar, con el fin que estos dediquen tiempo completo a la elaboración de la tesis, la cual debe ser realizada en un tiempo de 6 meses, de acuerdo a los objetivos de la misma.

RESUMEN.

El proyecto geohidrológico de la zona Chilpancingo, estado de Guerrero, se localiza en la porción central del estado de Guerrero, entre los paralelos 17 grados 24 minutos 34 segundos y 17 grados 40 minutos 30 segundos de latitud norte y los meridianos 99 grados 9 minutos 36 segundos y 99 grados 35 minutos al oeste del meridiano de Greenwich.

Se encuentra en el límite sur de la provincia geológica de la Plataforma o Cuenca Morelos-Guerrero (E. Lopez Ramos, 1983), las rocas aflorantes en la zona de estudio abarcan un rango geocronológico del Jurásico Medio al Reciente. El depósito de estas unidades litológicas son de ambientes que van de continentales a marinos hasta el Cenomaniano y continentales hasta el Reciente. La unidad más antigua es el Grupo Tecocoyunca de edad Jurásico Medio (Jmt), compuesta por areniscas, sobryace discordantemente al Grupo Tecocoyunca la Formación Acahuizotla (Aca), la cual está formada por arenas y lutitas arcillosas. De manera concordante le sobryace la Formación Morelos la cual consiste de dolomías y calizas de estratificación delgada, las dolomías están afectadas por cuerpos ígneos que la provocan una calcificación, también se presenta la Formación Huitzoco compuesta por anhidrita y yesos, no se observó su contacto inferior, sin embargo su contacto superior es tectónico con la Formación Morelos provocado por diapirismo, a la Formación Morelos le sobryace la Formación Mezcala (Ksm), la cual está formada por arenas y lutitas calcáreas.

La secuencia Mesozoica están deformadas y afectadas por fallas normales, las estructuras presentan alineaciones noroeste-sureste principalmente, formando anticlinales y sinclinales ligeramente asimétricos y poco apretados, también se encuentran afectados por cuerpos ígneos intrusivos que les produce mayor deformación y alteraciones a las calizas de la Formación Morelos, estos cuerpos alcanzan a afectar a las rocas eocénicas de la Formación Balsas.

El paquete Terciario descansa en discordancia angular sobre la Formación Mezcala y la primera unidad litológica es la Formación Balsas (Feob), con variaciones laterales y verticales; dicha formación está compuesta por conglomerados calcáreos cementados y no consolidados con matriz arenosa mal clasificados:

también presenta un miembro arenolimoso y material tobáceo con pseudoestratos de yesos, a esta formación le sobreyace de manera discordante el material volcánico de composición andesítica de la Formación Agua de Obispo (Toao) y riódacítica de la Formación Alquitrán (Tma); sobreyaciendo de manera discordante a estas unidades esta la Formación Chilpancingo, compuesta por conglomerados poco consolidados de material volcánico.

El potencial hidrogeológico de la zona de estudio en general es de bajo a medio, siendo la Formación Morelos la de mayor potencial debido a que se encuentra con rasgos cársticos importantes, por lo que su porosidad secundaria es favorable para formar acuíferos. En esta formación las dolomías han incrementado su porosidad por el proceso de calcificación, provocado por el hidrotermalismo producido por los emplazamientos ígneos. Por su posición topográfica y la carsticidad que presenta, son amplias áreas de recarga para el acuífero que forman. La anhidrita y los yesos de la Formación Huitzoco, deben tomarse con reserva por la disolución que produce el agua y por lo tanto el incremento de sales.

El material reciente forma acuíferos restringidos de poco espesor y bajo potencial, se encuentran solamente en los Valles de Chilpancingo, Mochitlán-Quechultenango y Chilapa de Alvarez.

La unidad impermeable o de bajo potencial esta formada por el resto de las formaciones litológicas que afloran en la zona de estudio, esto principalmente por el contenido arcilloso, fracturamiento relleno y poco continuo, sin embargo estas rocas pueden formar acuíferos en zonas de contacto de mayor intemperismo y roca sana.

Los cuerpos ígneos intrusivos, son compactos y masivos por lo que funcionan como barreras impermeables para la circulación del agua.

Los Sistemas Huacapa, Almolonga y Zumpango están definidos por las estructuras y rasgos tectónicos que presentan, de este modo los límites del Sistema Zumpango son la discontinuidad de Tixtla-Atliaca al este y las fallas El Aguacate y Duraznales al sur, el Sistema Almolonga tiene como límite sur las fallas Monte Alegre y el Troncón, estos límites son los del Sistema Huacapa hacia el norte, sus límites al sur son el parteaguas natural del Anticlinal Xocolmaní y el cuerpo intrusivo que se encuentra al sur de Mochitlán.

Las direcciones de flujo son inferidas debido a que no se tienen obras profundas con las cuales se pueda definir los niveles piezométricos para confirmarlas. De esta manera el flujo en el Sistema Zumpango es hacia el norte, para el Almolonga es hacia el noreste y para el Huacapa es hacia el sureste.

La calidad química del agua en general es buena respecto a las normas de potabilidad (SAHOF, 1980), pero tiende a depositar carbonatos, contiene de 30 a 70 (NMPx100 ml.) de coliformes. en los pozos profundos de Tepechicotlán (T1 y T5), las familias de agua que se encuentran en la zona de estudio son la bicarbonatada calcica, bicarbonatada magnesica, bicarbonatada calcica sulfatada y bicarbonatada magnesica calcica.

I.2 OBJETIVOS.

El objetivo principal en el proyecto geohidrológico del presente trabajo es.

Definir el grado de dolomitización y cársticidad, así como las características estructurales e hidrogeológicas de las calizas que se encuentran en la zona de Chilpancingo, estado de Guerrero.

Para realizar este objetivo, se efectuaron las siguientes actividades.

- 1.- Identificar y cartografiar las unidades litológicas y/o litoestratigráficas de la zona.
- 2.- Identificar y cartografiar las diferentes facies de la Formación Morelos.
- 3.- Identificar y cartografiar las estructuras geológicas locales y regionales, considerando su influencia con la ocurrencia del agua subterránea.
- 4.- Definición de las unidades y estructuras hidrogeológicas, analizando detalladamente aquellas con posibilidades de almacenar agua subterránea.
- 5.- Determinar las características hidrogeoquímicas del agua subterránea y su relación con la geología de la zona.
- 6.- Dentro del área definir los límites del Sistema Hidrogeológico HUACAPA, así como las características de las rocas calcáreas que lo constituyen.
- 7.- Definir las áreas y los sitios más recomendables para la perforación de pozos exploratorios o en su caso para pozos de explotación.

I.3 LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La zona a que se refiere el presente estudio, se localiza en la porción central del Estado de Guerrero, entre las coordenadas geográficas siguientes: los paralelos 17 grados 24 minutos 34 segundos y 17 grados 40 minutos 30 segundos de latitud norte y los meridianos 99 grados 9 minutos 36 segundos y 99 grados 35 minutos al oeste del meridiano de Greenwich, teniendo un área aproximada de 1333.53 kilómetros cuadrados (Figura I.1).

I.3.1 Población.

Los principales centros de población que se localizan dentro de la zona de estudio son: la cd. de Chilpancingo capital del estado, Tixtla, Chilapa de Alvarez, Petaquillas, Mochitlán, Quechultenango, Mazatlán, Almolonga, Atliaca, Colotipa y Zumpango del Río (Figura I.1).

I.3.2 Vías de comunicación.

El acceso principal a la zona, se realiza a través de la carretera México-Acapulco, la cual la cruza de norte a sur en su tramo Zumpango del Río-Mazatlán. Dos carreteras pavimentadas estatales unen a las poblaciones anteriormente mencionadas, una de ellas une a la cd. de Chilpancingo con Tixtla y Chilapa de Alvarez, la segunda carretera une a la Cd. de Chilpancingo con las poblaciones de Petaquillas-Mochitlán-Quechultenango y Colotipa. Existen además varias carreteras de terracería transitable todo el año, entre estas están la de Mochitlán-Monte Alegre, Mochitlán-Tlapacholapa, Colotipa-Chilapa de Alvarez, Tixtla-Atliaca y Tixtla-Almolonga.

La cd. de Chilpancingo cuenta con un pequeño aeropuerto para avionetas localizado al poniente de la ciudad.

I.3.3 Actividades económicas.

Las actividades económicas que se desarrollan en la zona son: la agricultura, ganadería, avicultura y comercio.

La agricultura que se desarrolla principalmente es de temporal y en mucho menor escala de riego, sobre todo en el municipio de Mochitlán; los principales cultivos son cereales y legumbres.

Respecto a la ganadería, esta se realiza a pequeña escala y se crían los ganados porcino, caprino, bovino.

La avicultura se realiza a escala moderada.

El comercio se desarrolla en los principales centros de población.

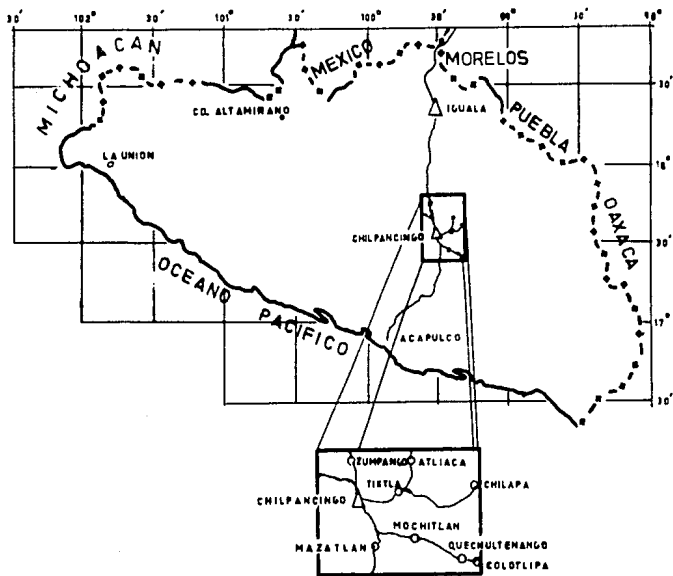


FIG. I.1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO EN EL EDO. DE GUERRERO.

I.4 ACTIVIDADES DE TRABAJO

I.4.1 ACTIVIDADES DE CAMPO

Durante el periodo de trabajo en el campo se realizaron actividades para obtener las características geológicas e hidrogeológicas de las unidades litológicas, así como su distribución en el área de estudio. Estas actividades fueron realizadas en un tiempo de 50 días, los cuales se dividieron en tres etapas, que correspondieron a la verificación de campo, secciones geológicas y censo de obras de captación; estas actividades se subdividieron en las siguientes:

- 1.- Reconocimiento preliminar de la zona de estudio.
- 2.- Verificación geológica de campo.
- 3.- Realización de secciones geológicas.
- 4.- Descripción de las características hidrogeológicas de las unidades cartografiadas.
- 5.- Recolección de muestras de roca para análisis petrográfico y paleontológico.
- 6.- Localización de estaciones climatológicas e hidrométricas de la zona.

- 1.- Reconocimiento preliminar de la zona de estudio.

En esta etapa se efectuó el reconocimiento de la zona, ubicación de los pozos perforados y sobre todo las vías de acceso para realizar el itinerario de trabajo para la verificación de campo.

- 2.- Verificación geológica de campo.

En esta etapa se procedió a verificar las características litológicas que se analizaron en la etapa de recopilación de información, además se determinaron sus límites y relaciones estratigráficas, para asociarlas de acuerdo a sus características físicas con el fin de determinar su potencial hidrogeológico. Así mismo, se describieron las estructuras de las mismas para definir el sentido del flujo del agua subterránea.

3.- Realización de secciones geológicas.

En esta etapa se realizaron 4 secciones geológicas perpendiculares a las estructuras que se presentan en los Valles de Mochitlán y Quechultenango, con el fin de determinar las características estructurales de los valles y la relación del flujo subterráneo del agua a través de ellos, además de determinar los puntos más aceptables para continuar perforando.

4.- Descripción de las características hidrogeológicas de las unidades cartografiadas.

En esta etapa se describieron las características físicas y estructurales que presentan las formaciones rocosas para definir las unidades geohidrológicas, así como los sistemas hidrogeológicos que se definieron en la zona de estudio.

5.- Recolección de muestras de roca para análisis petrográfico y paleontológico.

En esta etapa se recolectaron muestras de los afloramientos para efectuar la descripción paleontológica y petrográfica de las mismas, para determinar la mineralogía, y en su caso, definir las facies de la Formación Morelos.

6.- Localización de las estaciones climatológicas e hidrométricas que se localizan en la zona de estudio.

Se localizaron las diferentes estaciones y se verificó su ubicación y funcionamiento, con el fin de utilizar los datos que se obtuvieron de estas.

7.- Censo de obras de captación en la zona de estudio.

El censo se efectuó solamente con manantiales, ya que no existen otros tipos de obras, como son pozos o norias, en la zona del presente estudio.

I.4.2 ACTIVIDADES DE GABINETE.

Estas actividades se realizaron antes y después de las visitas al campo y consistieron en:

- 1.- Recopilación, análisis y procesamiento de la información.
- 2.- Realización del plano geológico preliminar.
- 3.- Elaboración de las secciones geológicas.
- 4.- Análisis petrográficos y paleontológicos de las muestras de roca.
- 5.- Interpretación de los resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras de agua.
- 6.- Integración de los resultados obtenidos a los planos geológico e hidrogeológico finales.

- 1.- Recopilación, análisis y procesamiento de la información.

En esta etapa se recabó toda la información bibliográfica posible del área de estudio, así como la adyacente a esta. Dicha información son los artículos, revistas, publicaciones y tesis profesionales, a su vez, cartografía geológica y geohidrológica. Con esta información se infirieron las características litológicas y estructurales para establecer sus cualidades geohidrológicas.

- 2.- Realización del plano geológico preliminar.

Este se realizó con base en la cartografía geológica que se obtuvo de los planos que se localizaron en los trabajos anteriormente realizados de la zona, ya que se careció de fotografías aéreas. Dicho plano fue el utilizado para la verificación de campo.

- 3.- Elaboración de secciones geológicas.

Se integraron los datos geológicos obtenidos en campo para configurar esquemáticamente los rasgos estructurales de las rocas que afloran en los Valles de Mochitlán y Quechultenengo.

4.- Análisis petrográficos y paleontológicos de las muestras de roca.

Se procedió a la interpretación y descripción paleontológica y petrográfica de las muestras de roca, de esta forma se verificó la descripción mineralógica y en las muestras de la Formación Morelos, se definieron las facies que presenta en la zona de estudio y los fósiles que contiene.

5.- Interpretación de los resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras de agua.

Con los análisis químicos de las muestras de agua se clasificaron las diferentes familias de agua y su calidad, por medio de los diagramas de Stiff Schoeller-Berlloff y Piper.

6. Integración de los resultados obtenidos a los planos geológico e hidrogeológico finales.

Con la información de los resultados obtenidos se terminó la configuración de los planos finales. en el plano geológico aparecen los datos estructurales y puntos donde se realizaron los estudios petrográficos y paleontológicos; en el hidrogeológico se muestran las obras censadas y algunas características químicas de las mismas.

CAPITULO II

II. GEOLOGIA.

II.1 GEOLOGIA REGIONAL.

De acuerdo a la clasificación de provincias geológicas de E. Lopez Ramos (1983), la zona de estudio se localiza en la Provincia Geológica de la Cuenca Morelos-Guerrero, la cual esta limitada en sus porciones este-oeste y sur por la Sierra Madre del Sur y al norte por El Eje Neovolcánico.

La Provincia Geológica de la Cuenca Morelos-Guerrero tiene una geología variada, ya que presenta elementos de caracteres tectónicos y estratigráficos muy particulares y superpuestos entre si. Las unidades que afloran en la zona de estudio abarcan un rango geocronológico del Jurásico Medio al Reciente y que están afectados por emplazamientos batolíticos del Mesozoico Tardío y aún del Cenozoico (Geología de la República Mexicana, INEGI 1984, p.61).

La parte basal se formo durante el Jurásico Medio y está constituida por un espesor considerable de rocas clásticas y carbonatadas de ambientes continental a marino, es decir se tiene un gran aporte de terrígenos en cuencas intracratónicas (Grupo Tecocoyunca), a continuación se depositaron calizas arcillosas y limolitas calcáreas de ambientes de plataforma somera definidas por la Formación Acahuizotla en el Aptiano Tardío, en este periodo se nota la transgresión marina que se estaba desarrollando. A finales del Aptiano se produce la depositación de evaporitas (Formación Huitzoco) producto de la evaporación en la plataforma somera, el nivel del mar se eleva paulatinamente y hasta mediados del Albiano cubrio la region (De Cserna, 1980). Para el Albiano-Cenomaniano los mares cubrian extensamente la zona y permiten los depositos de plataforma representados por las calizas de gran espesor con cuerpos arrecifales de la Formación Morelos, en el Turoniano termina el periodo de transgresión dando origen a los depositos de rocas clásticas tipo flysch representados por la Formación Mezcala.

Sobre yaciendo a este paquete Mesozoico descanzan depositos continentales del Eoceno-Oligoceno, constituidos por la Formación Balsas. Durante el Mioceno se desarrollan dos eventos volcánicos heterogéneos compuestos de rocas piroclásticas y derrames lávicos de composición andesítica (Formación Agua de Obispo), y derrames piroclásticos de composición riódacítica

con interestratificación de tobas (Formación Alquitrán), de los cuales el foco de emisión no ha podido ser determinado. La última unidad de la zona corresponde a las desarrolladas por erosión y acumulación de material clástico del Oligoceno representado por la Formación Chilpancingo.

II. 2 GEOLOGIA GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.

II.2.1 FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.

FISIOGRAFIA.

Fisiográficamente la zona de estudio se localiza en la subprovincia Cordillera Costera del Sur, que pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, de acuerdo al criterio de la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (Figura II.1) y según Faiz (1959) pertenece a la misma provincia, pero a la subprovincia Cuenca Balsas-Mezcala.

Por lo que respecta a los factores naturales, la región presenta un relieve variado y accidentado, en donde las alturas varían de 800 a 2600 m.s.n.m., donde las partes bajas corresponden a los valles (Chilpancingo, Mochitlan, Tixtla).

El drenaje superficial que presenta es intermitente de tercer orden, los cuales abastecen a las corrientes Perennes que se localizan fuera de la zona de estudio (Rio Mezcala, Rio Azul), estas corrientes son consecuentes y resecuentes, con patrones dendrítico y cárstico, siendo este último el más notable.

Debido a las condiciones topográficas el clima es variado. Los climas que predominan en la zona son: el semicálido y el templado. La vegetación corresponde a bosques de coníferas, como lo son los encinos y pinos, también se presentan los huizachales, chaparrales, amates, palo blanco y Guamuchil.

GEOMORFOLOGIA.

Las geoformas que presentan las diferentes unidades aflorantes en la zona se presentan de la siguiente manera.

Las sierras más elevadas están conformadas principalmente por las rocas carbonatadas de la Formación Morelos, formando principalmente estructuras anticlinales y sinclinales que han sido afectadas por efectos tectónicos, ocasionándole fallamientos

normales principalmente en los flancos de dichas estructuras. Sus geoformas son altas serranías redondeadas, con escarpes afectadas por las fallas. Presenta un abundante desarrollo cárstico como son las dolinas, que están alineadas en dirección noreste, y cavernas de dimensiones que alcanzan hasta 3 metros de diámetro y profundidades similares (al sur de Coatimatitlán). El drenaje que desarrolla es de tipo cárstico intenso. La Formación Huitzuc presenta un desarrollo cárstico mayor, producto de la alta solubilidad de su material.

La Formación Balsas presenta características geomorfológicas similares a la Formación Morelos, salvo que esta presenta un proceso cárstico menor, debido a que tiene espesores reducidos por lo que esta tiende a mostrar los rasgos que presenta la Formación Morelos. El drenaje que presenta es dendrítico principalmente y en algunas áreas es paralelo.

La Formación Mezcala presenta geoformas de pequeños cerros y lomas redondeadas de poca altura que se encuentran coronando algunos cerros de la Formación Morelos, dando aspecto de copetes redondos de pendientes suaves; tal es el caso al este de el poblado de Zacazonapan. El patrón de drenaje es bajo, de tendencia dendrítico.

Las serranías formadas por el material volcánico del Terciario, presentan aspectos diferentes.

La Formación Agua de Obispo forma amplias serranías disectadas como se presentan entre Chilpancingo y Tixtla, también se presenta en forma de cerros de pendientes abruptas (Chilapa de Alvarez). El patrón de drenaje que presenta es dendrítico.

La Formación Alquitrán presenta características similares a la anterior pero con escalonamientos debido a la diferente consolidación de ésta. El tipo de drenaje es dendrítico.

Estas tres últimas formaciones presentan cierta inclinación producto del movimiento provocado por las fallas en la zona de estudio.

La Formación Chilpancingo presenta formas de piedemonte con pendientes suaves y cierta inclinación; así como lomas de poca altura de pendientes suaves y con escalonamientos, debido a la composición de la misma.

El material reciente se encuentra en las partes bajas formando planicies en los valles.

II.2 ESTRATIGRAFIA.

A continuación se describen las unidades litológicas de la zona de estudio de la más antigua a la reciente, en la figura II.2 se muestra la correlación estratigráfica que tienen las diferentes unidades con respecto a áreas próximas al presente estudio.

II.2.1 GRUPO TECOCOYUNCA (Jmt). (Jurásico Medio)

Definición:

Guzmán (1950) denominó capas Tecocoyunca a una serie de depósitos sedimentarios continentales y marinos, que afloran en la cuadrilla Tecocoyunca al noreste de Guerrero y las dividió en parte inferior y superior. Erben (1956) las subdividió en cinco formaciones: Zorrillo, Taberna, Simón, Otatera y Yucuhí, asignándoles el rango de grupo.

Distribución:

Se encuentra aflorando en el límite sureste de la zona de estudio cerca de la población de Tlapacholapa (ver Plano Geológico).

Litología y espesor:

Consiste de areniscas (muestra J-47, anexo I) de grano fino a medio de color gris claro al fresco y al intemperismo, presenta una estratificación delgada de 1 m., además contiene vacas (muestra J-46, anexo I) con bandeamientos dando un aspecto pizarroso de 30 cm. de espesor, se encuentra fracturada con aberturas de mm., y estas están rellenas por material arcilloso, no se observó una dirección preferencial, el espesor que presenta la formación es de 50 a 100 m.

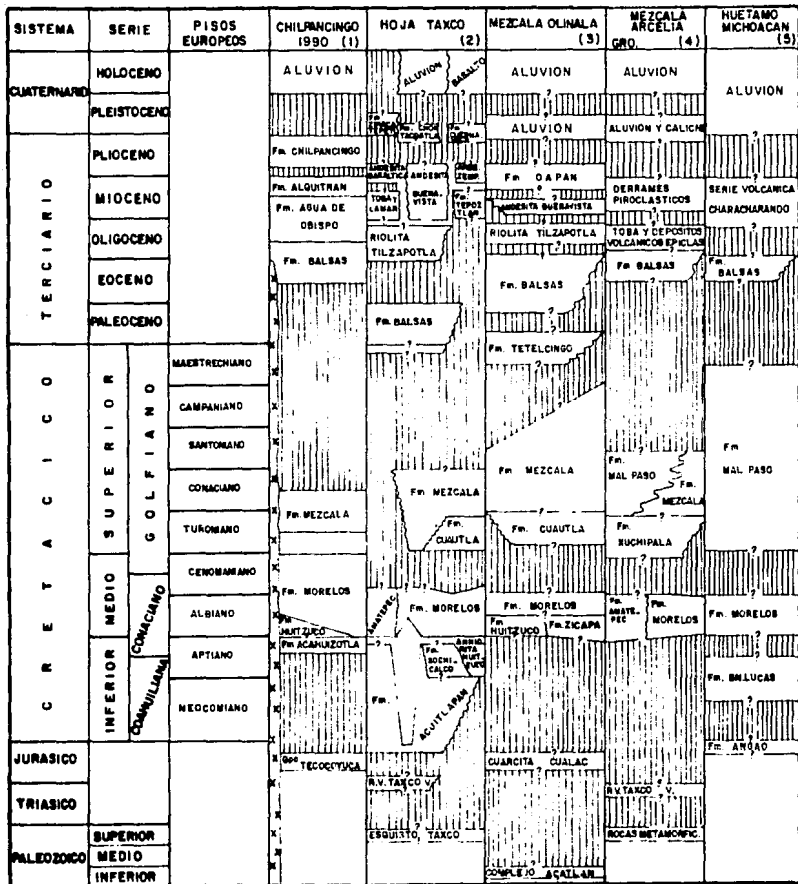
Relaciones estratigráficas:

Al Grupo Tecocoyunca le sobreyace discordantemente la Formación Acahuizotla; además, está afectada por un cuerpo igneo en las proximidades del poblado de Tlapacholapa en el límite sureste de la zona de estudio. El contacto inferior no aflora en el área de estudio.

Edad y correlación:

Erben (1956 a y b) le determinó una edad del Jurásico Medio. Posteriormente Alencaster (1963) clasificó los fósiles en las diferentes formaciones y determinó que los pelecípodos de éstas corresponden al Jurásico Medio. Se correlaciona con la Cuarcita Cualac de la región de Mezcala-Olinalá (De Cserna et. al., 1978).

FIGURA II.2 TABLA ESTRATIGRAFICA DE CORRELACION CRONOESTRATIGRAFICA



- (1) PRESENTE ESTUDIO (1990)
 (2) DE CSERNA C FRIES (1965)
 (3) DE CSERNA (1960)
 (4) ORTEGA (1978)

(5) PANTOJA ALOR (1959)

Origen:

El grupo pertenece a zonas transicionales con un nivel bajo en el tirante de agua, influenciado por oscilaciones en el nivel del mar y gran aporte de terrigenos, en general el depósito se efectuó en cuencas intracratónicas (Erben, 1956).

II.2.2 FORMACION ACAHUIZOTLA (Kia). (Aptiano Superior)

Definición:

De Cserna (en Fries, 1956), designó con el nombre de Formación Acahuizotla a una secuencia de calizas arcillosas y limolitas calcáreas interstratificadas con lutita carbonosa. La localidad tipo se localiza a unos 500 m., al este del poblado de Acahuizotla, otro afloramiento representativo es el localizado en el km. 298 de la carretera México-Acapulco en la barranca La Imagen y se le designa como localidad de referencia.

Distribución:

Se encuentra aflorando en el límite sureste de la zona de estudio en el poblado de Tlapacholapa (ver Plano Geológico).

Litología y espesor.

La Formación Acahuizotla consiste de calizas arcillosas y limolitas calcáreas intercaladas, con espesores de 20 a 50 cm. Las calizas arcillosas son de color azul verdoso y las limolitas son de color negro a verdoso con una textura laminar de 20 cm., de espesor con un rumbo de foliación de 42'NW. La secuencia es de unos 100 m., de espesor, la cual está muy fracturada pero solo está marcado y en algunos casos alcanza hasta 1 cm., de abertura las cuales están rellenas de material arcilloso.

Relaciones Estratigráficas:

La Formación Acahuizotla se encuentra sobreyaciendo de manera discordante a el Grupo Tecocoyunca y subyace a la Formación Morelos de manera concordante, además de tener un contacto tectónico con la misma Formación Morelos al noreste y sureste del poblado de Tlapacholapa.

Edad y correlación:

La edad de la Formación Acahuizotla está determinada por microfaua (miliólidos) del Aptiano Tardío (De Cserna 1960), y es correlacionable con las Formaciones Acuitlapan y Xochicalco del Estado de Morelos, y con la parte inferior de la Formación Tamaulipas Superior de las Cuencas Tampico-Mizantla y Zongolica y con la Formación San Juan Raya del Estado de Puebla.

Origen:

El ambiente de depósito de dicha formación es de plataforma zomera con aporte de terrígenos que impedían el desarrollo de grandes cuerpos arrecifales.

III.2.3 FORMACION HUITZUCO (Aptiano-Albiano Medio)

Definición:

De Cserna et. al (1980), denominó formalmente como Formación Huitzucó, a los afloramientos constituidos esencialmente de anhidrita que en las partes intemperizadas se presenta como yeso, descritas informalmente por Fries (1960) y Bolívar (1963), su localidad tipo se encuentra junto al poblado de Tilzapotla, Morelos, donde se observan sus relaciones con la Formación Morelos, pero el nombre lo toma del poblado de Huitzucó por sus amplios afloramientos.

Distribución:

Se encuentra aflorando al oriente del poblado de Atliaca, extendiéndose hasta los poblados de Ojitos de Agua y Plan de Guerrero, también se encuentra aflorando al norte del poblado de Zumpango del Río (límite norte del estudio).

Litología y espesor:

Esta se considera que se encuentra formando la parte basal de la Formación Morelos, esta compuesta por anhidrita y yesos de color blanco con bandas gris y negras, tiene una textura granular con cierta apariencia laminar, presenta características diapíricas ya que dentro de estas se presentan fragmentos de caliza, como se observa al sureste del poblado Ojitos de Agua, el intemperismo químico es intenso lo cual a provocado la alteración a yesos (muestra P80-18, anexo I), presenta abundantes huellas de disolución, así como un intenso fracturamiento, las fracturas alcanzan hasta 10 cm. de espesor sin material rellenándolas y no se les observó una dirección preferencial. El espesor de estos afloramientos es de aproximadamente 30 m.

Relaciones estratigráficas:

Su contacto superior es tectónico con la Formación Morelos producto del diapirismo, el contacto inferior no se observó.

Edad y correlación:

De Cserna (1980), considera la posibilidad de que el alcance estratigráfico inferior para esta unidad en la parte central del Alto Río Balsas pueda extenderse hasta el Aptiano, debido a que no existen otros estratos fosilíferos de otra formación que contradigan esta interpretación, como es el caso de la región más al norte, donde la Formación Xochicalco del Aptiano se encuentra bajo la anhidrita.

Origen:

Se produce su depositación en cuencas de alta evaporación (De Czerna, 1980).

**II.2.4 FORMACION MORELOS (Kmm)
(Albiano-Cenomaniano)**

Definición:

Fries (1960) denominó como Formación Morelos a una secuencia potente de calizas y dolomías, que aflora en el Estado de Morelos y los estados contiguos de México y Guerrero; no se tiene una localidad tipo ya que donde se encuentra aflorando no se presenta toda la secuencia, por lo que se considera a los afloramientos del Estado de Morelos los más representativos de esta formación.

Distribución:

La Formación Morelos ocupa la mayor parte de la zona de estudio (ver Plano Geológico). La dolomía se encuentra aflorando extensamente a lo largo del flanco sur de los valles de Chilpancingo y Mochitlán y al noreste del poblado de Mazatlán (Aticlinal Xocolmani).

Litología y espesor:

La Formación Morelos consiste de dolomías y calizas.

Las dolomías presentan una coloración negra con textura sacaroides dando un aspecto arenoso (anexo I, muestras J34, P28-24, P103-40 y P12), con abundantes vetillas de calcita, el espesor de esta secuencia alcanza hasta 400 m., como se observa en los pozos T1, T5, M2-A y M3, en los alrededores de Tepechicotlán a Mochitlán.

La secuencia de calizas se observa en la mayor parte del área de estudio, ésta presenta una estratificación media (de 0.10 a 1 m.), en general tiene una textura mudstone-wackestone con vetillas de calcita, estilolitas y acumulaciones de calcita cristalina en oquedades y rellenando fracturas, también se le observan nódulos y bandas pequeñas de pedernal, con esto y con el estudio petrográfico se determinó que se encuentra en facies de plataforma interna (anexo I, muestras P-145 y J-28). Se presenta muy fracturada y en general este fracturamiento es perpendicular a la estratificación, dicho fracturamiento es de marcado hasta 50 cm., de abertura, algunas de estas están rellenas con material arcilloso o suelo vegetal, presenta abundantes huellas de disolución como son lapiaz y oquedades (con aberturas de más de un metro y profundidades de 2 m.), como se observa en la cercanía de la cd. de Chilpancingo, de el poblado de Tixtla a Chilapa, así como al norte del poblado de Colotlipa.

Otro aspecto de las calizas es que presenta zonas donde esta muy triturada teniendo un aspecto brechoide y que está asociada a zonas de debilidad y fallamientos como se observa en la carretera de Chilpancingo-Zizintla.

En la sección A-A' se observan las calizas y dolomías, las primeras son de color gris claro con textura mudstone de estratificación media (0.20 a 1 m.) contienen abundantes nódulos y lentes de pedernal, con la petrografía se clasifico como una biomicrita (anexo I, muestra J-15) en las partes altas del Anticlinal Xocolmani, el espesor de dicha secuencia es de 50 m., éste paquete descansa sobre la dolomia, ya que en el inicio de la sección se presenta ésta con un color negro de textura sacaroides dando una apariencia arenosa. Este tipo de roca aflora a lo largo de la sección con las mismas características anteriores, en las proximidades del poblado de Tepechicotlán (en la barranca). La apariencia arenosa es más evidente dando aspecto de terrón de azúcar (anexo I, muestra J-5). Hacia el punto A' la dolomia es de color negro de textura sacaroides pero con mayor dureza (anexo I, muestra F-3). En general en la sección ambas partes están muy fracturadas con tendencia perpendicular a la estratificación, además de presentar abundantes huellas de disolución, vetillas de calcita y estilolitas.

En la sección B-B'-B'' se observan las mismas características de la sección A-A' hasta el valle; pero no se observaron relaciones que definieran que la dolomia este debajo de las calizas. En esta sección se determinaron rasgos de una falla en las cercanías de la carretera, en el contacto de las Formaciones Morelos y Agua de Obispo debido a que la caliza presenta un aspecto brechoide con material arcilloso y calcáreo; no se pudieron obtener datos del salto de la falla. Del punto B'a B'' la caliza es de color gris claro y en ocasiones con tintes rojos con textura mudstone-wackestone de estratificación delgada (10 a 20 cm.), en el punto B' donde estas capas están casi verticales con características de una falla por la trituración de la misma con espesor de 2 m., hacia el punto B'' la estratificación aumenta a 50 cm., de espesor con abundantes huellas de disolución.

En la sección C-C'' la caliza es de color gris claro con textura mudstone-wackestone y en algunos puntos se encuentra recristalizada (textura sacaroides, muy fracturada con aberturas de hasta 50 cm., siendo perpendicular a la estratificación y abundantes huellas de disolución (lapiaz). Cerca del punto C' presenta macrofósiles y una estratificación de 40 cm., de espesor, la dolomia es de color negro de textura sacaroides con aspecto arenoso (anexo I, muestras J-54 y J-62). De C'a C'' la caliza es de color gris claro con abundantes colores rojos de textura mudstone-wackestone y que en porciones es sacaroides (anexo I, muestra J-79), la estratificación es observable solamente hacia

el poblado de Zacazonapán donde el espesor es de 80 cm., el fracturamiento es intenso y perpendicular a esta; presenta rasgos cársticos intensos, tal es el caso de las dolinas hacia el norte del punto C''. Las zonas donde esta muy fracturada la caliza tiene un aspecto brechoide.

En la sección D-D' al sur del poblado de Coatomatitlán (punto D) se presenta la dolomia de color negro y textura sacaroide (anexo I, muestra F.10), de apariencia arenosa muy fracturada, el espesor es de 20 m., la caliza es de color gris oscuro con textura sacaroide (recristalizada), el fracturamiento es intenso sin dirección preferencial, con huellas de disolución; además de oquedades de 2 m. de altura y profundidades de 2.5 m. Hacia el poblado de Monte Alegre aflora la caliza de color gris claro de textura mudstone con estilolitas, la cual está afectada localmente por un cuerpo igneo de composición intermedia que aflora en el poblado del mismo nombre, también se encuentra afectada por diques de la misma composición del intrusivo. En general esta muy fracturada y en las zonas donde está afallada presenta un aspecto brechoide.

La formación tiene un espesor dentro de la zona de estudio de aproximadamente de 500 metros.

Relaciones estratigráficas:

La Formación Morelos descansa de manera concordante con la Formación Acahuzotla y por contacto tectónico con la misma en las cercanías del poblado de Tlapacholapa. Le sobreyacen la Formación Mezcala así como las más recientes.

Edad y correlación:

Por la abundante fauna (anexo II) encontrada dentro de la Formación, esta tiene una edad Albiano-Cenomaniano, algunos de estos fósiles son:

Nummuloculina hemi (Bonet).

Nummuloculina sp. (Steinmann).

Dicyclina schumbergeri (Munier).

Quinqueloculina sp. (d'Orbigny), etc.

La Formación Morelos es correlacionable en tiempo con las Formaciones El Abra de las Plataformas de Valles, San Luis Potosí y Faja de Oro, Teposcolula de Oaxaca, Sierra Madre de Chiapas y El Doctor (Wilson 1955) de Querétaro e Hidalgo.

Origen:

El depósito es de ambientes de plataforma interna, sin aportes de terrígenos y baja circulación que permitió los depósitos calcáreos con desarrollo de organismos bentónicos, es decir con un ambiente semejante al actual que se desarrolla en las bahamas (Ontiveros 1973).

II.2.5 FORMACION MEZCALA (Ksm). (Turoniano-Cenomaniano)

Definición:

Fries (1960) designó con el nombre de Formación Mezcala a la sucesión de capas interestratificadas de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas con escasos lentes de caliza clástica, toda la secuencia está muy plegada y la repetición de capas es la regla y la sucesión litológica verdadera, el nombre es tomado por el poblado de Mezcala Guerrero, pero la localidad tipo se encuentra a lo largo del río Balsas o Mezcala al oriente del puente de la carretera México-Acapulco, ya que en este tramo las capas de dicha formación están menos plegadas.

Distribución:

La Formación Mezcala se distribuye en los alrededores del poblado de Zumpango del Río abarcando una amplia área en ambos lados de la carretera de los poblados de Tixtla a Atliaca y Zacazonapan, en los alrededores de El Durazno, Zoquiapa, Vista Hermosa y Achisca (ver Plano Geológico).

Litología y espesor:

La litología de la Formación Mezcala se presenta similar en la zona variando solamente en espesor, de esta manera se presenta una secuencia arritmica (muestras F156-A, P98-29 y F147-27, anexo I) de areniscas calcáreas de 5 a 30 cm., de espesor y lutitas calcáreas de 15 a 30 cm., respectivamente, de color pardo presentando estas últimas una textura laminar (Zumpango del Río, Atliaca, El Troncón y Almolonga), el espesor aumenta en Tixtla, al norte de Monte Alegre y Pantlimani. Las areniscas calcáreas tienen de 50 cm., a un metro y las lutitas de 20 a 50 cm., en términos generales presentan una coloración pardo claro tanto al fresco como al intemperismo, se encuentran deformadas con un fracturamiento intenso que se observa solo marcado, las aberturas son de pocos centímetros y están rellenas por material arcilloso producto del intemperismo de la misma formación. El espesor de la formación varía de unos cuantos metros hasta 100 metros en el poblado de Zumpango del Río.

Relaciones Estratigráficas:

La Formación Mezcala sobreyace a la Formación Morelos en el noreste de la cd. de Chilpancingo, y le sobreyace la Formación Balsas en discordancia angular al oeste de Zumpango del Río. También presenta contactos tectónicos (fallas normales) con las Formaciones Morelos, Balsas y Agua de Obispo.

Edad y correlación:

La edad de la formación esta determinada por el contenido fósilífero como lo son:

Fósiles del Turoniano.

Calciesphaerula innomita (Bonet).

Pithonella ovalis (Räuffman).

Fósiles del Conaciano Temprano.
El pelecípodo Didymotis sp (Imlay).

Por lo cual la edad de la Formación Mezcala es Turoniano-Cenomaniano Temprano.

Cronoestratigráficamente dicha formación es correlacionable con la Formación Mal Paso de la región de Huastamo.

Origen:

La Formación Mezcala constituye un depósito tipo flysch (De Cserna, 1965), lo cual indica que se desarrolló en áreas de turbiditas.

II.2.6 FORMACION BALSAS (Teob). (Eoceno-Oligoceno)

Definición:

Fries (1960), denominó Grupo Balsas a una serie de rocas clásticas (conglomerados calizos, arcillas, limos, yesos, tobas, brechas volcánicas y corrientes lávicas) que descansan sobre las rocas mesozoicas deformadas o bien sobre rocas más antiguas, dentro de la cuenca del Río Balsas, pero por no cumplir con los requerimientos del Código de Nomenclatura Estratigráfica (1961), para llamarlo formalmente grupo, de Cserna en 1965 la nombra Formación Balsas. Su localidad tipo se ha definido por extensos afloramientos que se localizan en las cercanías de Iguala y en áreas cercanas a Taxco en el Estado de Guerrero.

Distribución:

La Formación Balsas se encuentra aflorando en las laderas de los cerros contiguos a la cd. de Chilpancingo, y en pequeños afloramientos aislados en las laderas de los Valles de Mochitlán-Quechultenango y en las cercanías del poblado de Mazatlán (ver Plano Geológico).

Litología y espesor:

La Formación Balsas varía en litología y en espesor de un lugar a otro, sin embargo se han determinado dos partes de dicha formación en la zona de estudio.

La parte inferior consiste de un conglomerado calcáreo con fragmentos de caliza, dolomía y pedernal, de color rojizo a gris que varía en su compactación, el primero se encuentra bien cementado al este de la cd. de Chilpancingo y sureste de Zumpango del Río con mala clasificación, su granulometría varía de arena a cantos de 20 cm, los cuales son de angulosos a subredondeados. El fracturamiento que presenta es bajo y está sólo marcado, las fracturas tienen aberturas mínimas y en

ocasiones están rellenas por material arcilloso y caliche. El otro conglomerado calizo se encuentra poco consolidado, mal clasificado con la granulometría similar al anterior en una matriz arenarcillosa, presenta superficies de caliche. al este de la cd. de Chilpancingo presenta espesores de hasta 50 metros.

Sobre este conglomerado se tiene una secuencia de capas de arenas (material tobáceo), arcilla y yesos al sur de el poblado de Mochitlán, se encuentra sin compactar y en conjunto tienen una coloración rojiza. Los yesos presentan una pseudoestratificación de 80 cm., de espesor dentro de las arenas tobáceas, este intervalo está poco fracturado y relleno por el mismo material.

En la sección C-C' y D-D' se presentan fragmentos de un conglomerado calizo cementado de color gris oscuro con fragmentos de caliza y Potos de pedernal, por sus pequeñas dimensiones no se cartografió. También en la sección D-D' al norte del poblado de Coatomatlán el conglomerado no está cementado y contiene fragmentos calcáreos y tobáceos en una matriz arcillosa.

El espesor aproximado de la formación es de hasta 60 metros.

Relaciones estratigráficas:

La Formación Balsas descansa en discordancia angular con la Formación Mezcala en el oeste del poblado de Zumpango del Río y oeste de Chilapa de Álvarez, de manera similar con la Formación Morelos al norte de Petaquillas y sur de Mochitlán. Le sobreyacen en forma discordante las Formaciones Agua de Obispo, Alquitrán (suroeste de Mazatlán), Chilpancingo.

Edad y correlación:

Por las relaciones estratigráficas de la Formación Balsas (Fries, 1960), le determino una edad Eoceno-Oligoceno. Sin embargo De Cserna y Fries (Hoja Taxco, 1981) determinan tentativamente una edad de Maastrichtiano-Eoceno Temprano a Medio, por la posible correlación de la base andesítica de la Formación Balsas con la Formación Tetelcingo (Ortega 1980), y las edades obtenidas de la parte inferior de la Riolita Tilzapotla del Eoceno Medio-Oligoceno Temprano.

Origen:

Se le considera como un depósito de tipo molasse continental, por ser un depósito post-orogénico (De Cserna 1985).

II.2.7 FORMACION AGUA DE OBISPO (Toao). (Mioceno)

Definición:

De Cserna (1956) definió con el nombre de Formación Agua de Obispo a una secuencia de rocas piroclásticas y derrames lávicos de composición andesítica. La localidad tipo se localiza en las proximidades del poblado de Agua de Obispo, entre los kilómetros 306 y 311 de donde toma el nombre.

Distribución:

Aflora extensamente al nordeste y norte de Tixtla, así como al norte y sur de Chilapa de Alvarez, también en pequeños afloramientos al sur de Mochitlán y este de Atlixaca (ver Plano Geológico).

Litología y espesor:

Consiste de tobas consolidadas interestratificadas con arenas volcánicas de color violáceo, gris y pardo tanto al intemperismo como al fresco, la capas son de medias a gruesas que llegan a alcanzar un metro en ambos casos, se encuentra fracturada con dirección perpendicular a las capas, las cuales están rellenas por el mismo material arenoso, en la carretera de Chilpancingo a Tixtla. Hacia el oeste de Atlixaca y Chilapa se presenta como un aglomerado volcánico con clastos del tamaño de arena y grava, poco consolidado e interestratificado con arenas volcánicas (tobas), dicho aglomerado presenta diastratificación, los granos son de subangulosos a subredondeados.

En la sección C-C' se presenta como tobas consolidadas de color gris muy fracturada y arenas volcánicas de color rojo con espesores de 3 metros que se encuentran sobreyaciendo a la Formación Morelos (Muestra P66, Anexo I).

El espesor de la formación alcanza 40 m., en la carretera Chilpancingo Tixtla y 70 m., al norte de Colotlipa.

Relaciones estratigráficas:

Sus contactos son discordantes con las Formaciones Balsas y Morelos que le subyacen al sureste de Mochitlán y al oeste de Tixtla; de igual manera la Formación Alquitrán le sobreyace en las cercanías de el poblado de Mazatlán.

Edad y correlación:

La edad de la formación esta definida por su posición estratigráfica y de acuerdo a sus contactos discordantes se le designa una edad miocénica, es correlacionable con las Formaciones Iepoztlán de la región de Cuernavaca y Riolita Tlzapotla de la región de Taxco (Fries y De Cserna 1981).

Origen:

Su lugar de origen debió haber sido al norte de Chilpancingo ya que es donde presenta un mayor espesor y que disminuye hacia El Ocotito, por la diastratificación que presenta es posible que haya sido depositada por corrientes de agua (De Cserna, 1965).

**II.2.8 FORMACION ALQUITRAN (Tma).
(Mioceno)**

Definición:

De Cserna (1965) definió como Formación Alquitrán a una secuencia que consiste de derrames piroclásticos de composición riódacítica y de piroconsolidación variable. El nombre de esta unidad proviene del Cerro Alquitrán, situado al oeste del Valle de Nejava.

Distribución:

Dicha formación se encuentra aflorando en el extremo suroeste de la zona de estudio, principalmente en las cercanías de el poblado de Mazatlán y en la Barranca Onda (ver Plano Geológico).

Litología y espesor:

Consiste de tobas poco consolidadas de color verde pistache, la cual esta muy intemperizada dando una apariencia arenosa, sin fracturamiento y con un espesor de 10 m. Hacia la Sierra Alquitrán (Barranca Onda) se presenta una toba consolidada de color pardo claro en la cual se observan cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas, no muestra fracturamiento. Al este de Mazatlán se presentan tobas arenosas y conglomeráticas de color ginda las cuales presentan una semiestratificación delgada a media con espesores de 19 a 70 cm., teniendo una inclinación de 30'SW-25.

El espesor de la formación es de 100 metros.

Relaciones estratigráficas:

Al oeste de Mazatlán descansa discordantemente con las Formaciones Balsas y Morelos.

Edad y correlación:

La edad de la Formación Alquitrán no esta bien definida pero por estar sobre la Formación Agua de Obispo se la considera del Mioceno Tardío, es correlacionable con la Formación Papagayo (De Cserna, 1965).

Origen:

La secuencia se depósito probablemente en una pequeña laguna (De Cserna, 1960).

II.2.9 FORMACION CHILPANCINGO (Tfch). (Plioceno)

Definición:

De Cserna (1965), denominó como Formación Chilpancingo a una secuencia de conglomerados, arenas, limolitas y arcillas, que constituyen una serie de abanicos aluviales y toma el nombre de la cd. de Chilpancingo.

Distribución:

Su distribución está restringida a el Valle de Chilpancingo y pequeñas porciones entre los poblados de Mochitlán y Quechultenango (ver Plano Geológico).

Litología y espesor.

La Formación Chilpancingo esta compuesta por arenas y conglomerados de color ginda, las arenas tienen una estructura laminar y no están consolidadas, el conglomerado es poco consolidado, el tamaño de sus granos son hasta de 10 cm., son subangulosos a subredondeados, formados por fragmentos volcánicos y calizos. El espesor de ambas partes es de 30 m., sobre la carretera México-Acapulco; hacia el poblado de Amoljileca alcanza 15 m., donde el conglomerado presenta diastratificación y una secuencia gradual.

Relaciones estratigráficas:

La Formación Chilpancingo cubre discordantemente a la Formación Balsas en los flancos de los cerros en el Valle de Chilpancingo y entre Mochitlán y Quechultenango.

Edad y correlación:

La edad esta determinada por fósiles de agua dulce e incluyen Planorbis sp., Cypris sp y fragmentos de madera (De Cserna, 1965), por lo que tiene una edad Mio-Plioceno. Es correlacionable con la Formación Cuernavaca (Fries, 1960) de la región norte-central de Cuernavaca.

Origen:

Estructuras primarias tales como estratificación gradual y diastratificación indican que el depósito se efectuó por medio de corrientes de agua.

II.2.10 ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS (Igi). (Cretácico Tardío-Oligoceno Tardío)

Estos cuerpos igneos se observan a lo largo de la línea D-D'. En el poblado de Monte Alegre se encuentra un cuerpo de manera más sana y contiene abundante feldespato, anfíboles, micas y poco cuarzo de acuerdo al estudio petrográfico se determinó que es una diorita (muestra MA, anexo I). En el camino de Coatomatitlán a Monte Alegre se observan diques de hasta 2 metros de espesor muy alterados dando origen a un suelo arcilloso. Al sur de Coatomatitlán aflora otro cuerpo igneo muy alterado, estos cuerpos se encuentran afectando a las calizas de la Formación Morelos. Al norte del poblado de Monte Alegre el cuerpo igneo afecta a la Formación Mezcala, de acuerdo a las características similares que presentan se considera que este es el mismo que aflora en el poblado.

Otros cuerpos igneos se encuentran aflorando al oeste del poblado de Tlapacholapa (muy alterados), y en la barranca de Tlacotepec donde se observan feldespatos, micas y poco cuarzo, por el estudio petrográfico se determinó que es una diorita (muestra P4-16, anexo I).

II.2.11 ALUVION (Reciente)

Es el material más reciente y se encuentra cubriendo los Valles de Chilpancingo, Mochitlán y Quechultenango, también se presenta en pequeñas porciones ocupando las partes bajas.

Esta formado por conglomerados y arenas sin consolidar, presentando una semiestratificación y el conglomerado una gradación. Sus granos son subangulosos a subredondeados con tamaños de grava, las arenas son de grano fino con una estructura laminar. El espesor observable es de 2 m., en las proximidades de Atliaca y en el cause del Río Huacapa.

II.2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

II.2.3.1 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

La zona de estudio presenta dos características estructurales diferentes. Una se encuentra afectada por una serie de fallas normales en aparente sistema distensivo, localizada en la zona sur del presente estudio. La otra tiene pocas estructuras de este tipo y ocupa la porción norte del estudio. En general la orientación de dichas estructuras es noroeste-sureste y este-oeste, se consideran como dos bloques, uno alto "uphorst" y otro bajo "grabens" llamados bloques Acahizotla y Huitziltepec respectivamente (Geoservicios, 1987).

A continuación se describen las estructuras dentro de la zona de estudio.

BLOQUE ACAHIZOTLA.

Anticlinal Bordo Alto.

Se localiza al este de la cd. de Chilpancingo con una longitud aproximada de 7 km., dentro del presente estudio, con una dirección cambiante de este-oeste a noroeste-sureste, su longitud de onda de plegamiento es de 3.5 km. Es ligeramente asimétrico, sus flancos están afectados por las Fallas Duraznales y Lagunillas.

Anticlinal los Amates.

Se localiza al suroeste de la cd. de Chilpancingo con una longitud aproximada de 7 km., dentro de la zona de estudio, con una dirección noroeste-sureste. Es ligeramente asimétrico con una longitud de onda de plegamiento de 2.5 km. Su flanco norte está afectado por la Falla Bordo Colorado.

Anticlinal el Fresno.

Se localiza al suroeste de la cd. de Chilpancingo, tiene una longitud de 8.5 km., con una dirección noroeste-sureste, con una longitud de onda de plegamiento de 1 a 2 km., aproximadamente. Su flanco suroeste está afectado por la Falla Moyoapa.

Anticlinal Xocolmaní.

Se localiza al noreste del poblado de Mazatlán y es una estructura ligeramente asimétrica hacia el oeste, con una longitud aproximada de 10.5 km., con una dirección arqueada de este-oeste a noroeste-sureste, su longitud de onda de plegamiento es de 3.5 km. Su flanco sur está afectado por 2 fallas paralelas con la misma dirección a su eje y estas son las Fallas Chacotla y las Pozas.

Anticlinal el Naranjo.

Se localiza al sureste del poblado de Mochitlán con una longitud dentro de la zona de 6.5 km., aproximadamente, con una dirección noroeste. Su flanco noreste está afectado por las Fallas Peña Larga y El Naranjo.

Sinclinal Amoljileca.

Se localiza al suroeste de la cd. de Chilpancingo con una longitud de 15 km., con una dirección noroeste y ligeramente arqueada en su extremo norte con una dirección este-oeste, con una longitud de onda de plegamiento de 2 a 3 km. Su flanco suroeste está afectado por la Falla Bordo Alto.

Falla los Duraznales.

Se localiza desde el sur de la Cd. de Chilpancingo hasta la porción noroeste de la zona de estudio, con una longitud aproximadamente de 14 km., su dirección es cambiante pero con tendencia noroeste-sureste. Es de tipo normal con buzamiento hacia el noreste, pone en contacto a las Formaciones Morelos y Balsas, se considera como límite del bloque Acahuizotla.

Falla Lagunillas.

Se localiza al norte de Amoljileca con una longitud de 10 km. Es de tipo normal con una dirección noroeste-sureste y que se curva hacia el límite oeste de la zona de estudio, es buzante hacia el suroeste.

Falla Bordo Colorado.

Se localiza al sur de Amoljileca, tiene una amplitud aproximada dentro de la zona de 8 km., con una dirección noroeste-sureste. Es de tipo normal con buzamiento hacia el noreste.

Falla Moyoapa.

Se localiza al norte del poblado de Iglesia Vieja con una longitud de 6.5 km. Es de tipo normal con una dirección noroeste-sureste y buzamiento hacia el suroeste, pone en contacto a las Formaciones Morelos y Alquitrán.

Falla Yerba Santa.

Se localiza en la esquina suroeste de la zona de estudio con una extensión aproximada de 8 km., dentro de la misma y una dirección norte-sur con buzamiento hacia el este. Se encuentra afectando a las Formaciones Morelos y Alquitrán, hacia el sur las pone en contacto.

Falla Mal Paso.

Se localiza al sur de la cd. de Chilpancingo y se extiende casi hasta el límite de la zona de estudio en una dirección noreste-suroeste, con una amplitud de 12 km. Es de tipo normal con buzamiento hacia el sureste. Se encuentra afectando a las Formaciones Morelos y Alquitrán y además las pone en contacto.

Falla Pozas Azules.

Se localiza al noroeste del poblado de Mazatlán con una dirección de 40 grados noreste-surroeste y un buzamiento de 70 grados al sureste, es de tipo normal con un salto aproximado de 500 m., se encuentra afectando a las Formaciones Morelos y Balsas.

Fallas Chacotla y las Pozas.

Se localizan al este del poblado de Mazatlán, su dirección es curva y cambia de oeste-este a norte-sur, con una longitud de aproximadamente de 8 km., mostrando un cierto paralelismo entre ambas. Su buzamiento varía por la forma que presentan y es de suroeste a oeste con intensidad de 75 a 80 grados. La falla Chacotla tiene un salto de 100 m., y las Pozas 150 m., ambas ponen en contacto a las Formaciones Morelos y Alquitrán.

Falla Peña Larga.

Se localiza al este del poblado de Tlacotepec con una dirección noroeste-sureste y una longitud dentro de la zona de aproximadamente 6 km. Es de tipo normal y buzante hacia el noreste. Junto con otra falla normal pequeña da un aspecto escalonado y pone en contacto a las Formaciones Morelos, Acahuizotla y al Grupo Tecocoyunca.

Falla el Naranja.

Se localiza al oeste del poblado de Quechultenango con una longitud de 8 km. Es de tipo normal con buzamiento hacia el noreste, se encuentra desplazando a la Formación Morelos y se considera como límite entre el bloque Acahuizotla y Huitziltepec.

Falla Barranca Santa Rosa.

Se localiza al norte del poblado de Tepechicotlán con una longitud de 3.5 km. Es de tipo inversa, con el cabalgamiento hacia el sur, se encuentra afectando a la Formación Morelos con un ángulo de inclinación de 60 grados y una dirección N 50 W. El plano de falla tiene un espesor de 5 metros.

BLOQUE HUITZILTEPEC.

Sinclinal Huacapa.

Se localiza en el Valle de Mochitlan-Quechultenango con una longitud de 13 km., y una dirección noroeste-sureste. Se encuentra afectado en sus flancos por las Fallas El Naranja y El Limón; es simétrico y amplio.

Falla Topiltepec.

Se localiza al oeste del poblado Topiltepec, con una longitud de 7 km., dentro de la zona de estudio y una dirección noroeste-sureste buzando hacia el suroeste. Pone en contacto a las Formaciones Morelos y Agua de Obispo.

Falla Tlalchichigli.

Se localiza al oeste del poblado de Atliaca, con una longitud de 10 Km., en la zona de estudio. Es de tipo normal con una dirección noroeste-sureste buzando hacia el suroeste. Pone en contacto a la Formación Morelos con las Formaciones Mezcala y Agua de Obispo.

Falla Pochahuisco.

Se localiza al este del poblado de Pochahuisco con una longitud de 7 Km., una dirección noroeste-sureste buzante hacia el suroeste. Pone en contacto a las Formaciones Morelos y Agua de Obispo.

Falla el Aguacate.

Se localiza al norte de la cd. de Chilpancingo con una longitud de 18 Km., en la zona de estudio, es de tipo normal y una dirección cambiante, pero con una tendencia noroeste-sureste, el buzamiento es de 70 grados noreste con un salto de 50 m.

Falla El Troncón.

Se localiza al sur de la cd. de Tixtla con una longitud de 11 Km. Es de tipo normal con una dirección noroeste-sureste y buzando hacia el noreste, tiene un salto de 40 m. Pone en contacto a las Formaciones Morelos y Mezcala.

Falla Monte Alegre.

Es casi paralela al sinclinal Huacapa, tiene una longitud de 11.5 Km. Es de tipo normal y una dirección noroeste-sureste con una curvatura hacia el poblado de Monte Alegre teniendo una dirección este-oeste y un buzamiento hacia el noreste. Pone en contacto a las Formaciones Morelos y Mezcala.

Falla El Limón.

Es casi paralela a la Falla Monte Alegre con una longitud de 13.5 Km., es de tipo normal con un buzamiento hacia el sureste y un salto de 30 m., esta afectando a la Formación Morelos.

La deformación de las rocas mesozoicas es producto de esfuerzos compresionales ocasionados por la Orogenia Laramide (Paleoceno), que produjeron la emersión de toda la región y que dan origen a los depósitos post-orogénicos (Formación Balsas). Posteriormente se estableció un régimen distensivo produciendo un sistema de fallas y fracturas que permitieron el emplazamiento de cuerpos ígneos, seguidos por una actividad volcánica hasta el Mioceno, las cuales presentan cierta inclinación lo que indica que el sistema distensivo se encontraba activo hasta después de estos eventos volcánicos. Las fallas presentan una dirección preferencial noroeste-sureste y este-oeste. Las estructuras tienen una dirección similar, por lo que de Cerna (1965), define que la compresión regional relativa es en dirección este-oeste y la tensión regional es en dirección norte-sur.

II.2.4 GEOLOGIA HISTORICA.

A continuación se describen brevemente los eventos geológicos ocurridos en el área de estudio y que están ligados a la evolución de la Cuenca Morelos-Guerrero.

Durante el Jurásico se efectúa una intensa erosión de las rocas ya existentes, del cual se produce el depósito de materiales en un ambiente tectónico epicontinental de rocas clásticas y carbonatadas que forman el Grupo Tecocoyunca, este depósito se relaciona con el inicio de una transgresión marina en el Jurásico Medio, y que constituye la base para los depósitos carbonatados del Cretácico.

Al inicio del Cretácico con la transgresión marina se depositan capas carbonatadas clásticas que constituyen la Formación Acahuizotla. A finales del Aptiano la invasión marina cubre de manera intermitente a la región con lo cual se acumulan las evaporitas (Formación Huitzucó). A mediados del Albiano los depósitos carbonatados quedan libres de terrígenos, permitiendo que se formen potentes capas de caliza en un ambiente de plataforma (Formación Morelos), y cuyo depósito se extiende hasta el Cenomaniano.

A fines del Cenomaniano se comienzan a manifestar las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide, por lo que se produce la emersión de algunas áreas y el retiro paulatino de las aguas marinas como reflejo de la inestabilidad tectónica. Sin embargo, la circulación marina volvió a su normalidad y en el fondo del mar se extendieron grandes cantidades de material terrígeno en turbiditas y debido a esto se desarrollan los depósitos tipo flysch (Formación Mezcala), en las zonas profundas.

Al final del Cretácico y principios del Terciario se retiran las aguas marinas por los efectos tectónicos producidos por la revolución Laramide, desarrollando los levantamientos del fondo marino acompañados de un intenso plegamiento y fracturamiento de las rocas mesozoicas, las cuales a su vez son intrusadas por cuerpos ígneos contemporáneos a esta revolución.

Durante el Eoceno Tardío y Oligoceno se produce la erosión de las partes elevadas produciendo depósitos de materiales clásticos gruesos y finos que se acumularon en cuencas cerradas (Formación Balsas), las cuales presentan intercalaciones tobáceas, las que indican una actividad volcánica incipiente.

Al final del Eoceno e inicio del Mioceno, se producen las manifestaciones volcánicas de composición dacítico-andesítica (Formación Agua de Obispo) y riódacítica (Formación Alquitrán). Posteriormente se producen fallas que dislocaron a las formaciones terciarias y aún más antiguas, al mismo tiempo continuó la intensa erosión que da origen a sedimentos lacustres del Plioceno (Formación Chilpancingo).

II.2.5. GEOLOGIA DEL SUBSUELO.

Este subcapítulo se elaboró con base en la interpretación geofísica elaborada por Geoproyectos en 1988, realizado en los Valles de Chilpancingo y Mochitlán, estos fueron complementados por las observaciones de campo y cortes litológicos de pozos en la zona.

El estudio geofísico se realizó con sondeos eléctricos verticales mediante arreglos tipo schlumberger, 50 en total, los cuales fueron distribuidos en 9 perfiles de resistividades aparentes.

Se definieron unidades geoelectricas y se asociaron a características litológicas y quedan de la siguiente manera:

UNIDADES GEOELECTRICAS	RESISTIVIDADES (OHM-M)
1A	77-376
2A	205-2181
B	28-89
H	10-30
C	2-21
D	10-380
E	28-93
F	46-201
G	3-39

Asociada a la litología (Geoproyectos 1988).

Litología	Simbología	Descripción
Material conglomerado Cuaternario y Terciario.	Q/Tcgg	En las unidades E y G los valores de resistividad varien en función de la cantidad de arcilla que presentan, tiene un empaquetamiento semiabierto con alta permeabilidad aunque sus características a lo largo y ancho de los valles no son muy homogéneos, con espesores de 30 m., máximos en el Valle de Chilpancingo.

Material Volcánico Terciario Medio	Tmv	En las unidades E y F los valores de resistividad están asociados a material volcánico, con espesores promedio de 15 m., y solamente se presenta en el Valle de Mochitlán.
Material arcilloso Terciario Inferior	Tif	En las unidades C y D los valores de resistividad indican un gran contenido de arcilla con espesores de 300 m., en promedio en el Valle de Chilpancingo, en el Valle de Mochitlán se encuentra a lo largo y ancho de él, con espesor de 170 m.
Material conglomerático Terciario Inferior	Ticg	El valor de la resistividad en la unidad B es producto de bajo contenido arcilloso y un grado de compactación, se encuentra en el Valle de Chilpancingo con 120 m., de espesor y en el Valle de Mochitlán 70 m.
Caliza	Kmm	Los valores de resistividad de la unidad 1A es debido a la dolomitización, disolución y/o metamorfismo de contacto y fracturamiento que presenta la caliza. Los valores bajos son de la porción superior de las calizas y se atribuyen a que la roca está más fracturada y/o alterada, los valores altos indican que puede estar más sana y menos fracturada la caliza en las porciones inferiores. Se encuentra a todo lo largo y ancho de los valles de Chilpancingo y Mochitlán con profundidades de 600 y 250 m., respectivamente.

Intrusivo igneo
Terciario

Igi

Estas rocas son cuerpos intrusivos de ocurrencia irregular en el subsuelo, caracterizados por presentar altas resistividades, se asocian principalmente a zonas de falla o fractura.

Con este mismo criterio se infirieron las fallas I, II, III y IV (señaladas en el plano geológico), así como los sinclinales Chilpancingo, Huacapa I, Amoljileca y Mochitlán.

De las observaciones de campo se tiene la siguiente configuración del subsuelo en ambos valles.

VALLE DE CHILPANCINGO.

En este valle se observan hacia sus flancos los afloramientos de la Formación Balsas con una litología de conglomerado calcáreo poco consolidado con matriz arcillosa como se mencionó en el subcapítulo II.2. De acuerdo a las características determinadas con el estudio geofísico el autor asoció a las unidades geoelectricas T1c9 y T1f con la Formación Balsas con un espesor aproximado de 350 a 400 m., y la unidad geoelectrica R/Tsc9 a la Formación Chilpancingo y al material reciente con espesor de 30 a 50 m., aproximadamente; hacia la parte inferior se presenta la Formación Morelos asociada a la unidad geoelectrica Kmm a una profundidad de 400 m.

Por lo que respecta a las estructuras de las 2 fallas en este valle, la Falla II es poco observable principalmente al sur del poblado de Petaquillas en donde la Formación Morelos se encuentra en contacto con la Formación Chilpancingo, así como en la Kmm se presenta muy triturada con un aspecto brechoide con porciones bajas de material arcilloso. La Falla I no se observa en la superficie por estar cubierta por la Formación Chilpancingo y el material reciente.

VALLE DE MOCHITLAN.

En este valle hacia su flanco norte se observa solamente la Formación Morelos y hacia el flanco sur se encuentran aflorando las Formaciones Morelos, Balsas y Agua de Obispo, y el material reciente cubriendo el valle, por lo que el autor asocia a las unidades geoelectricas Q/Tscg a el material reciente con espesor de 20 a 30 m., Tmv a la Formación Agua de Obispo con espesores de 20 a 30 m., ya que este consiste de arenas tobáceas con material volcánico consolidado y debido a que se presentan afloramientos como ya se mencionó, es posible que esta unidad se encuentre en el subsuelo. A las unidades Ticg y Tif se les asocia a la Formación Balsas ya que en el flanco sur se presentan pequeños afloramientos del conglomerado calcáreo consolidado con fragmentos de caliza y pedernal en un cementante calcáreo, sobreyaciendo a este material se presenta una secuencia arenolimolítica con fragmentos calcáreos, material volcánico y capas de yeso (0.50 cm., de espesor), la secuencia total tiene un espesor de 50 a 100 metros, las cuales se asemejan a las características litológicas que se determinaron en el estudio geofísico. El cuerpo igneo está representado por la gran resistividad que se presenta en el subsuelo.

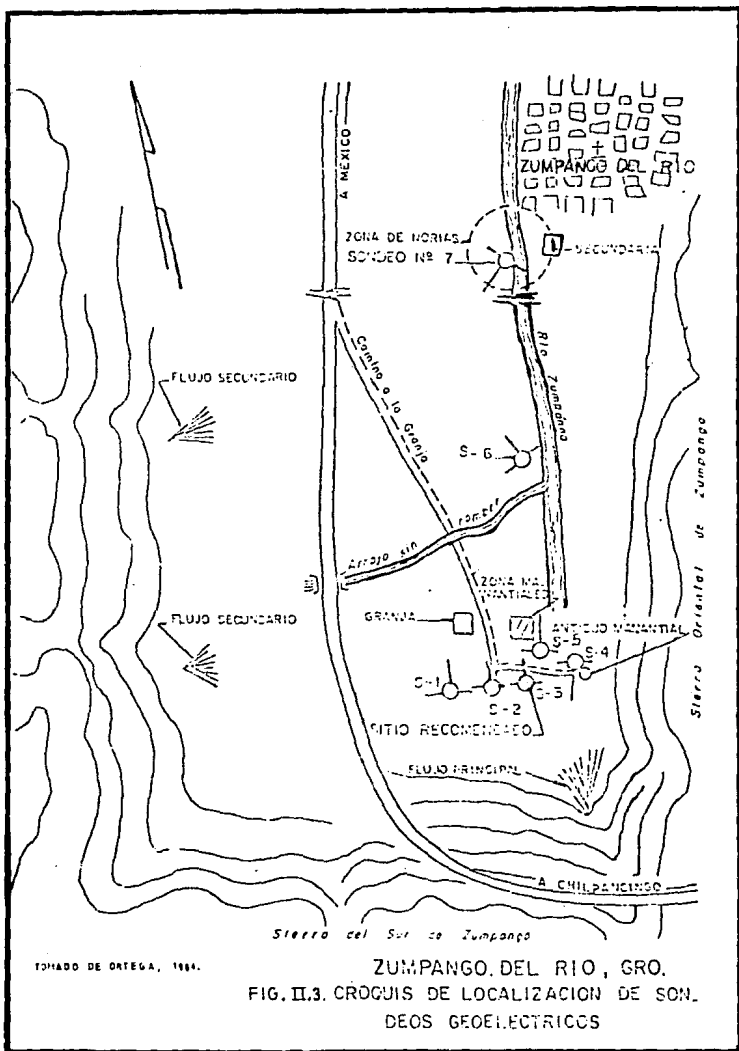
La estructura del sinclinal Huacapa esta bien representada por los datos estructurales que se obtuvieron en ambos flancos del valle. Dicho sinclinal es amplio al sur, además de estar afectado por las dos fallas (III y IV) señaladas en el plano geológico. Los datos estructuras obtenidos en las capas de yeso de la Formación Balsas dan la relación de como estas están afectadas por la falla III la cual es de tipo normal. En la sección B-B' se pudo observar el material triturado de la dolomía y en el pozo T5 a los 300 metros el material arcilloso con abundante calcita producto de esta falla. La falla IV presenta las evidencias principalmente en el cerro Tepoltzin donde se tiene una trituración de las calizas de la Formación Morelos.

Con la descripción petrográfica de muestras de afloramientos y de canal obtenidas de los pozos T1, T5, M3, y M2A se definieron las facies de plataforma interna. Los pozos fueron perforados en el material dolomítico de la Formación Morelos, en las muestras de canal se notó que se presenta un alto grado de dolomitización y la presencia del fenómeno de dedolomitización por procesos hidrotermales producto de los emplazamientos igneos en el subsuelo que atacaron a la dolomía secundaria (anexo I), por otro lado, se presentó la anhidrita en el pozo M3 a partir de los 240 metros de profundidad disminuyendo hacia los 300 metros, lo cual indica que sufrió un evento diápirico (figura de cortes litológicos).

ZUMPANGO DEL RIO.

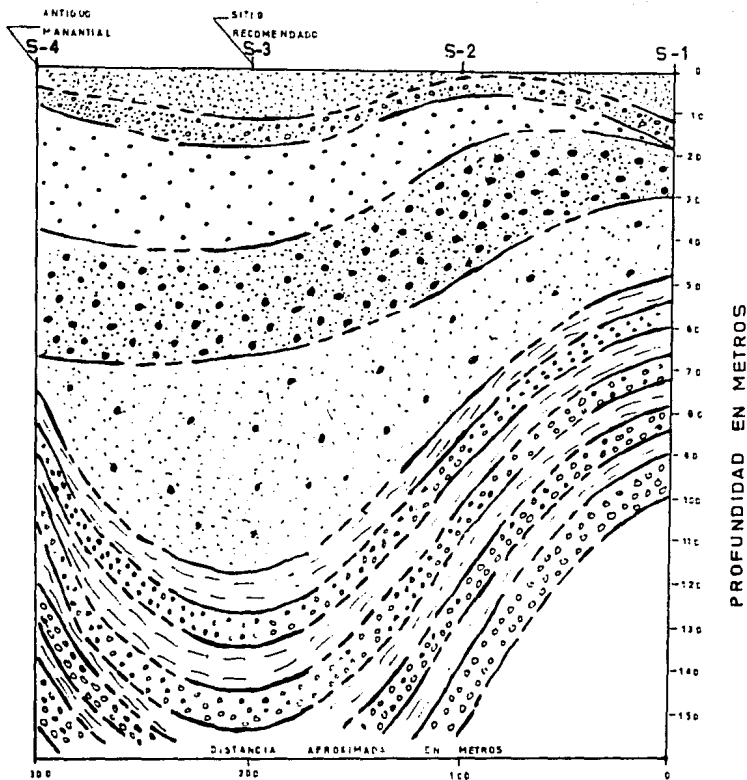
Por lo que respecta a la porción de Zumpango del Rio se efectuó un estudio geofísico en 1984 para SEMUE, Figura II.3, el cual fue muy local y se ubica a la altura del Km., 92 de la carretera Iguala-Chilpancingo, el método empleado fue el de relaciones de caídas de potencial (R.C.P) en su segunda variante y siendo $M=3$, con el cual se realizaron 7 sondeos con profundidad a 100 m., de los cuales se determinaron los cortes geológicos probables siendo estos principalmente espesores de 30 a 100 m., de material arenoso con abundante material arcillosos. Subyaciendo a estos se tiene la secuencia de lutitas, areniscas Figura II.4, (Ortega, 1984). dichos cortes son factibles ya que de acuerdo a las relaciones determinadas en campo se observo el material reciente compuesto por gravas, arenas sin consolidar con espesor de 4 m., como se presenta al norte del poblado de Zumpango del Rio al igual que en el arroyo seco que atraviesa la zona de los sondeos. Hacia la sierra y en los arroyos aflora la Formación Mezcala la cual está representada en los sondeos.

Hacia el limite noroeste del poblado de Zumpango del Rio la SEMUE perforó un pozo a 400 metros, cortando arenizas calcáreas (arenita litica), muestra FM 250 metros y a los 400 metros (anexo I) fue cortado un cuerpo igneo de composición intermedia (Diorita).



TOHADO DE ORTEGA, 1964.

ZUMPANGO DEL RIO, GRO.
 FIG. II.3. CRÓQUIS DE LOCALIZACIÓN DE SON.
 DEOS GEOELECTRICOS



GRAVA CON ARCILLA

ARENA

ARENA CON ARCILLA

ARCILLA CON ARENA

ARCILLA

ARENISCAS

LUTITAS

———— CONTACTOS DETECTADOS

- - - - CONTACTOS INFERIDOS

TOMADO DE ORTEGA 1984

ZUMPANGO DEL RIO, MPIO. M.N. GRO.
 FIG 114 CORTE GEOFISICO GEOLOGICO PROBABLE

CAPITULO III.

III. HIDROLOGIA GENERAL.

III.1 CLIMATOLOGIA.

Para realizar el análisis climático fue utilizada la información publicada por la Dirección General de Geografía, donde se obtuvo la clasificación climática de Köppen, modificada por E. García, además se contó con la información de las estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio y que están supervisadas por la SARH y CFE., (Figuras III.1 y III.2), por lo que en el área se presentan los siguientes tipos de climas.

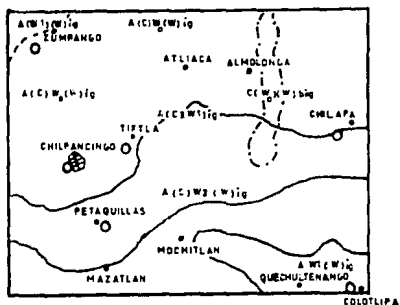
Al noroeste de la población de Zumpango del Río se tiene el clima A(w1)(w)ig, que corresponde al más seco de los climas subhúmedos con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal < 5%, con temperaturas de 22 a 24 grados centígrados y una precipitación media anual de 600 a 800 mm.

El clima predominante es el A(C)w0(w)ig, que corresponde a un clima semicálido de los subhúmedos, con temperaturas de 18 a 22 grados centígrados y precipitación media anual de 800 a 1200 mm., las precipitaciones máximas se registran en los meses de Junio a Septiembre con lluvias de 100 a 190 mm., y mínimas de 2 a 5 mm., en los meses de Febrero, Marzo y Diciembre, la temperatura máxima se registra en el mes de Mayo con 23.5 grados centígrados y la mínima en el mes de Enero con 15 grados centígrados, este tipo de clima ocupa la parte norte de la zona de estudio y abarca las poblaciones de Zumpango del Río, Tixtla, Chilpancingo y Chilapa de Alvarez entre otras.

Cubriendo una franja de dirección suroeste a sureste en la parte sur de la zona de estudio, se presenta el clima A(c)w2(w)ig, que corresponde al clima semicálido de los subhúmedos con temperaturas de 16 a 22 grados centígrados y precipitación media anual de 1300 mm., con precipitaciones máximas en los meses de Junio a Septiembre con lluvias de 260 a 360 mm., y mínimas en los meses de Febrero, Marzo y Diciembre con 1 a 3 mm. La temperatura máxima se registra en el mes de Mayo con 24 grados centígrados y la mínima de 20 grados centígrados en el mes de Enero, este clima cubre las poblaciones de Mazatlán, Mochitlán y Monte Alegre entre otras.




En el límite sureste de la zona se tiene el clima Aw1(w)ig, que corresponde al clima cálido subhúmedo siendo intermedio de los subhúmedos con temperaturas de 22 a 24 grados centígrados con una precipitación media anual de 1400 mm. con precipitaciones

FIG. II.1 CLIMAS SEGUN KOEPPEN MODIFICADA POR E. GARCIA



A(C)W ₁ (W) ₁ g	CLIMA SEMICALIDO DE LOS SUBHUMEDOS CON TEMPERATURAS DE 17° a 22° C Y LLUVIAS INVIERNALES < 50%
A(C)W ₂ (W) ₁ g	CLIMA SEMICALIDO DE LOS SUBHUMEDOS CON TEMPERATURAS DE 18° a 22° C Y LLUVIA INVIERNAL < 50%
A(C)W ₃ (W) ₁ g	CLIMA TEMPLADO MAS SUBHUMEDO E INTERMEDIO CON TEMPERATURAS DE 17° C Y LLUVIAS INVIERNALES < 50%
A(W) ₁ (W) ₁ g	CLIMA CALIDO SUBHUMEDO INTERMEDIO CON TEMPERATURAS DE 22° a 24° C Y LLUVIAS INVIERNALES < 50%
C(W) ₁ (W) ₁ g	CLIMA MAS SECO DE LOS SUBHUMEDOS CON TEMPERATURAS DE 22° a 24° C Y LLUVIAS INVIERNALES < 50%

SIMBOLOGIA

-  LINEAS DE DIFERENTES TIPOS DE CLIMA
 PUEBLO
 ESTACION CLIMATOLOGICA

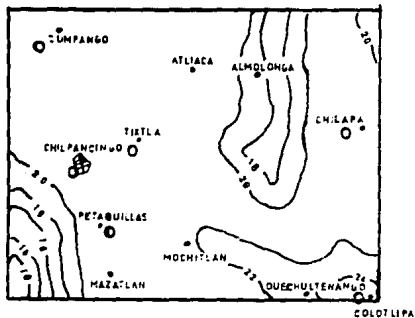


FIG. III.2 ISOTERMAS DEL AREA DE ESTUDIO

SIMBOLOGIA

- 20 — LINEA DE TEMPERATURA EN °C
- POBLADO
- ESTACION CLIMATOLÓGICA

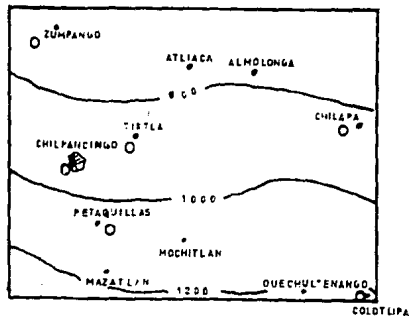


FIG. III.3 ISOYETAS DEL AREA DE ESTUDIO

SIMBOLOGIA

- 1000 — LINEA DE PRECIPITACION EN MM.
- POBLADO
- ESTACION CLIMATOLÓGICA

máximas de Junio a Septiembre con lluvias de 190 a 290 mm., y mínimas de 2 a 3 mm., en los meses de Febrero y Marzo, la temperatura máxima se registra en el mes de Mayo con 26 grados centígrados y la mínima en Enero con 22 grados centígrados, y abarca las poblaciones de Quechultenango y Colotlipa.

En una pequeña área en el extremo noreste de la zona se tienen los climas C(w0)(w)big y C(w1), que corresponden al clima templado más subhúmedo e intermedio respectivamente con temperaturas de 18 grados centígrados y precipitación media anual de 800 mm.

III.2 PRECIPITACION PLUVIAL.

Para determinar el volumen de precipitación pluvial y definir las isoyetas, se tomó la información pluviométrica de las estaciones climatológicas que se localizan en la zona del presente estudio. (tabla III.1) se utilizaron 9 estaciones para la configuración de las isoyetas, de las cuales 6 se localizan dentro del área. 5 pertenecen a la SARH y una a la CFE (Figura III.3). Con las isoyetas se define que hacia la porción norte (subcuenca del Río Mezcala) es donde se presenta menor precipitación (800 mm.), la cual se incrementa hacia el sur (subcuenca Río Huacapa o Petaquillas) hasta alcanzar 1200 mm; en el Sistema Huacapa la precipitación es entre 1000 y 1200 mm.

Para determinar el volumen medio anual de precipitación se empleó el método de las isoyetas y el límite dentro del área de las subcuencas dentro de la misma, y que son las subcuencas del Río Mezcala y del Río Huacapa o Petaquillas, obteniéndose los siguientes resultados.

Subcuenca Río Mezcala.

Precipitación media anual	800.00 mm.
Área de la subcuenca en la zona de estudio	518.25 km ²
Volumen medio anual precipitado	414.6 x 10 ⁶ m ³

Subcuenca Río Huacapa.

Precipitación media anual	1013.54 mm.
Área de la subcuenca en la zona de estudio	803.39 km ²
Volumen medio anual precipitado	814.63 x 10 ⁶ m ³

Volumen total precipitado en el Área	1231.23 x 10 ⁶ m ³
Precipitación media anual promedio en de las dos subcuencas	908.76 mm.

Con los datos de las estaciones climatológicas se trató de determinar si existen periodos de años húmedos y secos en la región, sin embargo, no fue posible determinar esto debido a que no se tiene un registro continuo de dichas estaciones.

De los años en que se tiene registro, se definieron que los años secos fueron 1966, 1970 y 1971 con 72, 51 y 70 por ciento y los años húmedos 1976, 1980, 1981 y 1984, con 107 por ciento para 1976 y 1980, 108 y 121 por ciento para los otros dos años respectivamente, con respecto al módulo pluviométrico anual medio (precipitación media anual).

Por lo que respecta a los meses más húmedos, estos son los meses de Junio a Septiembre, con precipitaciones que van de 109 a 282 milímetros por mes (periodo de lluvias de la región), y los meses más secos son Febrero, Marzo y Diciembre, con precipitaciones de 1 a 6 milímetros mensuales.

 TABLA III.1.

DATOS DE PRECIPITACION EN DIFERENTES
 PERIODOS DE TIEMPO

MES	CHILPAN.	TIXTLA	CHILAPA	COLOTLIPA	ZUMPANGO
	61 A 87	61 A 87	61 A 86	42 A 79	42 A 70
	AÑOS				
ENE.	15.36	9.31	19.10	14.00	9.00
FEB.	3.73	1.72	6.39	2.60	2.00
MAR.	3.49	2.05	3.65	1.60	2.10
ABR.	13.08	8.82	18.47	9.20	10.10
MAY.	57.82	48.79	52.57	62.30	45.80
JUN.	109.46	158.13	145.47	182.80	106.30
JUL.	188.19	183.79	168.08	282.50	147.30
AGT.	154.75	163.03	163.48	264.20	136.30
SEP.	164.96	156.73	151.41	270.30	166.40
OCT.	69.52	56.56	71.34	108.70	70.80
NOV.	12.54	13.11	13.34	35.80	29.00
DIC.	1.70	4.09	5.32	11.50	1.70
ANUAL	855.36	815.99	818.46	1245.00	726.80

III.3 HIDROLOGIA SUPERFICIAL.

Dentro de la zona del presente estudio se tienen 2 porciones de las Regiones Hidrogeológicas No.18 (Cuenca del Balsas) y No.20 (Costa Chica-Río Verde) Figura III.5.

A continuación se hace una breve descripción de las regiones que ocupa la zona del presente estudio.

La Región No.18 corresponde a la cuenca medio y bajo Balsas que se encuentra ocupando la parte suroeste del estado de México, el noroeste del estado de Guerrero, el sur del estado de Michoacán y el sureste del estado de Jalisco, tiene una forma rectangular con un área de 66 996.9 Km²., de los cuales 24 779.4 km² corresponden al estado de Guerrero.

La Región No.20 en su porción occidental queda íntegramente en el estado de Guerrero y la parte oriental en el estado de Oaxaca, tiene una forma tosca pentagonal, irregular, alargada en sentido este-oeste y un área de 40 077 Km², cuyos límites son hacia el suroeste la Región Hidrológica No.19 (Cuenca del Río Sabana), al norte las cuencas de los Ríos Balsas Mezcala y Papaloapan, hacia el sureste la Región Hidrológica No.21 y hacia el sur el litoral del Océano Pacífico, en esta región se encuentra la cuenca del Río Huacapa o Petaquillas con un área de 812 km², el cual tiene una dirección oeste-este hacia la cd. de Chilpancingo y recibe la aportación de torrentes que son regulados por la presa llamada Cerrito Azul, éste continúa con rumbo sureste y es donde recibe el nombre de Río Huacapa, se prolonga hasta el poblado de Colotlipa en donde llega a la presa derivadora donde cambia su curso hacia el sur y recibe el nombre de Río Azul hasta desembocar a el Río Omitlán.

Se realizó el análisis de densidad de drenaje, el cual tiene valores de 2 a 8 %, presentando los valores bajos en las calizas de la Formación Morelos debido a que estas tienen un drenaje cárstico intenso, los valores altos se tienen en las unidades impermeables como son las Formaciones Mezcala, Agua de Obispo y Alquitrán.

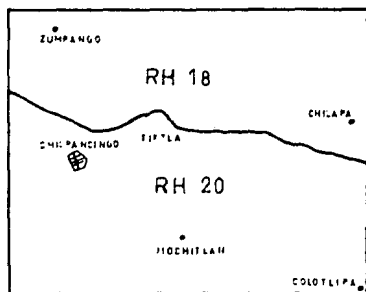



FIG. III.5 REGIONES HIDROLOGICAS

RH 18 CUENCA DEL BALSAS
 RH 20 COSTA CHICA - RIO VERDE

 LINEA DE SEPARACION ENTRE REGIONES HIDROLOGICAS

III.4 EVAPOTRANSPIRACION.

Para la obtención de la evapotranspiración se empleo el método empírico de L. Turc. cuya fórmula es:

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0.9 + P^2/L^2}}$$

donde:

E_r es la evapotranspiración real anual en mm.

P es la altura de precipitación anual en mm.

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

T es la temperatura media anual del aire en grados centígrados, que expresa el poder evaporante de la atmósfera.

Para este método se emplearon los datos climáticos de 4 estaciones climatológicas (Tablas III.1 y III.2) localizadas en la zona de estudio y una que se encuentra prácticamente en el límite del área. La estación de Petaquillas no fue utilizada debido a que esta comenzó a funcionar en el año de 1980 y sólo se tiene registro hasta los 2 años subsiguientes, las estaciones están supervisadas por la SMRH y una por CFE (Estación Colotlipa).

Del análisis y resultados obtenidos se tiene una evapotranspiración real del orden de 650 a 1000 mm. Al norte se presentan evapotranspiraciones de 650 a 750 mm y se incrementan hacia el sur con 950 a 1000 mm.

Sin embargo estos resultados deben ser tomados con cuidado porque en la parte sur sobrepasa el valor de la precipitación media anual promedio (908.76 mm) y que no es posible tener mayor cantidad de evaporación a la precipitada, debido a que el manantial el Borbollón tiene un gasto de 7 m³/s., con lo cual se puede determinar que el agua precipitada se infiltra en gran proporción y no es posible tener estos valores altos de evapotranspiración.

 TABLA III.2

DATOS DE TEMPERATURA MEDIA EN DIFERENTES PERIODOS DE TIEMPO

MES	CHILPANCINGO	TIXTLA	CHILAPA	COLOTLIPA	ZUMFANGO
	AÑOS				
	61 A 87	61 A 87	61 A 86	42 A 70	42 A 70
ENE.	19.4	18.8	15.8	22.3	20.8
FEB.	19.8	19.9	16.6	22.9	21.8
MAR.	21.2	21.1	18.3	24.0	24.3
ABR.	22.8	22.3	20.0	22.5	25.5
MAY.	23.6	22.8	21.0	26.1	25.8
JUN.	23.0	22.1	21.2	25.3	25.6
JUL.	22.5	21.7	20.4	24.4	24.9
AGT.	22.5	21.4	20.1	24.2	24.3
SEP.	22.2	21.0	19.9	23.9	23.5
OCT.	21.8	21.3	19.3	24.2	22.9
NOV.	20.9	20.5	17.6	23.5	21.9
DIC.	19.6	19.5	16.1	22.7	20.8
ANUAL	21.0	20.3	18.4	24.0	23.5

III. 5 HIDROMETRIA.

En la zona del presente estudio no se cuenta con alguna estación hidrométrica. la más cercana se localiza fuera de los límites del área del estudio, y se encontraba aguas abajo de la presa derivadora sobre el cauce del río Azul, posteriormente esta fue cambiada a el canal de conducción hacia el tanque de almacenamiento de Colotlipa. el objetivo de la estación era determinar el regimen de la corriente para utilizar sus aguas en la planta hidroeléctrica "Colotlipa". la estación está administrada por CFE.

De acuerdo a lo anterior la información obtenida no puede ser utilizada para determinar los valores de escurrimiento superficial e infiltración, ya que la corriente es controlada por la presa. por lo que los hidrográmas que se realicen resultarán muy homogéneos debido al control de las avenidas.

CAPITULO IV.

IV. CENSO DE CAPTACIONES.

En este capitulo se describe la información obtenida de los aprovechamientos censados en el mes de noviembre, los cuales fueron ubicados con base en la cartografía de Detenal, así como de trabajos anteriores a este.

Para el censo se emplearon formas que utiliza la SARH, las cuales contienen datos de localización, legales, usos y características de la obra; algunas de las obras no pudieron ser censadas por diversas razones.

Se censaron 17 obras las cuales están marcadas en el plano geohidrológico. Como se observa, fueron censados solamente manantiales debido a que en la zona no se observó otro tipo de obras (pozos y norias). Hacia la cd. de Chilapa de Alvarez se observaron contadas norias en el material reciente (aluvión), las cuales son utilizadas para riego y uso doméstico, sin embargo los propietarios no permitieron el acceso a las norias.

Los manantiales son los principales puntos de aprovechamiento, a pesar que cuentan con gastos de 0.5 a 40 lps., La única obra profunda que fue censada es el pozo de Zumpango del Río el cual suministra de agua potable a la población del mismo nombre y que esta administrado por SEDUE. La SARH tiene perforados 5 pozos pero aún no están funcionando., cabe señalar que el área de estudio comprende zona de veda flexible hacia la zona sur y hacia el norte no hay veda.

Por lo que respecta a la construcción que presentan algunas de las obras, estas tienen tanques de concreto cerrados para su almacenamiento, otras sólo cuentan con muros de contención donde el agua es sacada con cubetas.

En la tabla IV.1 se muestran las obras de aprovechamiento que fueron censadas durante el mes de Noviembre de 1989, así como; los datos de pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura, además se agrega la información proporcionada por la SARH de los pozos perforados en la zona y los datos de algunas obras anteriormente censadas (Geoservicios, 1987).

A continuación se describen los manantiales censados.

Los diferentes manantiales que se encuentran en la zona están distribuidos principalmente en la Formación Morelos, debido a la intensa cársticidad que tiene esta y en los contactos con las otras formaciones y los cuerpos ígneos menos permeables.

Manantial el Borbollón (M1 y M2). 840 y 860 m.s.n.m. 7 m³/s.
El primer manantial (M1) tiene una surgencia vertical, por información de las personas del lugar, indican que en época de lluvia este alcanza hasta un metro de altura, también se presentan varios lloraderos de descarga horizontal (M2), los cuales se producen en el contacto de las calizas de la Formación Morelos con el material reciente, en el borbollón (M1) la surgencia que presenta es debido a que el flujo del agua choca con la roca sana, el agua es usada para cultivo local y uso doméstico, el caudal del Borbollón es de 7 m³/s (geoproyectos, 1987).

Manantial Quechultenango (M3) 920 m.s.n.m. 5 lps.
Este manantial se encuentra al oeste de las instalaciones de la SARH en el poblado de Quechultenango y tiene un gasto de 5 lps, dicho manantial tiene un pequeño depósito de tabique, este se encuentra en el material reciente y el contacto de las calizas de la Formación Morelos, es utilizado para riego y consumo de una porción de la población.

Manantial San Martín (M4) 1000 m.s.n.m. 20 lps.
Este manantial se encuentra en las calizas de la Formación Morelos, cuenta con un depósito de donde fue medido el gasto con el excedente de este dando 20 lps., las calizas se encuentran muy fracturadas y recristalizadas, es utilizado para uso doméstico.

Manantial Cuatomatitlán (M5 y M6) 1020 y 1080 m.s.n.m. 0.5 y 10 lps.
De estos manantiales, se abastece el poblado de Cuatomatitlán, el primero de ellos cuenta con un depósito de concreto cerrado, el gasto fue tomado del excedente, el segundo se encuentra libre y se obtuvo un gasto de 10 lps. Estos se localizan en la Formación Morelos, en ambos lugares se encuentran muy fracturadas las calizas.

Manantial El Paraíso (M7, M8 y M9) 1520, 1520 y 1500 m.s.n.m.
Estos manantiales se encuentran al sur de la cd. de Chilapa de Álvarez, el M7 provee a el barrio sur de esta población ya que tiene un gasto de 20 lps y recientemente esta población es abastecida por agua de pozos profundos perforados en atempas localizados fuera de la zona de estudio, sin embargo no fue posible recopilar información respecto a estos, los M8 y M9 abastecen al poblado El Paraíso, ambos están provistos de un depósito de ladrillo y sus gastos son reducidos, no fue posible obtenerlos.

Manantial Chahuatla (M10) 1560 m.s.n.m. 3 lps.
El manantial se localiza en el poblado de Chahuatla y se encuentra en el material intemperizado de la Formación Agua de Obispo, tiene un gasto de 3 lps., cuenta con un depósito de concreto y es para consumo doméstico del poblado.

Manantial Chilacachapa (M11) 1960 m.s.n.m.
Este manantial surge en el material intemperizado de la Formación Mezcala, puede tener relación con las calizas de la Formación Morelos ya que están cerca de este material, no fue posible medir el gasto, la caliza está fraccurada con aberturas de 3 cm, y en general no están rellenas, es utilizado para uso doméstico.

Manantiales de Ojitos de Agua (M12) 1580 m.s.n.m. y Plan de Guerrero (M13) 1500 m.s.n.m.
Estos manantiales se encuentran en la anhidrita y yesos de la Formación Huitzucó, en ambos casos no se tomaron gastos debido a que estos tienen un depósito de concreto y otro natural, por otro lado por información verbal de los lugareños el primero se seca durante los meses de Abril y Mayo, el segundo baja su nivel de depósito pero contiene agua todo el año, el uso es doméstico.

Pozo Zumpango (FM14) 1050 m.s.m. 82 l/s.
Este es una obra profunda desarrollada por SEDUE, la cual tiene una profundidad de 200 m., y un gasto de 82 lps., se encuentra perforado en el material de la Formación Mezcala, su nivel estático es de 12 m., este pozo es el único abastecimiento de agua potable para el poblado de Zumpango del Río.

Manantial El Naranjo (M15) 1415 m.s.m.n 3 l/s.
Dicho manantial surge en el material intemperizado de la Formación Agua de Obispo y el contacto arenoso-arcilloso de la Formación Balsas, cuenta con un depósito de concreto cerrado, el gasto fue obtenido del tubo donde se tiene el exceso de agua, es para uso doméstico del poblado de El Naranjo.

Manantial Tepechicotlán (M16) 1100 m.s.n.m. 12 l/s.
Este manantial se encuentra en las calizas de la Formación Morelos, surge en una grieta amplia donde el agua es entubada hacia un depósito de concreto cerrado, el gasto fue medido en el tubo de exceso, es utilizado para consumo doméstico del poblado.

Manantial Petaquillas (M17) 1170 m.s.n.m. 40 l/s.
Este manantial se localiza en el material reciente, cuenta con depósito de concreto y bomba eléctrica de 25 HP., este abastece al poblado de Petaquillas y es administrado por CAPAEG.

 TABLA IV. 1

CLAVE	MUNICIPIO	CARTA DETENAL	ALTURA m. s. n. m.	CAUDAL	C.E.
M1	Quechultenango	E14-C39	820	7 m3/s	1249
M2	Quechultenango	E14-C39	820	20.0	1335
M3	Quechultenango	E14-C39	920	5.0	619
M4	Mochitlán	E14-C39	1080	20.0	328
M5	Mochitlán	E14-C39	1020	0.5	481
M6	Mochitlán	E14-C39	1080	10.0	510
M7	Chilapa	E14-C29	1520	2.0	403
M8	Chilapa	E14-C29	1520		393
M9	Chilapa	E14-C29	1500	20.0	478
M10	Chilapa	E14-C29	1560	3.0	436
M11	Tixtla	E14-C29	1960		540
M12	Tixtla	E14-C28	1580		626
M13	Tixtla	E14-C28	1500		353
PM14	Zumpango	E14-C28	1050	82.0	704
M15	Mochitlán	E14-C38	1415		50
M16	Chilpancingo	E14-C38	1100	12.0	405
M17	Chilpancingo	E14-C38	1170	40.0	765
PT1	Chilpancingo	E14-C38	1110	185.0	
PT5	Chilpancingo	E14-C38	1063	Perforandose.	
PT2	Chilpancingo	E14-C38	1050	40.0	
PM3	Mochitlán	E14-C38	1020	86.0	
PM2	Mochitlán	E14-C38	1020	90.0	
PM1	Mochitlán	E14-C38	1020	sin ademar.	

Reportes de trabajos anteriores.

C1	Mochitlán	E14-39	1070	24.0	400
C2	Mochitlán	E14-38	1070	45.0	450
C3	Mazatlán	E14-38	2200	9.0	260
C4	Mazatlán	E14-38	2360	3.0	
C5	Chilpancingo	E14-28	1380	6.0	
C6	Chilpancingo	E14-28	1580	6.0	430
C7	Chilpancingo	E14-28	1380	4.0	427
C8	Zumpango	E14-28	1230	6.0	550
C9	Mazatlán	E14-38	1700	4.0	400
C10	Mazatlán	E14-38	1320	1.0	600
C11	Mazatlán	E14-38	1240	8.0	402

 El pH medido en campo es de 7 para todas las muestras y la temperatura varia de 22 a 23 grados centigrados.

CAPITULO V

V. HIDROGEOQUIMICA Y CALIDAD DE AGUA.

V.1 MUESTREO Y ANALISIS QUIMICOS.

Para definir la calidad del agua se tomaron 17 muestras de agua que se obtuvieron durante el censo de obras de captación, en el cual se determinaron sus características físicas como pH, temperatura y conductividad eléctrica (Tabla IV.1, del capítulo IV).

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la SARH en la cd. de Chilpancingo, Guerrero. Los análisis efectuados comprendieron los iones: sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos, sodio, potasio, calcio y magnesio (tabla V.1.1).

V.2. CARACTERIZACION HIDROGEOQUIMICA.

Para la realización de este análisis se emplearon las tablas y gráficas de Piper (Figura V2.A), Schoeller-Berkaloff, Stiff y algunos índices hidrogeoquímicos. Con los resultados obtenidos se pudo definir de acuerdo a los Sistemas Hidrogeológicos (Huacapa, Almolonga y Zumpango del Río), que el agua es de buena calidad química en ellos, la dureza del agua varía de blanda a dura, siendo más presente esta última, como se muestra en la tabla V2.1., en la cual se relaciona la dureza del agua con las diferentes unidades litológicas.

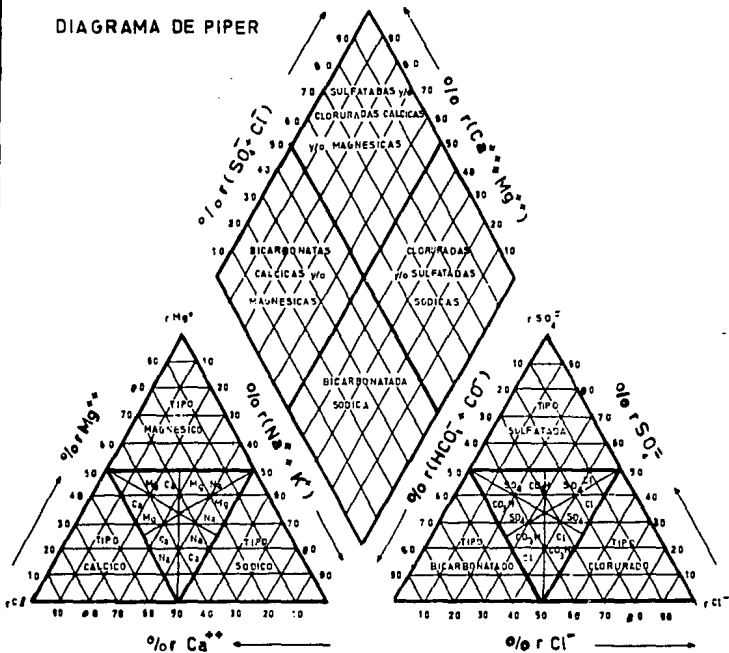
Por los diagramas de Stiff (Figuras V2.1 a V2.6) se observa que el agua varía muy poco en relación con sus iones en cada una de las formaciones, ya que las formas poliédricas que presentan son muy similares entre sí. Por los diagramas de Piper se determinaron 4 diferentes tipos de familias de agua, de esta manera para los sistemas se tiene:

Sistema Almolonga, bicarbonatada calcica y bicarbonatada
magnésica.

Sistema Zumpango, bicarbonatada magnésica.

Sistema Huacapa, bicarbonatada calcica, bicarbonatada magnésica,
bicarbonatada sulfatada calcica y bicarbonatada
magnésica calcica.

DIAGRAMA DE PIPER



% r = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES

FIGURA V2.A

En todas las muestras no se presenta el ión carbonato, ya que el valor del pH es menor que 8.5, por lo tanto no tienden a contener carbonato (Custodio, 1984, p.202), otro punto es el de que si el agua es ácida esta tiende a ser agresiva, sin embargo de acuerdo a el pH de equilibrio los pozos contienen agua que propicia la depositación de carbonatos (Tabla V2.2), así como la mayor parte de las obras censadas.

Como se observa en la Figura V2.8, el agua de la zona presenta un bajo contenido de sodio y una salinidad variable. De acuerdo al contenido de sodio, el agua puede ser utilizada para cualquier tipo de cultivo y debe tenerse cuidado con la salinidad, sobre todo hacia la zona del Borbollón (este de Quechultenango) y en Zumpango del Río, pero en general el cultivo debe ser de plantas tolerantes a las sales.

Por lo que respecta a la potabilidad del agua, de acuerdo a los parámetros de SAHOP 1980, (Tabla V2.3), y Figuras V2.15 a V2.23, ninguna muestra sobrepasa los parámetros, por lo que en general el agua es de buena calidad.

A continuación se describen las características químicas de las muestras analizadas agrupandolas por áreas de donde se obtuvieron.

AREA QUECHULTENANGO.

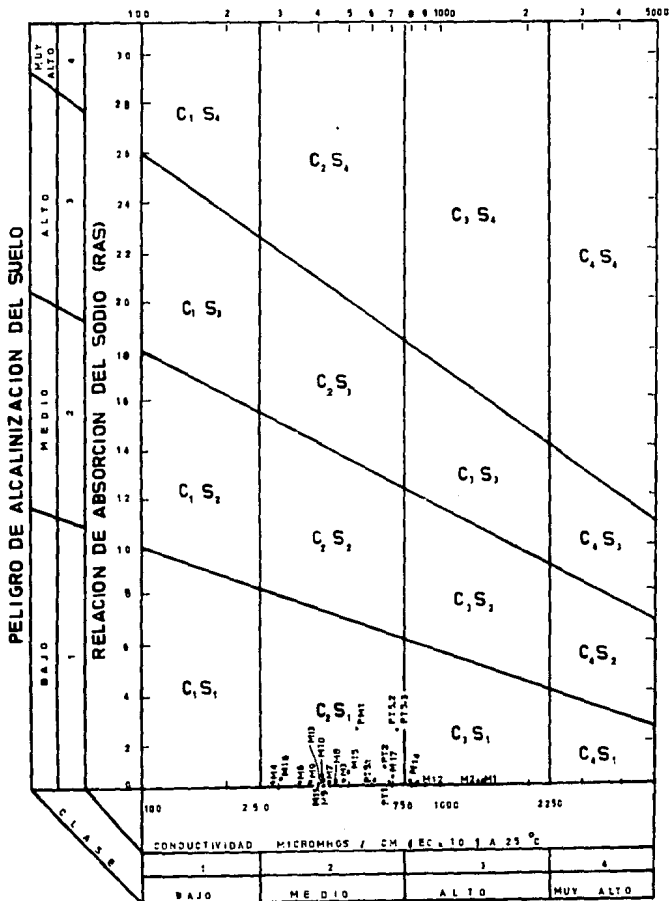
En esta zona se tomaron 3 muestras de agua en los manantiales con clave M1, M2 y M3, que se localizan en el contacto de la Formación Morelos y el Aluvión.

Del análisis de la gráfica de Stiff (Figura V2.1), se determino que la muestra M3 presenta caracteres diferentes a las muestras M1 y M2 en el contenido de aniones; en el diagrama de Piper (Figura V2.9), se observan las familias de agua bicarbonatada calcica (M3) y sulfatada calcica (M1 y M2), con una diferencia marcada en contenido de calcio y magnesio.

Considerando los valores de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos (STD) y el índice hidrogeoquímico RMg/rCa de la tabla V2.2, se determina que la muestra M3 es diferente respecto a las otras dos muestras y por lo tanto pertenecen a diferentes acuíferos, el bajo contenido de STD de la muestra M3 indica que ésta tiene poca residencia en el acuífero, lo cual indica que este fluye en las calizas, mientras que las dos restantes fluyen en el aluvión (Custodio, 1984, p.1025).

FIGURA V2.8

DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO BASADA
 EN LA ABSORCION DE SODIO R.A.S Y CONDUCTIVIDAD
 (SEGUN THORNE Y PETERSON)



En cuanto al uso del agua para riego, se tiene que de acuerdo a su conductividad eléctrica y contenido de sodio (Figura V2.8), la muestra M3 tiene una salinidad media y un bajo contenido de sodio (C2S1), por lo que puede emplearse en cualquier tipo de cultivo, las muestras M1 y M2 presentan una salinidad alta y bajo contenido de sodio (C3S1) y deben emplearse cultivos con tolerancia a la salinidad moderada a alta.

Para el uso potable se emplearon los parámetros de potabilidad elaborados por SAHUP (Tabla V2.3), de la cual se observa que la muestra M3 es de buena calidad mientras que las muestras M1 y M2 sobrepasan los contenidos establecidos de calcio y sulfatos.

AREA COATOMATITLAN Y SAN MARTIN.

En esta área se tomaron 3 muestras de agua con clave M4, M5 y M6, se localizan en la Formación Morelos, el manantial de la muestra M4 esta próximo a un cuerpo igneo.

Del análisis de la gráfica de Stiff (Figura V2.1), se observa un cambio en la muestra M5 en los cationes con respecto a las dos restantes; en el diagrama de Piper (Figura V2.10) se observa la familia de agua bicarbonatada calcica. De la tabla V2.2 se determina que la muestra M5 pertenece a un acuífero diferente respecto a las otras dos muestras, pero con tiempo de residencia similar, por el índice hidrogequímico su procedencia es de capas dolomíticas (Custodio, 1984, p.1042).

En cuanto al uso del agua para riego, estas aguas tienen una salinidad media y un bajo contenido de sodio (C2S1, Figura V2.8), por lo que puede ser empleada para riego de cualquier tipo de cultivo.

Para el uso potable, estas son de buena calidad química de acuerdo a los parámetros de SAHUP 1980 (Figura V.2.3).

AREA CHILAPA DE ALVAREZ.

En esta área se tomaron 4 muestras con la clave M7, M8, M9 y M10, localizadas en la Formación Agua de Obispo.

Del análisis de la gráfica de Stiff (Figura V2.3), se observa un cambio notorio en la muestra M10 en los cationes; en el diagrama de Piper (Figura V2.11) se observan las familias de agua bicarbonatada magnésica (M10) y bicarbonatada calcica para las restantes; de la tabla V2.6, se determina que la muestra M10 pertenece a un acuífero diferente respecto a las demás y que la muestra M9 tiene menor tiempo de residencia.

Para el uso del agua para riego se tiene que es de salinidad media y bajo contenido de sodio (C2S1, Figura V2.8) por lo tanto puede ser empleada para cualquier tipo de cultivo.

Para el uso potable, esta es de buena calidad química de acuerdo a los parámetros de SAHOP 1980 (Tabla V.2.3).

AREA DE CHILACACHAPA Y PLAN DE GUERRERO.

En esta área se tomaron 3 muestras de agua, las cuales se unieron porque se encuentran algo cercanas, tienen las claves M12, M13 y M11. esta última se encuentra en la Formación Mezcala y las dos restantes en la Formación Huitzucó.

Del análisis de los diagramas de Stiff (Figura V2.4), se observa que la muestra M13 difiere en los cationes con respecto a las otras dos, en el diagrama de Piper (Figura V2.12) se observa que las tres muestras pertenecen a la familia de agua bicarbonatada calcica. De la tabla V2.2, se concluye que pertenecen a 3 diferentes acuíferos, la muestra M12 tiene mayor cantidad de STD y con un menor tiempo de residencia por estar en los yesos de la Formación Huitzucó.

Para el uso de riego se tiene que presenta una salinidad media y bajo contenido de sodio (C2S1, Figura V2.8), estas pueden ser empleadas en cualquier tipo de cultivo; mientras que la muestra M12 pertenece a aguas saladas por lo que se deben de emplear cultivos con alta tolerancia a la salinidad.

Por lo que respecta para uso potable con respecto a los parámetros de SAHOP (Tabla V2.3), estas aguas son de buena calidad química.

AREA ZUMPANGO DEL RIO.

En esta área se tiene una sola muestra de agua, la cual es de la obra profunda (pozo Zumpango) en la Formación Mezcala, este pozo tiene la clave PM14.

Con el diagrama de Stiff (Figura V2.4F) no se pueden hacer comparaciones en esta zona, por contar con una sola localidad, con el diagrama de Piper (Figura V2.13) se determinó que pertenece a la familia bicarbonatada magnésica; tiene una conductividad eléctrica de 800 $\mu\text{m/cm}$; el índice hidrogeológico rMg/rCa da 1.774, lo cual indica una estancia media en el acuífero.

Para el uso de riego se tiene que pertenece a el grupo C3S1 (Figura V2.8), por lo tanto cuenta con una mayor salinidad y bajo contenido de sodio y se debe tener cuidado si no se presenta buena porosidad en los suelos.

Para el uso potable, esta agua es de buena calidad química, de acuerdo a los parámetros de SAHOP 1980 (Tabla V2.3).

AREA DE PETAQUILLAS-MOCHITLAN.

En esta zona se tiene el mayor número de muestras y en diferentes unidades, de este modo la muestra M15 se localiza en la Formación Agua de Obispo, la muestra M17 en el aluvión y las muestras M16, PT1, PT5.1, PT5.2, PT5.3, PT2 y PM1 (estos 4 son pozos) en la Formación Morelos.

De el diagrama de Stiff (Figuras V2.5 y V2.6) se aprecian similitudes particulares en las muestras de los pozos, menos en la del PT1, otra similitud se observa entre las muestras M15 y M17, la muestra M16 es diferente a todas las muestras. De los diagramas de Piper (Figura V2.14) se observan las familias bicarbonatada calcica sulfatada (PT5.1), bicarbonatada magnesica calcica (PM1) y bicarbonatada calcica para las demás muestras; de acuerdo a la tabla V2.2 se deduce que son 2 niveles del acuífero en las obras profundas y la muestra M15 (Formación Agua de Obispo) tiene menor tiempo de residencia (manantial de temporal), la muestra M17 circula en el material reciente (Custodio, 1984), las restantes pertenecen a la Formación Morelos con similar tiempo de residencia y circulan sobre capas dolomíticas. Por el pH de equilibrio las aguas de los pozos tienden a depositar carbonatos.

Para el uso de riego se tiene que todas las muestras corresponden a C2S1 por lo que pertenece a aguas de salinidad media y bajo contenido de sodio (Figura V2.8), con una tendencia hacia C3S1, excepto la muestra M16, por lo que puede ser empleada para cualquier tipo de cultivo.

Por lo que respecta a potabilidad estas no sobrepasan los parámetros de SAHOP 1980 (Tabla V2.3), sin embargo en los pozos T1 y T5 se registraron residuos menores a 30 y 70 de coliformes NMPx100 ml, por lo cual se debe tener cuidado en el tratamiento de esta agua.

CLASIFICACION DEL AGUA RESPECTO A SU SALINIDAD.

En las muestras de la zona solo se encuentran las siguientes:

C2 Agua con salinidad media.

Presenta una conductividad eléctrica de 250 a 750 $\mu\text{m}/\text{cm}$ a 25 grados centígrados, puede emplearse siempre que la permeabilidad de los suelos sea de elevada a media, puede usarse en todo tipo de cultivos, excepto las más sensibles.

C3 Agua altamente salina.

Presenta una conductividad eléctrica de 750 a 2250 $\mu\text{m}/\text{cm}$ a 25 grados centígrados, debe usarse solo en suelos de permeabilidad moderada a alta, las plantas deben ser de tolerancia a la salinidad moderada a alta.

CLASIFICACION DE AGUA RESPECTO A LA CONCENTRACION DE SODIO.

S1 Agua baja en sodio.

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

TABLA V.1.1
ANALISIS QUIMICOS (ppm)

CLAVE	Na	Ca	Mg	HCO3	Cl	SO4	RAS	D.tot
M1	9.20	242.48	55.53	300.16	18.43	417.86	0.15	243.5
M2	8.05	224.04	32.83	280.64	141.80	393.84	0.13	149.9
M3	5.29	62.12	14.59	237.93	14.88	19.21	0.15	63.9
M4	4.06	35.27	9.72	115.91	9.21	13.44	0.17	42.3
M5	3.45	32.06	25.53	189.13	14.18	18.25	0.11	107.9
M6	5.29	48.09	7.29	164.72	8.50	9.60	0.18	32.8
M7	6.44	48.09	17.02	178.14	12.76	21.13	0.20	73.2
M8	6.90	62.52	13.37	219.63	15.59	25.45	0.20	58.8
M9	3.68	42.08	12.76	164.72	9.21	17.29	0.12	55.3
M10	8.74	33.66	25.53	189.13	14.98	13.44	0.27	108.1
M11	4.14	42.08	19.45	189.13	12.05	13.44	0.13	83.1
M12	11.50	68.13	29.18	241.59	28.36	52.83	0.29	124.9
M13	3.68	58.11	2.43	128.59	12.76	19.21	0.12	13.1
PM14	11.04	49.69	50.50	402.66	21.27	58.83	0.25	225.4
M15	0.69	8.01	1.21	18.30	3.54	2.40	0.60	5.4
M16	3.22	38.07	10.94	128.12	10.63	19.21	0.11	47.5
M17	7.59	84.16	31.16	313.25	36.15	38.42	0.17	135.9
PT5.1	5.98	80.16	24.32	183.03	15.59	131.12	0.15	105.3
PT5.2	6.44	80.16	25.53	189.13	14.18	126.31	0.16	110.4
PT5.3	5.75	76.15	24.92	192.18	17.01	128.72	0.14	107.6
PT1	6.44	96.18	25.53	292.84	19.85	83.09	0.15	111.2
PT2	16.44	96.18	25.38	294.84	19.85	88.09		467.0
PM1	22.03	49.09	28.19	195.24	15.25	77.63		225.1

Por el analisis bioquimico se determino que se tienen, P04 y Coliformes NMPx100 ml. (fecales).

CLAVE	P04	FECALES
PT5.1	0.16	< 30
PT5.2	0.13	< 30
PT5.3	0.11	70
PT1		< 30

TABLA V2.1

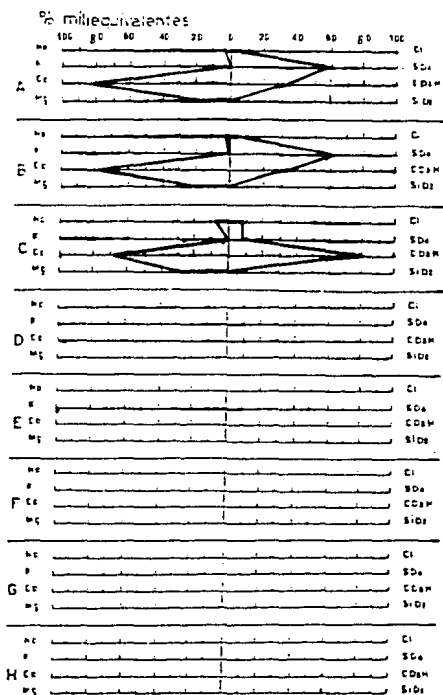
TABLA DE DUREZA POR FORMACION.

RANGO DE DUREZA	HUITZUCO	Kmm.	Ksm.	Toao.	Gal.
BLANDA 0-60 ppm CaCO ₃	M13	M4		M8	
		M6		M9	
		M16		M15	
ALGO DURA 60-120 ppm CaCO ₃		M3	M11	M7	
		M5		M10	
		PT1			
		PT2			
		PT5.1			
		PT5.2 PT5.3			
DURA 120-250 ppm CaCO ₃	M12		M14		M1
	PM1				M2
					M17

 TABLA V2.2

CLAVE MUESTRA	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	S.T.L. (ppm)	rMg/Ca r=meq/l	PH DE EQUIL.	PH LAB.
M1	1450	1043.60	0.174	6.70	7.2
M2	1400	1081.20	0.242	6.73	7.1
M3	480	352.02	0.387	7.38	7.3
M4	280	254.02	0.455	7.10	7.0
M5	400	282.60	1.313	7.32	7.0
M6	330	243.58	0.250	7.20	7.1
M7	400	283.58	0.583	7.20	7.3
M8	450	343.46	0.352	7.12	7.3
M9	350	249.74	0.500	7.28	7.2
M10	400	285.38	1.250	7.30	7.0
M11	400	280.29	0.762	7.23	7.1
M12	860	432.39	0.706	7.08	7.2
M13	350	224.31	0.089	7.20	7.3
MN14	800	590.99	1.374	7.09	7.2
M15	500	34.19	0.250	7.08	7.2
M16	300	210.19	0.474	6.35	7.5
M17	700	515.18	0.619	6.00	7.3
PT5.1	630	440.20	0.500	7.08	7.2
PT5.2	630	441.75	0.525	7.08	7.1
PT5.3	630	444.73	0.539	7.02	7.2
PT1	700	523.94	0.438	6.95	7.5
PT2	687	480.00	0.441	6.95	7.02
PM1	500	381.18	0.992	7.18	7.5

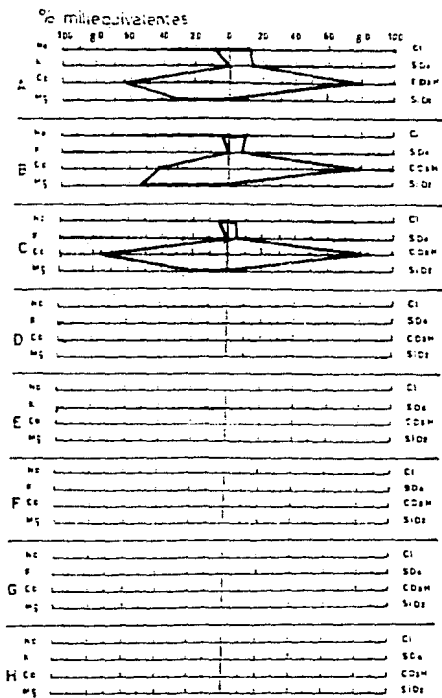
DIAGRAMA DE ANALISIS DE AGUAS



Clasificación	NUMERO DE CORA
A	MANANTIAL M1
B	MANANTIAL M2
C	MANANTIAL M3
D	
E	
F	
G	
H	

FIGURA V2.1

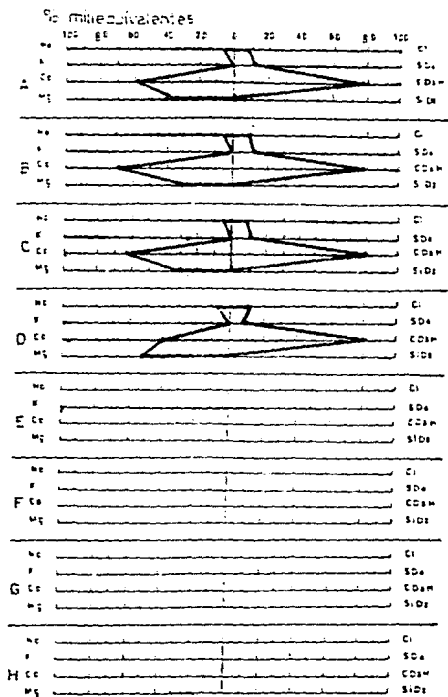
DIAGRAMA DE ANALISIS DE AGUAS



DESCRIPCION	NUMERO DE OBRAS	
A	MANANTIAL	M4
B	MANANTIAL	M5
C	MANANTIAL	M8
D		
E		
F		
G		
H		

FIGURA V2.2

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE AGUAS



CLASSIFICACION	NUMERO DE DERR
A	MANANTIAL M 7
B	MANANTIAL M 8
C	MANANTIAL M 8
D	MANANTIAL M 10
E	
F	
G	
H	

FIGURA V2.3

DIAGRAMA DE ANALISIS DE AGUAS

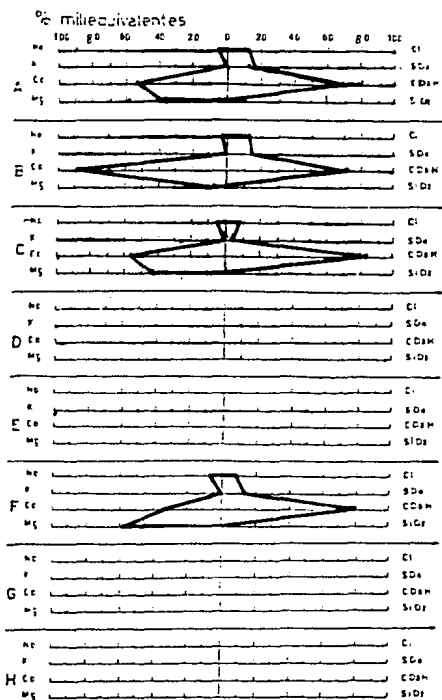
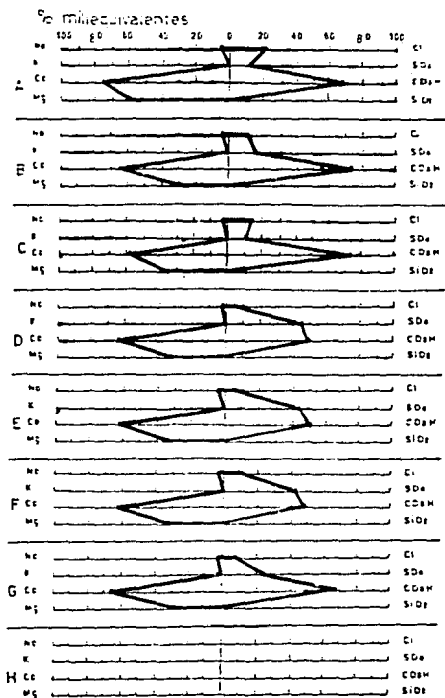


FIGURA V2.4F

CLASIFICACION	NUMERO DE OBRA	
A	MANANTIAL	M12
E	MANANTIAL	M13
C	MANANTIAL	M11
F	POZO	PM 14

FIGURA V2.4

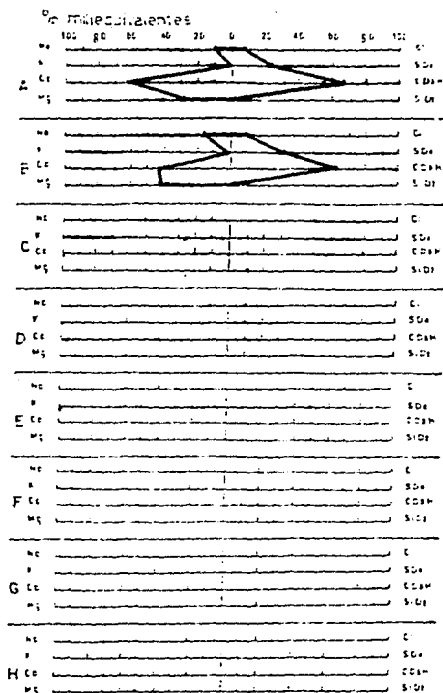
DIAGRAMA DE ANALISIS DE AGUAS



Clasificación	NUMERO DE CGRA
A	MANANTIAL M 15
B	MANANTIAL M 16
C	MANANTIAL M 17
D	POZO PIS.1
E	PIS.2
F	PIS.3
G	POZO PT.1
H	

FIGURA V2.5

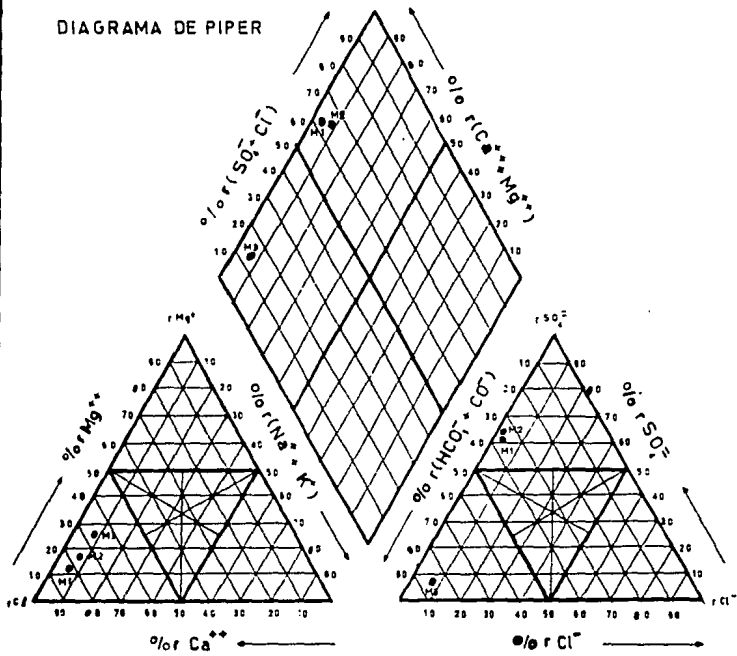
DIAGRAMA DE ANALISIS DE AGUAS



EXAMINACION	NUMERO DE CASA
A	POZO P12
B	POZO M1
C	
D	
E	
F	
G	
H	

FIGURA V2.6

DIAGRAMA DE PIPER

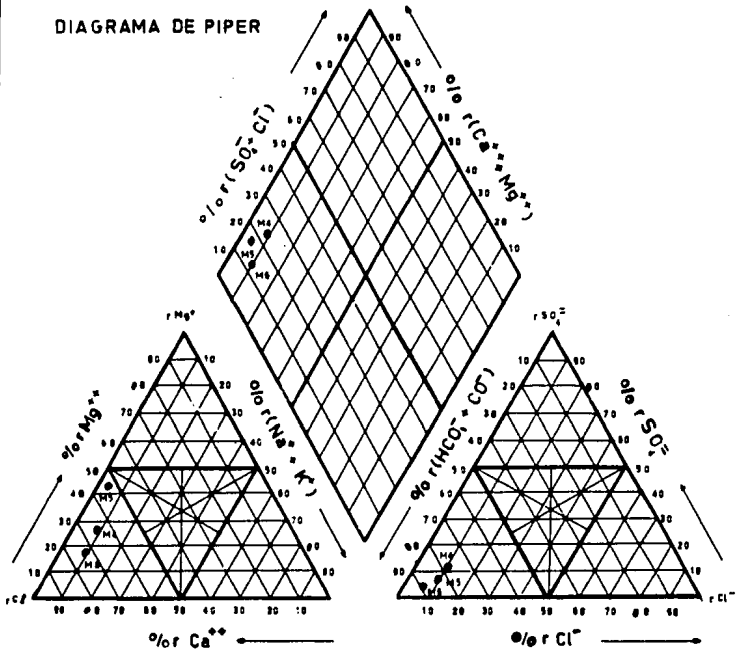


$\% r =$ PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES

- BICARBONATADA CALCICA SULFADA: M1 M2
- BICARBONATADA CALCICA: M3

FIGURA V2.9

DIAGRAMA DE PIPER

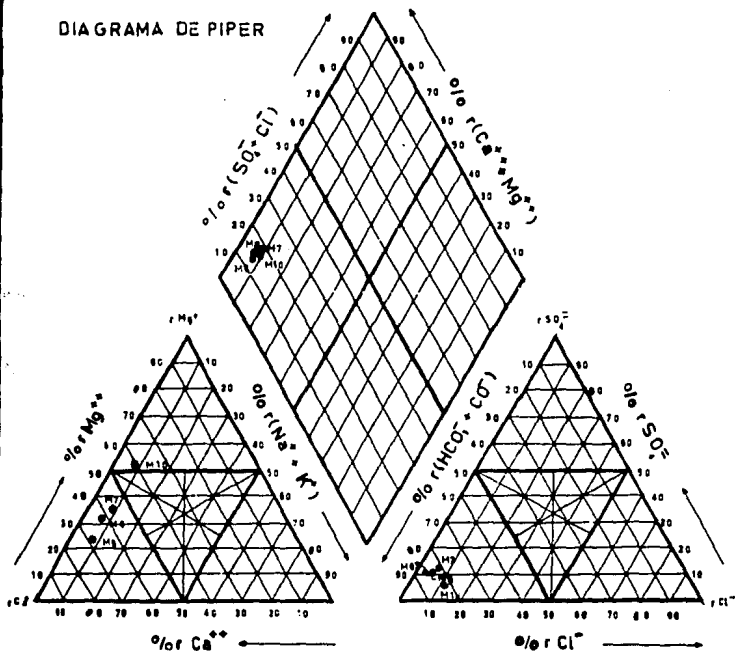


% r = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES

BICARBONATA CALICA: M4
M5
M6

FIGURA V2.10

DIAGRAMA DE PIPER



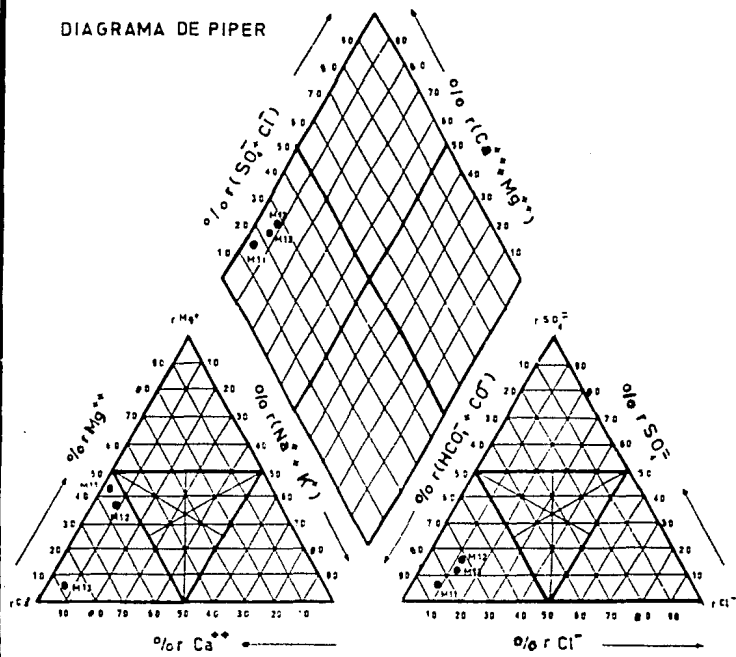
% r = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES

BICARBONATADA CALCICA: M7
M6
M5

BICARBONATADA MAGNÉSICA: M10

FIGURA V2.11

DIAGRAMA DE PIPER

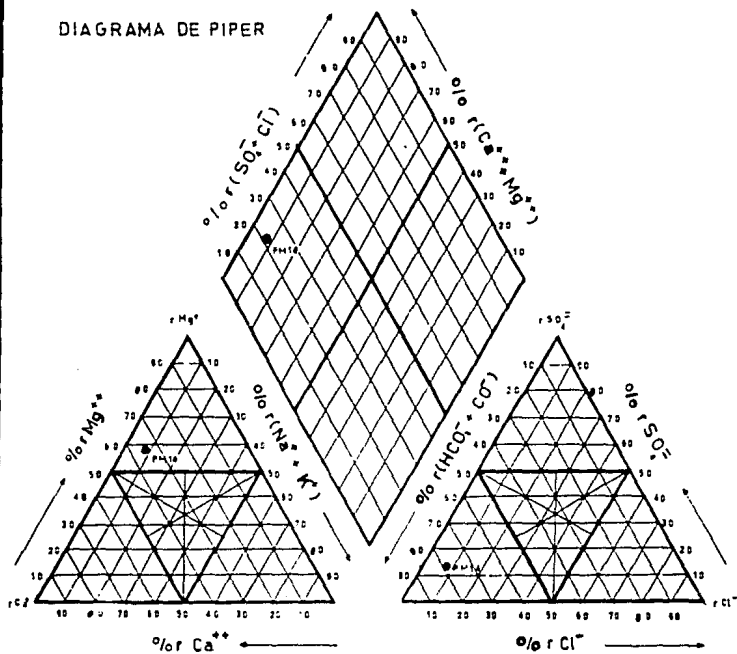


% r = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES

BICARBONATADA CALCICA: M11
 M12
 M13

FIGURA V2.12

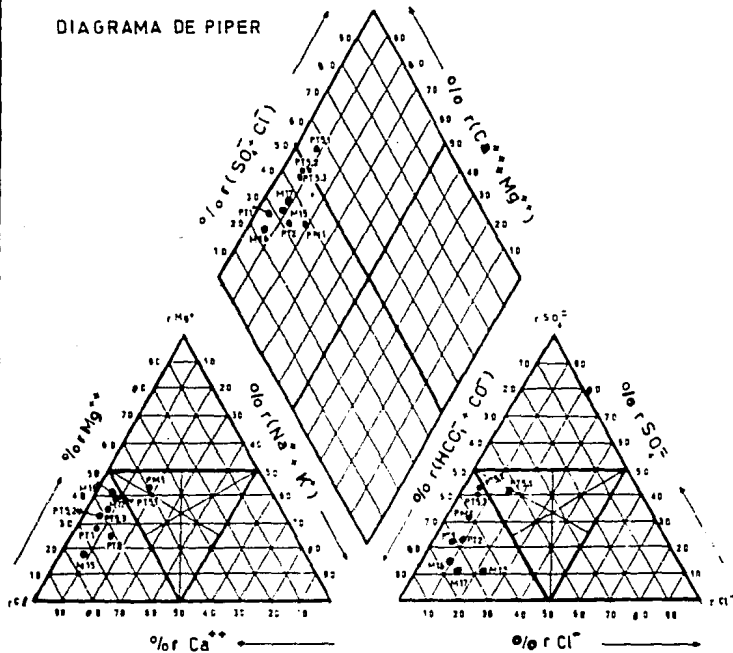
DIAGRAMA DE PIPER



% r = PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES

BIARBONATADA MAGNÉSICA

DIAGRAMA DE PIPER



$\%r =$ PORCENTAJE DE MILIEQUIVALENTES

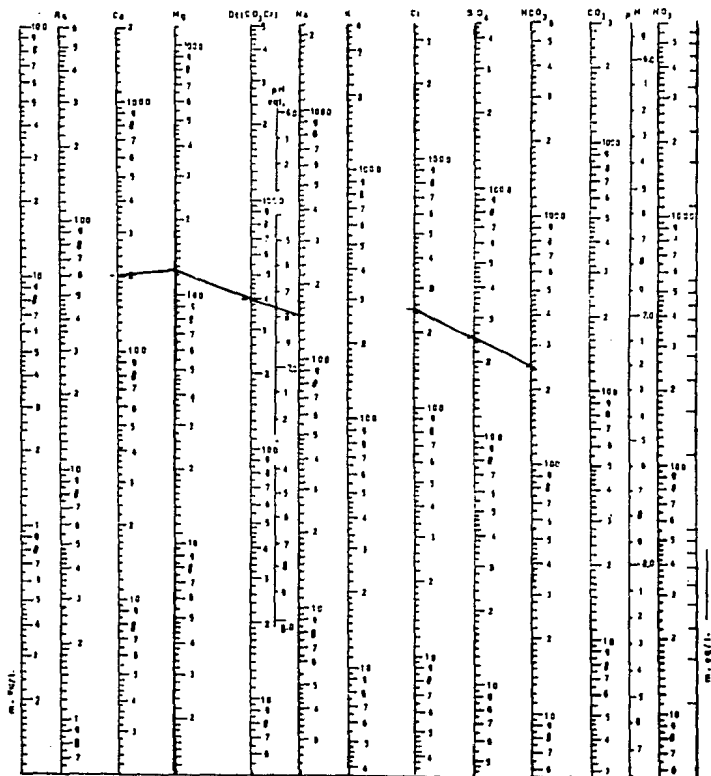
BICARBONATADA MAGNÉSICA CALCICA: PM1

BICARBONATADA CALCICA SULFATADA: PTS.1

BICARBONATADA CALCICA: PTS.2 PTS.3
 PT1 PT2
 M15
 M16
 M17

FIGURA V2.14

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO
DE SCHÖELLER-BERKALOFF



No. DE OBRA	REPRESENTACION

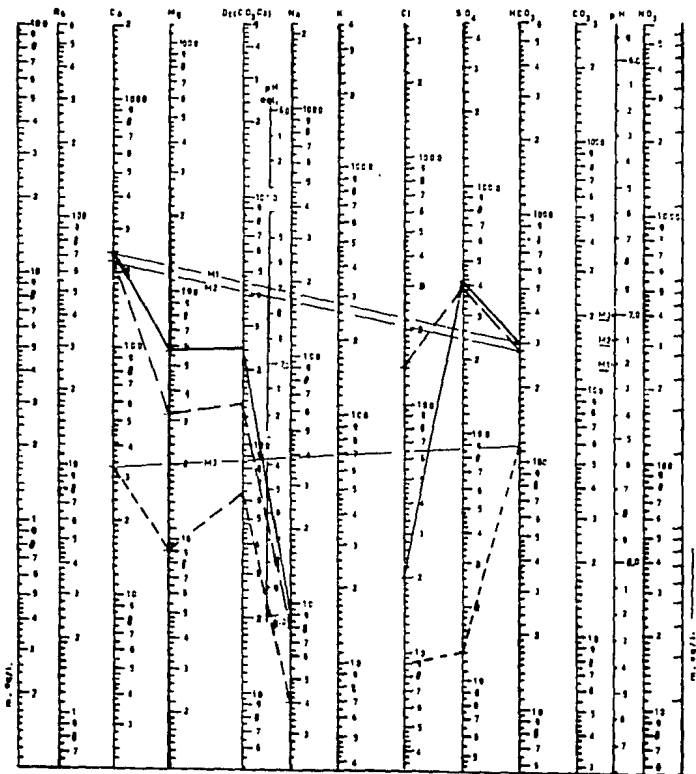
OBSERVACIONES

NORMA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE
S A H O P 1988

FIGURA V2.15

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO

DE SCHÖLLER-BERHALOPP

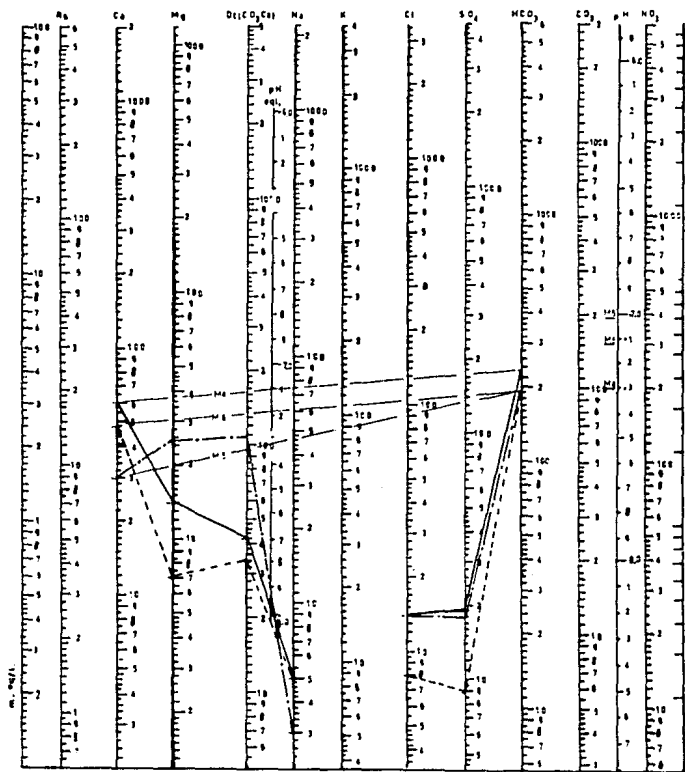


No. DE OBRA	REPRESENTACION
M1	—————
M2	—————
M3	- - - - -

OBSERVACIONES
Kmm / Gal
Kmm / Gal
Kmm / Gal

FIGURA V2.16

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO DE SCHODLER-BERKALOFF

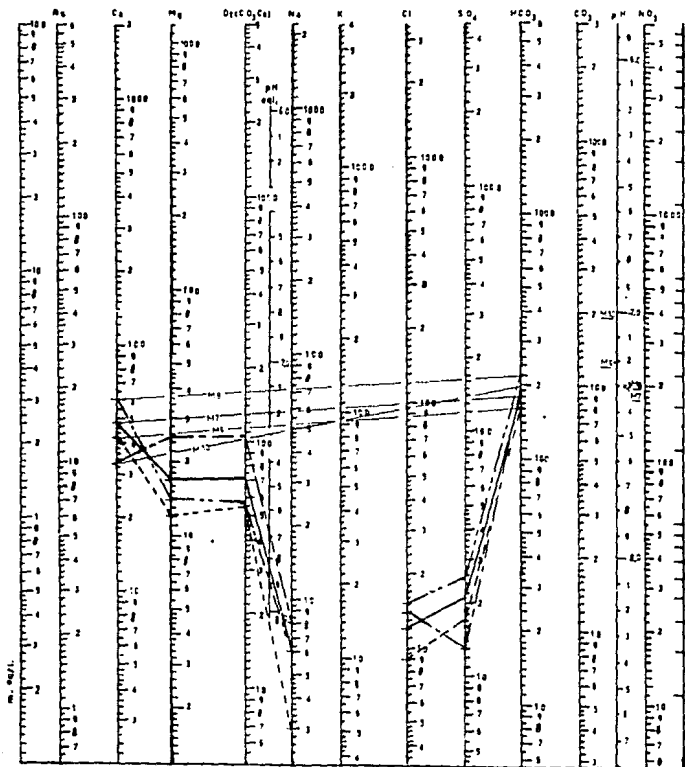


Nº. DE OBRA	REPRESENTACION
M 1	—————
M 2	-----
M 3	-----

OBSERVACIONES

FIGURA V2.17

**DIAGRAMA SEMILOGARITMICO
DE SCHÖLLER-BERHALOPP**

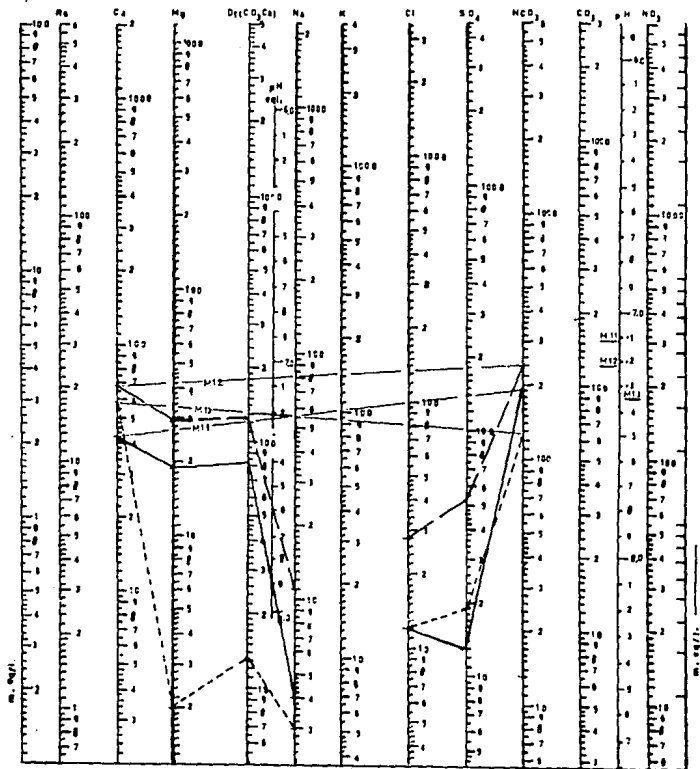


Nº. DE OBRA	REPRESENTACION
M7	—————
M8	- - - - -
M9	· · · · ·
M10	—————

OBSERVACIONES
T _{cep}
T _{oap}
T _{cap}
T _{cat}

FIGURA V2.18

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO
DE SCHOELLER - BERKALOFF

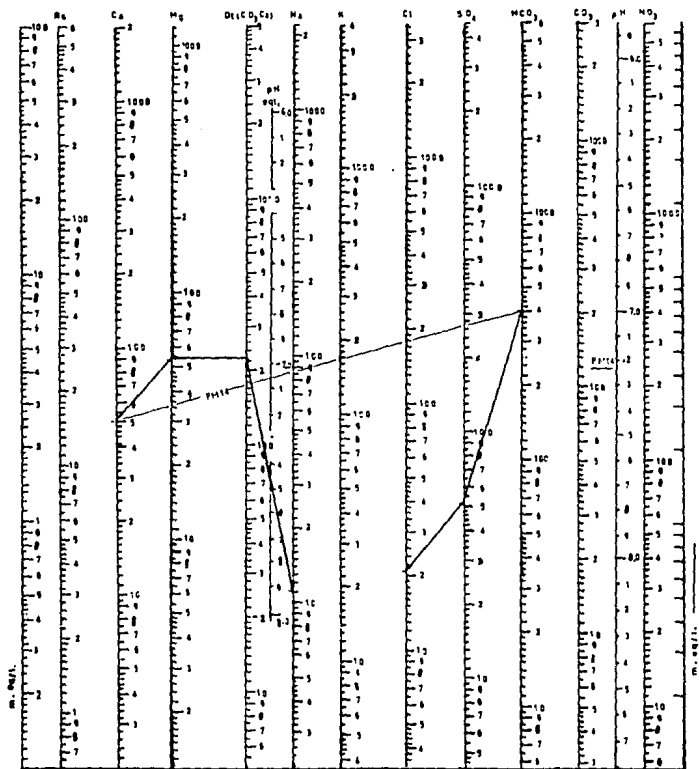


No. DE OBRA	REPRESENTACION
M 11	—————
M 12	- - - - -
M 13	- · - · -

OBSERVACIONES
K ₂ M
ANHIDRITA HUITZUCO
ANHIDRITA HUITZUCO

FIGURA V2.19

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO DE SCHOLLER-BERHALOFF

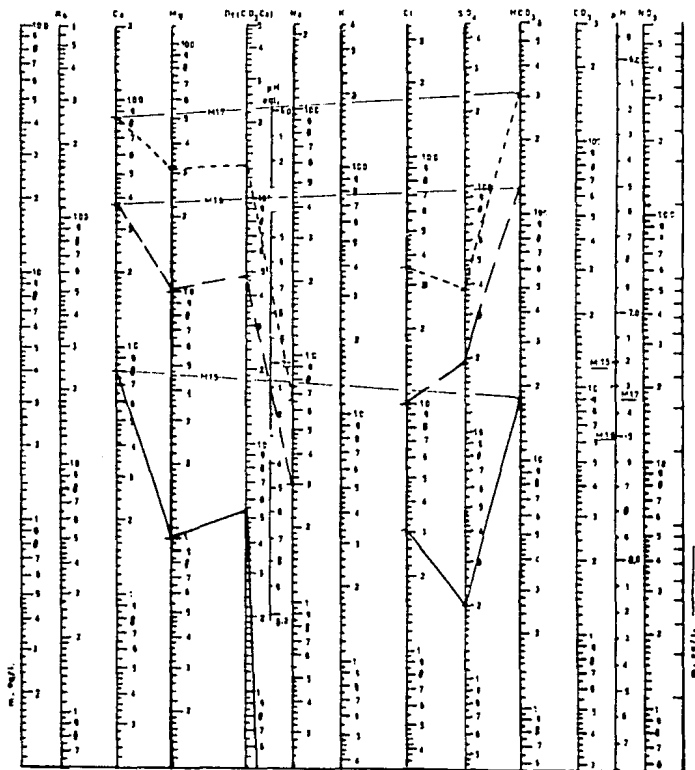


N ^o . DE OBRA	REPRESENTACION
P-14	_____

OBSERVACIONES
P-14

FIGURA V2.20

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO
DE SCHOLLER - BERKALOPP

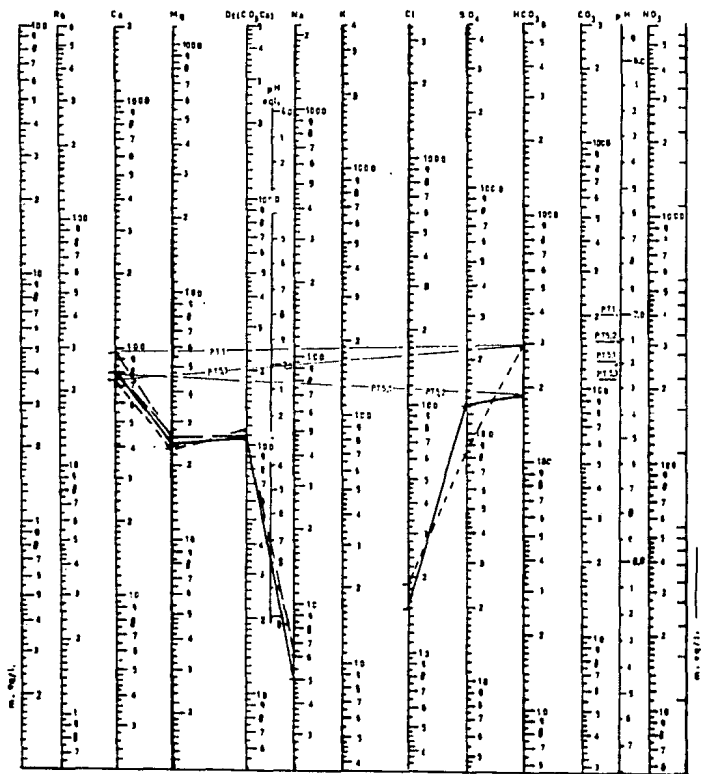


Nº. DE OBRA	REPRESENTACION
M 15	—————
M 16	—————
M 17	-----

OBSERVACIONES
T _{amb}
P _{amb}
Q _{el}
NOTA: CAMBIO DE ESCALA

FIGURA V2.21

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO
DE SCHÖLLER-BERKALOPP

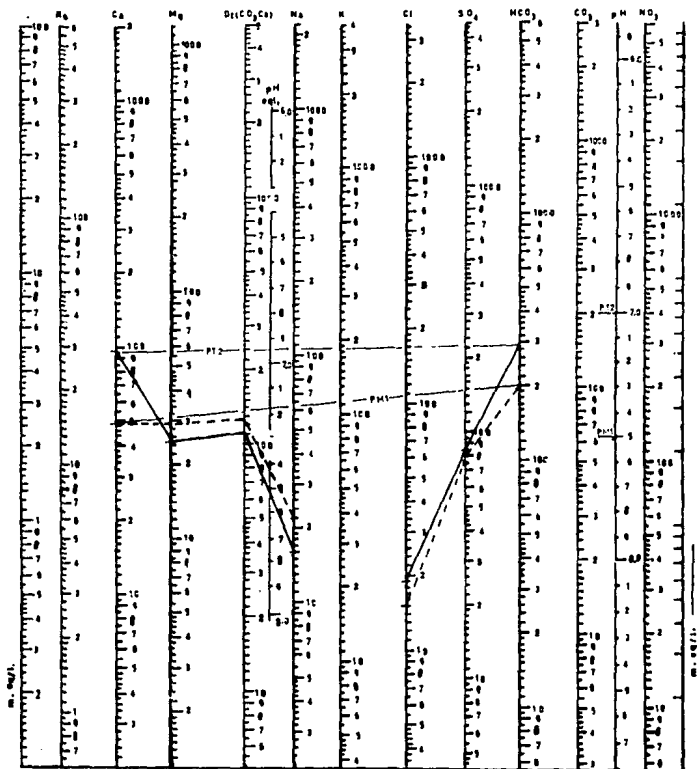


Nº. DE OBRA	REPRESENTACION
PT 5.1	—————
PT 5.2	—————
PT 5.3	—————
PT 1	-----

OBSERVACIONES

FIGURA V2.22

DIAGRAMA SEMILOGARITMICO DE SCHOLLER-BERKALOPP



No. DE OBRA	REPRESENTACION
PI 2	—————
PI 1	- - - - -

OBSERVACIONES

FIGURA V2.23

CAPITULO VI.

VI. HIDROGEOLOGIA

VI.1 INTEGRACION DE RESULTADOS (Marco conceptual de resultados)

El marco referido a la circulación del agua subterránea es a través de las zonas fracturadas e intensos procesos cársticos que se encuentran afectando a las calizas y dolomías de la Formación Morelos, con una dirección noreste-surroeste en el Sistema Huacapa, siendo también estas calizas la zona de recarga para el acuífero. Otro sistema importante es el Almolonga ya que presenta características similares al anterior pero con una dirección de flujo hacia el noreste.

VI.1.1 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

De acuerdo a las características físicas y litológicas de las unidades rocosas en el área, se definieron las siguientes unidades hidrogeológicas.

UNIDAD IMPERMEABLE INFERIOR.

Dentro de esta unidad se agrupan a las formaciones más antiguas que afloran en la zona.

Grupo Tecocoyunca.

Compuesto por areniscas y lutitas con material arcilloso, con un fracturamiento de bajo a medio poco continuo, las cuales tienen pocos mm. de abertura y que en su mayoría están rellenas de material arcilloso, por lo tanto disminuye su porosidad y su permeabilidad es de nula a baja.

Formación Acahuizotla.

Por su composición brechosa con un fracturamiento intenso pero relleno por material de la misma composición, hace que disminuya la porosidad y su permeabilidad es de nula a baja.

Este paquete forma el basamento hidrogeológico en la zona de estudio, por lo que esta es la parte inferior confinante para el acuífero de calizas, por su posición topográfica y carácter tectónico dichas formaciones pueden llegar a funcionar como acuitardos (en épocas de lluvias) en las zonas donde se presentan muy impermeabilizadas.

UNIDAD PERMEABLE.

Dentro de esta unidad se encuentran las Formaciones Huitzoco y Morelos, las cuales presentan una porosidad y permeabilidad de media a alta, por los rasgos cársticos avanzados que presentan como lo son cuevas y dolinas.

En la Formación Morelos la separación de los planos de estratificación llegan a alcanzar hasta unos cuantos centímetros. el fracturamiento es continuo de intensidad media a alta con una dirección perpendicular a la estratificación, las cavidades que presenta llegan a tener hasta 3 m. de profundidad. Además, con la intensa dolomitización se incrementa la permeabilidad.

La Formación Huitzoco presenta mayor cársticidad por lo que también puede formar un acuífero y por su posición topográfica es una área de recarga, pero por la alta solubilidad enriquece a el agua con sales.

Esta unidad forma potencialmente un acuífero importante y también por la posición topográfica y la extensa área que se encuentra aflorando, forma la zona de recarga para los sistemas Huacapa y Almolonga.

UNIDAD IMPERMEABLE SUPERIOR.

En esta unidad se agrupan a las Formaciones Mezcala, Balsas y unidades Terciarias.

Formación Mezcala

Compuesta por areniscas y lutitas calcáreas, las cuales presentan un fracturamiento moderado. En general es marcado y poco continuo, pero que se encuentra rellenado por material arcilloso, por lo que la porosidad y permeabilidad es de baja a nula.

Formación Balsas.

Compuesta por un conglomerado calcáreo que varía en su consolidación además de una porción areno-limolítica (sur de Mochitlán). La formación presenta cambios laterales y verticales. en donde presenta porciones sin consolidar la porosidad aumenta y consecuentemente su permeabilidad, en términos generales la consolidación y el material areno-limolítico disminuye sus características para contener agua. Además se encuentra poco fracturada y estas suelen estar rellenas por material arcilloso por lo que su porosidad y permeabilidad es de baja a media.

Formaciones terciarias.

Las Formaciones Agua de Obispo y Alquitrán, compuestas por tobas y rocas volcanoclasticas así como derrames piroclásticos que presentan un fracturamiento moderado con aberturas pequeñas que llegan a alcanzar 10 cm., las cuales están rellenas por material arcilloso. La Formación Agua de Obispo presenta partes conglomeráticas con una matriz arcillosa. En términos generales las dos formaciones tienen una porosidad y permeabilidad de baja a nula.

Formación Chilpancingo.

Esta unidad está compuesta por material arcilloso, limoso, arenas y conglomerados, el fracturamiento es bajo y relleno por material arcilloso producto de su misma composición, por lo tanto su porosidad es de baja a nula.

Cuerpos ígneos.

Estos se consideran dentro de la unidad impermeable, se encuentran muy intemperizados dando origen a suelos arcillosos dicho material rellena algunas fracturas, predominando sólo el fracturamiento marcado, se consideran como barreras para el flujo de agua, sin embargo, por donde pueda circular el agua a través de estos cuerpos se incrementa el contenido de sólidos (Valle de Mochitlán).

Las unidades impermeables en las zonas muy intemperizadas tienden a funcionar como acuitardos en época de lluvias, como se observó en el poblado del Huiteco al noreste de la cd. de Chilpancingo (Formación Mezcala) y Ocotepec (Formación Chilpancingo).

UNIDAD PERMEABLE SUPERIOR.

Esta unidad está formada por el material reciente ya que está constituido por arenas y gravas bien clasificadas que dan una porosidad y permeabilidad media a alta, pero de espesores pequeños como se observa en el poblado de Atliaca y el Valle de Mochitlán.

Agrupando las unidades anteriormente mencionadas en la forma como las maneja la SARH quedan de la siguiente manera:

A. EN ROCAS POROSAS CON IMPORTANCIA HIDROLOGICA RELATIVA GRANDE A PEQUEÑA.

Qal Acuíferos continuos de tensión variable, constituidos por sedimentos clásticos, permeabilidad variable. Calidad química de las aguas generalmente buena.

B. EN ROCAS FRACTURADAS CON IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA MEDIA Y GRANDE.

Fm. Huitzoco y Km. Acuífero regional restringido a zonas fracturadas amplios trechos por la disolución cárstica, libres y/o confinados. Formados en rocas calcáreas, permeabilidad alta a media, aguas generalmente duras.

C. EN ROCAS POROSAS O FRACTURADAS CON IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA MUY PEQUEÑA O NULA.

Jmt, Kia, Ksm y Teob. Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, amplios en ciertos trechos debido a la asociación con rocas porosas del manto de intemperismo, libres, permeabilidad baja y calidad química generalmente buena.

Toao, Tma y Tpch. Acuíferos en zonas fracturadas, libres y/o confinados en rocas volcánicas y mixtas sedimentarias volcánicas, eventualmente con cobertura discontinua de sedimentos no consolidados, permeabilidad muy baja a nula.

Igi. Acuíferos prácticamente ausentes. Consisten de rocas intrusivas y efusivas asociadas.

VI.1.2. SISTEMAS HIDROGEOLOGICOS.

Los sistemas hidrogeológicos establecidos en la zona de estudio están referidos a rasgos estructurales y tectónicos que se presentan, así como, las características litológicas de las rocas que afloran en dichos sistemas.

SISTEMA ZUMPANGO.

Este sistema es confinado debido a que en él afloran las Formaciones Mezcala y Balsas, las cenizas de la Formación Morelos se encuentran a profundidades mayores de 400 metros.

Sus límites dentro de la zona de estudio son; al este la discontinuidad de Tixtla-Atliaca y al sur las Fallas El Aguacate y Duraznales, el flujo se presenta hacia el norte, esto en base a que los manantiales ubicados hacia el sur bajaron su nivel al mínimo o se secaron cuando se puso en funcionamiento el pozo Zumpango (PM14).

La zona de recarga de este sistema se encuentra en el límite sur en las calizas de la Formación Morelos.

SISTEMA ALMOLONGA.

Este sistema ocupa la porción noreste de la zona de estudio, sus límites comprenden al este la discontinuidad Tixtla-Atliaca, al sur la Falla Monte Alegre y el Anticlinal Pantiimani.

La dirección de flujo es hacia el noreste, esto es debido a que hacia el norte de la cd. de Tixtla se presenta una intensa cársticidad, principalmente dolinas en los yesos de la Formación Huitzuc y las calizas de la Formación Morelos, las cuales están alineadas hacia el noreste.

Se considera que hacia la porción sur este sistema tiene interrelación con el Sistema Huacapa por la intensa disolución que se presenta en las calizas, así como, la diferencia topográfica que se presenta entre Chilapa y Quecnultenango.

La cuenca endorréica de Tixtla se considera en el presente trabajo, que tiene relación con los Sistemas Almolonga y Huacapa. La relación con el Sistema Almolonga se efectúa al noreste de la cd. de Tixtla. La Laguna de Tixtla está definida por una gran dolina cortada por una falla de dirección norte-sur y que tiene fracturas importantes de dirección E en el bloque esta, las cuales tienen aberturas de hasta 0.5 m., también se presentan sumideros, los cuales están entubados y son desasolvados por la SARH de Chilpancingo. La relación con el Sistema Huacapa se debe a la presencia de pequeñas dolinas hacia el poblado de Zacazonapán, además de que los planos de estratificación de las capas de caliza tienen separaciones de 3 cm, y que estas están muy fracturadas, sin material rellenandolas, aunado a esto, las fracturas son perpendiculares a la estratificación con dirección norte-sur, lo cual permite el flujo hacia el sur.

La zona de recarga de este sistema se encuentra en las calizas de la Formación Morelos y en los yesos de la misma.

SISTEMA HUACAPA.

Este sistema comprende la mayor parte de la zona de estudio y está referido a la cuenca del Río Huacapa, sus límites son rasgos estructurales y tectónicos, de esta forma, hacia el norte tiene como límites las Fallas El Aguacate, Duraznales y Monte Alegre, hacia el sur son los parteaguas naturales y el cuerpo intrusivo localizado al sur de Mochitlán.

La dirección de flujo es este-oeste, tomando en relación la dirección del Río Huacapa, además de que los diferentes manantiales fluyen hacia el este, Se considera que el flujo del agua es a través de fracturas y canales de conducción los cuales están a diferentes profundidades. Otra relación es la que se observa en los análisis hidrogeoquímicos, los cuales indican que el contenido de sólidos totales se incrementan hacia el manantial El Borbollón.

Como ya se mencionó este sistema tiene relación con la cuenca endorréica de Tixtla, también tiene relación con dos porciones al sur de Chilpancingo, una es con la Cuenca de Mazatlán (Sistema Acahuizotla) a través de las dolomías de la Formación Morelos y por diferencia topográfica producto de las Fallas Las Pozas y Chacotla, la otra relación es con el Sistema Azinyualco, esto es debido a la presencia de dolinas alineadas con dirección noreste, además del material dolomítico que se presenta en esa zona.

La principal zona de recarga es hacia el oeste de la cd. de Chilpancingo, sin embargo por las características físicas de las calizas y por su amplia extensión de afloramiento, sirve en todo el sistema como zona de recarga.

Se presentan dos porciones pequeñas de el Sistema Azinyualco y la Cuenca de Mazatlán, el flujo de estos es hacia el sur.

VI.1.3. PERFORACION Y DISEÑO DE POZOS EXPLORATORIOS.

El diseño y perforación de los pozos exploratorios T1, T2, T5, M1, M2-A y M3, se efectuó en lugares seleccionados por la SARH de la cd. de Chilpancingo, empleando el método de perforación rotatoria, a profundidades programadas entre 200 y 600 m; de las 6 perforaciones 5 fueron por contrato y una por administración. En las perforaciones se tuvieron problemas de pérdidas de fluidos, así como roturas del equipo de perforación, lo cual provocó pérdidas de tiempo por pesca del equipo. Por las pérdidas de fluido se puede inferir que las calizas están fracturadas a profundidad, además, como ya se mencionó, las muestras

de canal de los pozos T5, M3 y M2, así como los núcleos del T1. se emplearon para realizar los cortes litológicos de los mismos, de las figuras 1 a 3 se observa que el adema de los pozos no presentan apoyo respecto al diámetro de perforación, pero se constató que estos se encuentran cementados para evitar que se deslicen los tubos hacia el fondo de los pozos.

Los pozos fueron ubicados en los flancos de las estructuras que se encuentran a lo largo del Valle de Mochitlán, y estos están en las dolomías de la Formación Morelos, esto con el fin de tener menores problemas de perforación con respecto al material reciente (aluvión).

VI.1.4 CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS.

Las condiciones geohidrológicas están relacionadas con las calizas de la Formación Morelos ya que las otras formaciones que se encuentran en la zona son unidades impérmables, de este modo, el funcionamiento se desarrolla por medio de las siguientes maneras.

La circulación del agua se efectúa por las fracturas hasta alcanzar los niveles base de saturación, por lo tanto puede suceder que se tengan zonas estériles y que al perforar los resultados sean negativos.

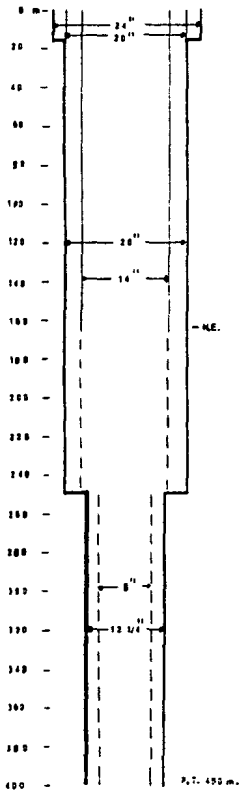
Los manantiales se producen cuando se presenta el contacto de un canal de conducción en las calizas fracturadas, con la roca sana (manantial El Borbollón) o por la presencia de rocas impérmables.

Como zona de recarga, los afloramientos de las mismas calizas son las partes más aptas para funcionar como área de recarga ya que estas se encuentran cubriendo la mayor parte de la zona de estudio, además de presentar zonas cársticas que permiten la infiltración del agua precipitada.

POZOS

TEPECHICOTLAN

T1



TEPECHICOTLAN

T5

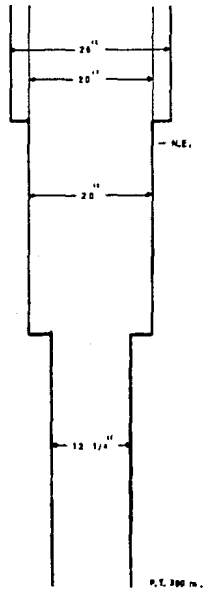
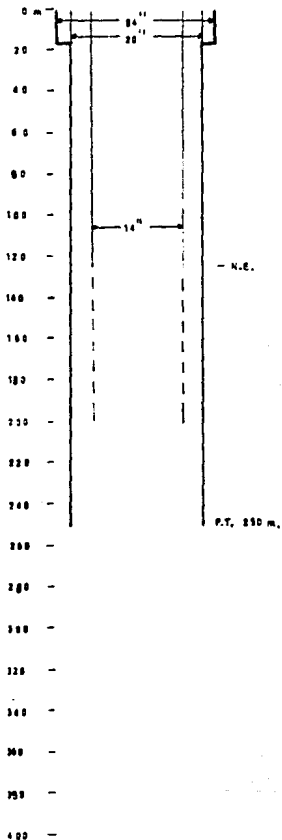


FIGURA 1

POZOS

TEPECHICOTLAN
T2



MOCHITLAN
M3

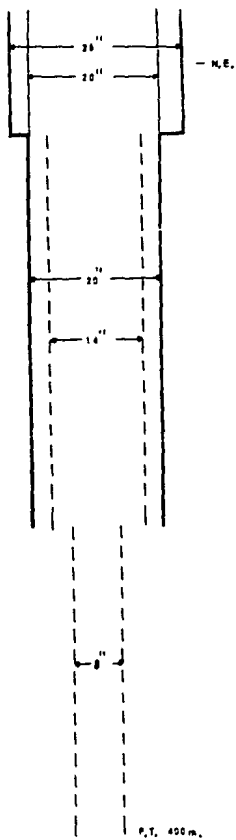


FIGURA 2

POZOS

MOCHITLAN
M-2A

MOCHITLAN
M1

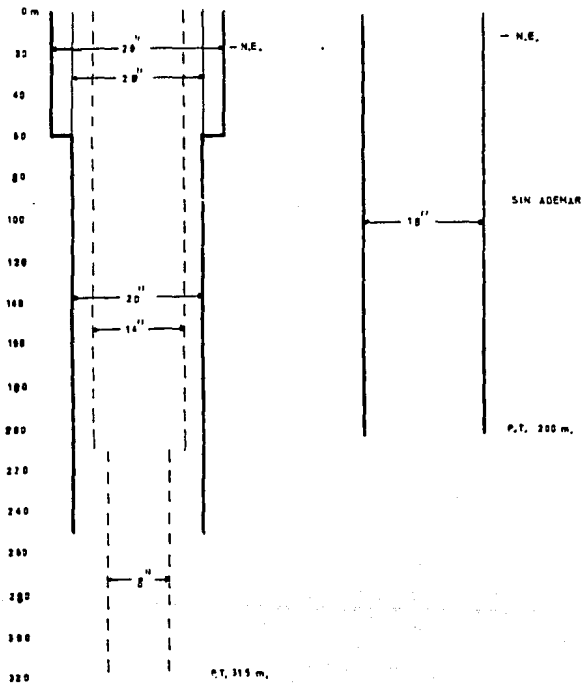


FIGURA 3

VI.1.5. CARTOGRAFIA Y DICTAMEN HIDROGEOLOGICO.

VI.1.5.1 CARTOGRAFIA.

El Plano Hidrogeológico comprende la información obtenida, como son:

- 1.- Unidades Hidrogeológicas.
- 2.- Sistemas Hidrogeológicos.
- 3.- Datos de obras censadas.

Unidades Hidrogeológicas.

Estas se encuentran separadas en el plano conforme a la clasificación que actualmente está utilizando la SARH, tomando sus características hidrogeológicas dependiendo de su porosidad y permeabilidad, por lo que las unidades hidrológicas del subcapítulo VI.1.1., fueron relacionadas con dicha clasificación.

Sistemas Hidrogeológicos.

Los sistemas hidrogeológicos comprenden las direcciones de flujo inferidos por las relaciones estructurales y naturales que se presentan en ellos, además de las características cársticas que presentan.

Datos de obras censadas.

Estos comprenden los datos recabados en el campo durante el censo de obras de captación, entre estos se encuentran, sólidos totales, conductividad eléctrica, gasto y altitud (manantiales), en el caso de los pozos se presenta también el corte litológico y profundidad total.

VI.1.5.2. DICTAMEN HIDROGEOLOGICO.

El dictamen hidrogeológico del presente estudio, está referido a cada sistema hidrogeológico.

El Sistema Huacapa es el que presenta mayor potencial hidrológico, el cual está determinado por el cárst activo que presenta, como son las dolinas y oquedades por donde se desarrolla la disolución de las calizas, además de el incremento de la porosidad y permeabilidad que presentan las dolomías y la presencia de numerosos manantiales a lo largo del sistema, por lo que se tendrán mayores posibilidades de obtener resultados positivos en las perforaciones en zonas determinadas.

El Sistema Ajmoionga presenta evidencias de un carst intenso pero de características seriles, ya que la cantidad de agua precipitada en él es de 200 mm. , no se presentan manantiales superficiales, además las formas cársticas (dolinas) se presentan con material residual arcilloso en su fondo. Se considera que los niveles de saturación (niveles freáticos), se encuentran a profundidades mayores respecto a la cota de la Laguna de Tzitzil, por lo que su potencial se puede considerar de bajo a medio.

El Sistema Dampango es el que presenta un menor potencial hidrológico, debido a que las rocas aflorantes en este son impermeables, sumado a esto la baja precipitación que se registra en este sistema; sin embargo, es posible encontrar zonas fracturadas por donde circule el agua de forma libre como lo demuestra el Pozo Dampango.

CAPITULO VII.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1 CONCLUSIONES.

- 1.- La Formación Morelos presenta facies de plataforma interna con bordes de cuerpos orgánicos de poca dimensión.
- 2.- Se presenta una calcificación posterior de las dolomías por efectos hidrotermales, lo cual provoca un aumento de porosidad y permeabilidad.
- 3.- Las dolomías abarcan una amplia zona, sobre todo en la parte sur del área de estudio, desde el Anticlinal Mocolmani, Valle de Mochitlán hasta el poblado de Coatomatitlán, y esta disminuye hacia la porción norte y noreste, los acuíferos que forman son libres.
- 4.- En el área de estudio se definieron las siguientes unidades hidrogeológicas.

A. En rocas porosas con importancia hidrogeológica relativa alta a pequeña.
Dentro de esta unidad se tiene al material reciente (Qal), el cual tiene una extensión y espesor variable, compuesto por arenas, gravas y conglomerados no consolidados.

B. En rocas fracturadas con importancia hidrogeológica relativa alta y media.
En esta se tiene a la Formación Morelos con extensión regional, debido a la disolución cárstica y fracturamiento, se presenta de manera libre o confinada, además las dolomías incrementan su porosidad y permeabilidad producida por la calcificación de estas.

C. En rocas porosas o fracturadas con importancia hidrogeológica relativa muy pequeña a nula.
En esta unidad se encuentran los materiales sedimentarios, volcánicos y sedimentarios-volcánicos, que constituyen el Grupo Tecocoyunca y las Formaciones Acahuizotla, Mezcala, Balsas, Agua de Obispo, Alcuitrán y Chilpancingo, que ocasionalmente llegan a funcionar como acuíferos restringidos y pequeños en zonas fracturadas e intemperizadas en contacto con la roca sana.

Los cuerpos igneos se consideran como barreras semipermeables, debido a que estan fracturados e intemperizados, cuando se presentan sin material relleno las fracturas funcionan como canales de conduccion.

- 5.- El Sistema Huacapa presenta varios niveles de saturación, por lo que la circulación del agua es a través de distintos canales de conducción como son las fracturas y a través de la dolomia.
- 6.- Son comprobados los datos de geofisica en relación a la existencia de cuerpos igneos en el subsuelo en el Valle de Mochitlán debido a la presencia de la calcificación de la dolomia.
- 7.- La circulación del agua en el Sistema Huacapa es hacia el sureste y existen pocas posibilidades que el agua del manantial el Borbollón no provenga en su totalidad de este sistema y de haber conexión, ésta es a través de fracturas del cuerpo igneo que se encuentra al sur del poblado de Coatimatitlán, por lo cual se incrementa el contenido de sólidos totales.
- 8.- La circulación de agua en el Sistema Zumpango se desarrolla a través de fracturas con una dirección hacia el norte. El agua es de buena calidad y el nivel de saturación en las calizas se encuentra posiblemente a profundidades mayores de 500 metros.
- 9.- El Sistema Almolonga tiene una dirección de flujo hacia el noreste, pero el nivel de saturación se encuentra a profundidades por debajo del nivel de la Laguna de Tixtla, como lo demuestran los resurideros al norte de ésta y los lineamientos de dolinas al norte.
- 10.- En general el agua es de buena calidad de acuerdo a los parametros de SAHOP (1980) ya que no sobrepasan a estos.
- 11.- El agua subterránea en el Sistema Huacapa tiende a depositar carbonatos, por lo cual puede provocar problemas en los tubos de transporte de ésta a los depósitos a la Cd. de Chilpancingo.
- 12.- La cantidad de agua precipitada se infiltra casi en su totalidad por las calizas de la Formación Morelos debido a el intenso grado de carsticidad que presentan éstas.

VII.2 RECOMENDACIONES.

- 1.- Poner una planta de tratamiento para el agua de los pozos, debido a la contaminación bacteriológica que presentan.
- 2.- Tomar precauciones respecto a las tuberías de conducción debido a que las aguas subterráneas tienden a depositar carbonatos.
- 3.- Se recomienda realizar un sondeo exploratorio a 400 metros de profundidad al noroeste de la cd. de Chilpancingo hacia el poblado de Azizintla, debido a que en esta área se presentan las calizas muy fracturadas y se observan rasgos cásticos avanzados (dolinas), además de que se encuentra en el sinclinal Chilpancingo.
- 4.- Realizar un sondeo exploratorio a 300 metros de profundidad, en el camino del poblado de Mochitlán a Zacazonapan (en la barranca), en las calizas de la Formación Morelos que presentan un fracturamiento continuo con aberturas de hasta 30 cm., tomando en relación los niveles estáticos de los pozos M2A y M1, este tendrá que estar a un nivel más superficial y también permitirá determinar si existe conexión con el manantial el Borbollón a través del intrusivo que se encuentra al sur de Coatamatitlán.
- 5.- Realizar un pozo exploratorio entre la cd. de Chilpancingo y el poblado de Petaquillas a una profundidad de 600 metros, con la finalidad de encontrar el flujo subterráneo que llega al Valle de Mochitlán.
- 6.- Colocar una estación hidrométrica poco antes de el manantial el Borbollón con el fin de poder determinar el grado de infiltración y escurrimiento superficial que se produce en el Sistema Huacapa y poder realizar un balance hidrológico y conocer la cantidad de agua disponible en dicho sistema.
- 7.- Debe de tenerse en consideración, respecto a el fracturamiento de la Formación Morelos, que puede suceder, que se lleve a perforar en zonas donde no se intersece alguna fractura, provocando que el sondeo sea improductivo.
- 8.- Se recomienda seguir perforando en las zonas dolomitizadas (Valle de Mochitlán), ya que presentan un incremento en la porosidad y su permeabilidad es alta.
- 9.- Para el Sistema Zumpango se recomienda perforar un pozo exploratorio hacia el sur de el poblado de Zumpango del Río, principalmente hacia el contacto de las Formaciones Balsas y Morelos.

14.- En el Sistema Almolonga es poco factible que se puedan encontrar los niveles de saturación, por lo que para definir sitios adecuados para la perforación de pozos exploratorios debe de tenerse en consideración las condiciones topográficas. De acuerdo a esto los niveles de saturación se encuentran profundos, sin embargo las áreas más recomendables son las zonas de contacto de los yesos con las calizas, pero debe tenerse cuidado con la calidad química del agua.

BIBLIOGRAFIA.

- Alencaster de Cserna 1963, Pelecipodos del Jurásico Medio del noroeste de Oaxaca y noroeste de Guerrero. UNAM, Ins. de Geología, Paleontología Mexicana 15.
- Bolívar J. M. 1963, Geología del área delimitada por El Tomatal, Huitzucó y Mayanacán, Estado de Guerrero. UNAM., Ins. de Geología, Bol. 69.
- Brito Arias M. 1980. Geología del área Quechulcénango-Guerrero porción sur de la cuenca Morelos-Guerrero. Tesis profesional IPN-ESIA.
- Castany G. 1975. Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Ed. Omega S. A. España.
- Corona-Esquivel R.J.J. 1981., Estratigrafía de la región de Olinala-Tecocoyunca; noroeste del estado de Guerrero. UNAM, Inst. Geología, Revista. Vol.5, No.1, p.17-24.
- Cushman A. J. 1980. Foraminifera. Harvard University Press.
- Custodio E. Llamas R., 1976. Hidrología subterránea. Ed. Omega S. A. Tomo I y II. España.
- De Cserna Z., 1965, Reconocimiento geológico de la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco. Estado de Guerrero; UNAM, Inst. de Geología. Bol.62, 77 p.
- Nieto F., Pantoja A., 1978, Relaciones de facies de las rocas cretácicas en el noroeste de Guerrero y en áreas de México y Michoacán., UNAM., Inst. de Geología, Revista. Vol.2, No.1, 52 pp.
- Ortega-Gutiérrez F., Palacios-Nieto M., 1980. Reconocimiento geológico de la parte central de la cuenca del Alto Río Balsas, estado de Guerrero y Puebla, V Convención Geológica Nacional de la Soc. Geol. Mexicana, p. 1-33.
- Carl Fries, 1981, Hoja Taxco, UNAM, Inst. de Geología; serie I:100 000.
- Evamy B. D. 1967, Dedolomitization and the development of rhombohedral pores in limestones. Journal of Sedimentary Petrology. Vol.37, No.4, p. 1204-1215.

- Dante J. M. Z. 1984, Geología de la República Mexicana. INEGI (UNAM), México D. F., p. 55-73.
- Fries Carl J. 1956. Bosquejo geológico de la región entre México y Acapulco,. Excursiones A-9 y C-12.
 ----- 1960., Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México, UNAM, Inst. de Geología. Bol. 60, 236 pp.
- Gonzalez A. 1971, Prospecto Chilpancingo I.G.562, PEMEX zona sur (inedito).
- Geoproyectos S.A. 1988, Exploración geofísica profunda en la zona de Chilpancingo Guerrero (inedito)
- Geoservicios S.A. de C.V. 1987, Estudio geológico-estructural y de prospección geohidrológica en la zona de Chilpancingo Guerrero (inedito).
- Guzman E. J., 1950. Geología del noreste de Guerrero; Bol. de la Asoc. Mexicana de Geol. Petról., Vol. 1., No. 2.
- Herak M. y V.T. Stringfield, 1972. KARST, Important karst regions of the northern hemisphere. American Elsevier Publishing Company, Inc.
- Jenny Hans, 1923, Geological reconnaissance survey of the northeastern part of the State of Guerrero; Petróleos Mexicanos, México D. F.
- Lopez Ramos E. 1983,. Geología de México, 3a. Edición, TOMO III. p.43-71.
- Llopis Noel. 1970,. Fundamentos de hidrología cárstica. Ed. Blume. España.
- Mullerried F.K. G., 1942, El Valle de Tixtla, cuenca de desague subterráneo temporal, en el Edo. de Guerrero; Rev. de la Soc. Mex. de Geogr. y Est., México., Vol. 2.
- Olea G. N. 1965., Estudio geológico del área de Huitziltepec Guerrero, Tesis profesional. IPN-ESIA.
- Ontiveros-Tarango., 1973. Estudio estratigráfico de la porción noroccidental de la cuenca Guerrero-Morelos, Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros. V. 25, p. 189-234.
- Ordoñez E., Bose E. 1899, Apuntes para la Geología del Valle de Chilpancingo; Soc. Cient. Antonio Alzate. México, D. F.. Men. y Rev., Vol. 14.

- Ortega-Gutiérrez F. 1980., Rocas volcánicas del Maastrichtiano en el área San Juan Tetelcingo, estado de Guerrero., V Convención geológica nacional de la Soc. Geol. Mexicana, p. 34-38.
- Ortega R. A. 1984., Dictamen del estudio geofísico, efectuado en Zumpango del Río, SEDUE (inedito).
- PEMEX. 1985. Prospecto tierra colorada México (inedito).
- Salinas prieto J. C. 1986. Estudio geológico de la porción occidental de la región de la Montaña, estado de Guerrero, tesis profesional. IPN-ESIA.
- Santillana M. 1929. Geología minera de las regiones norte, noroeste y central del estado de Guerrero.
- Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981. Atlas Nacional del Medio Físico, México, D. F.
- Treatise on Invertebrate Paleontology. Moor Editor. (C) Protista 2 y (N) Mollusca.
- Valdez M. F. 1968, Estudio geológico del área de Tixtla-Mochitlán-Acahuizotla, estado de Guerrero. Tesis profesional, UNAM, Facultad de Ingeniería.

ANEXO 1

CARSTICIDAD.

El fenómeno cárstico es complicado y es provocado en las formaciones calcáreas, para esto se conjugan los factores de la composición de las rocas calcáreas y el agua, siendo este último el agente activo. el cárst es el resultado del equilibrio del sistema agua-caliza.

La carstificación es un fenómeno físico-químico con muchas variedades en el concepto general al desarrollo cárstico, el cual se determina por factores tales como; densidad de fisuras, corrosión (solubilidad en fallas, fisuras, planos de estratificación, etc.), permeabilidad primaria de la roca y velocidad de flujo. La intensidad y ocurrencia de estos factores determinan el grado de carstificación en las unidades calcáreas.

La disolución de las calizas depende de la composición química del agua y de la acidez del agua cárstica, de este modo el agua de lluvia al combinarse con el CO₂ (bioxido de carbono) de la atmósfera, produce HCO₃ (ácido carbónico) el cual es un agente corrosivo importante para la disolución de los carbonatos.

Además de la actividad del agua, las formas cársticas dependen generalmente de las propiedades primarias de las rocas, la posición estratigráfica y las discontinuidades tectónicas, así como de las condiciones climáticas de la zona.

Por lo tanto debe de existir en la superficie, o cerca de esta una roca soluble, como lo son las calizas puras ya que en estas es más susceptible la carstificación, por lo que el desarrollo de las oquedades es directamente proporcional a la pureza de la roca, es decir a mayor pureza mayor solubilidad. Por lo que respecta a la posición estratigráfica, esta definirá el tipo o funcionamiento del acuífero, así como el desarrollo cárstico.

La influencia de las discontinuidades tectónicas, se efectúa por los cambios en las relaciones normales de las unidades litoestratigráficas, planos de estratificación, contactos, elevaciones, etc., esencialmente los sistemas de juntas y fracturas modifican la porosidad y permeabilidad, ya que estas aumentan considerablemente con los efectos tectónicos y son modificadores de los niveles freáticos, por lo que incrementan el desarrollo cárstico.

El clima tiene un papel importante en el proceso cárstico, debido a que en zonas donde se producen mayores precipitaciones se tendrán disoluciones mayores en las calizas.

De acuerdo a lo anterior el nivel de desarrollo cárstico esta referido al nivel base de erosión, en la parte superior se desarrolla la disolución en sentido vertical, controlada por las fracturas y fisuras hasta el nivel base, se considera que el nivel base de erosión es el nivel base de la red hidrográfica superficial, por lo tanto cuando el agua infiltrada alcanza este nivel, cambia en sentido horizontal al igual que la disolución. El nivel base de erosión esta sujeto a cambios, ya que pueden presentarse zonas donde la roca se encuentre más sana y por lo tanto poco permeable o en su caso zonas impermeables que hacen que la circulación cambia de dirección, una evidencia de esto es la presencia de cavernas.

Por lo tanto el aparato cárstico puede clasificarse como activo (cuando existe circulación) y senil (falta de circulación).

En la zona de estudio se presentan las formas cerradas y abiertas, en las primeras se efectúa una absorción lenta (dolinaz) y en las abiertas la absorción es rápida (quevedos y sumideros).

Dependiendo de la circulación del agua a través de las calizas se tienen dos tipos fundamentales de circulación cárstica.

- Aguas cársticas cautivas, se encuentran relleno totalmente los espacios libres y discurre a presión hidrostática, es propia de cárst embrionarios y poco evolucionados.

- Aguas libres son las que circulan por acción gravitatoria y son de mayor poder erosivo, por lo cual tienden a incrementar la cársticidad.

La zona de estudio presenta dos áreas cársticas marcadas, las cuales son referidas a los sistemas hidrogeológicos.

En el Sistema Huacapa se presenta una actividad cárstica activa y ampliamente desarrollada, principalmente por la presencia de la dolomía la cual es más porosa y permeable. Al oeste de la cd. de Chilpancingo se presentan abundantes huellas de disolución como son lapiaz y dolinas, hacia el sur del poblado de Tepedichicatlán se observan cavidades amplias, algunas de las cuales forman manantiales (M16), en la parte superior del Anticlinal Xocolmaní la abundancia de terrarosa disminuye la infiltración por consiguiente la cársticidad. Al norte de Mochitlán es más evidente la cársticidad ya que se presentan dolinas de pequeñas dimensiones (poblado de Zacazonápan), también se observan escarpes con cavidades y huellas de disolución lo cual indica que son antiguos canales de conducción. Hacia el norte del

poblado de Quechultenango los escarpes presentan abundantes huellas de disolución, así como dolinas pequeñas y un fracturamiento intenso que permite la circulación del agua y el aumento de la cársticidad, aunado a las características del sistema es la intensa precipitación que se registra en él (1000 a 12000 mm.).

En el Sistema Almolonga, el área donde se presenta una actividad cárstica activa es la cuenca endorreica de Tixtla, ya que se presenta un alineamiento de dolinas de pequeñas dimensiones en dirección hacia la laguna, estas en sus chimeneas presentan abundantes huellas de disolución. la laguna de Tixtla es una gran dolina la cual tiene resumideros que permiten que se incremente la actividad cárstica, en general el Sistema Almolonga presenta una cársticidad senil debido a que no cuenta con abundantes precipitaciones (800 mm.) y las dolinas contienen abundante material residual.

ANEXO 2

PETROGRAFIA MICROSCOPICA Y PALEONTOLOGIA.

Muestra No. P-145

Textura: Mudstone con fragmentos de rudistas.

Minerales esenciales: Fósiles 18 %

Cementantes: Micrita 80 %
Epatita 2 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz
Oxidos Tz

Observaciones:

Los fósiles están reemplazados por espatita y la micrita forma toda la roca, el cuarzo se muestra reemplazando a la calcita con la forma exagonal característico de esta.

Clasificación: BIOMICRITA.

Origen:

Depósito de carbonatos en áreas de baja energía en facia de Plataforma interna (serie 7 de Wilson), sometidas posteriormente a deformaciones.

Muestra No. J-15

Textura: mudstone

Minerales esenciales: Fósiles 10 %

Cementantes: Micrita 80 %
Epatita 10 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz
Oxidos Tz

Observaciones:

Los fósiles están formados por micrita y espatita, la micrita se encuentra formando a la roca, la espatita rellena las fracturas y forma parte de los fósiles, el cuarzo esta reemplazando a la micrita ya que en las formas exagonales sus bordes son de cuarzo y el resto es micrita.

Clasificación: BIOMICRITA.

Origen:

Depósito de carbonatos en zonas de baja energía en facies de plataforma interna (serie 7 de Wilson).

Muestra No. P-156A

Textura: Mudstone-Wackestone con fósiles.

Minerales esenciales: Fósiles 25 %

Cementante: Micrita 58 %
Epatita 15 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz

Observaciones:

La textura es mudstone-wackestone es producto al contenido de los fósiles y la relación de la micrita, la espatita se encuentra relleno de los fósiles y fracturas, la micrita forma a la roca.

Clasificación: BIOMICRITA

Origen:

Su depósito se efectuó en zonas de baja energía, se encuentra entre el límite de las facies de plataforma y cuenca (serie 7 de Wilson).

Muestra No. J-79

Textura: Wackestone

Minerales esenciales: Fósiles 15 %
Intraclastos 5 %

Cementante: Micrita 70 %
Epatita 10 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz
Oxidos Tz

Observaciones:

Los fósiles e intraclastos se encuentran dentro de la pasta micrítica, la cual constituye a la roca, la espatita rellena algunas fracturas.

Clasificación: BIOMICRITA

Origen:

El depósito de carbonatos se efectuó en facies de plataforma interna de baja energía (series 7 de Wilson).

Muestra No. J-28

Textura: Wackestone

Minerales esenciales:	Fósiles	30 %
	Intraclastos	17 %
	Peletes	3 %

Cementante:	Micrita	45 %
	Espatita	5 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz

Observaciones:

Los fósiles, intraclastos y peletes se encuentran en la micrita formados por este mismo material, la espatita rellena las fracturas, algunos fósiles son bentónicos.

Clasificación: BIOINTRAMICRITA

Origen:

El depósito de carbonatos se desarrolló en facies de plataforma interna con mayor energía. (serie 7 de Wilson).

Muestra No. P-72, 17

Textura: Packestone, en algunos granos con fabrica geopetal.

Minerales esenciales:	Intraclastos	40 %
	Fósiles	5 %

Cementante:	Micrita	40 %
	Espatita	15 %

Minerales accesorios: Oxidos Tz
Cuarzo Tz

Observaciones:

La micrita se encuentra cementando a toda la roca además en algunos intraclastos forma la fabrica geopetal, la espatita se encuentra relleno las fracturas y algunos fósiles, la lamina presenta gran cantidad de arcilla, así como una dolomitización incipiente.

Clasificación: INTRAMICRITA ARCILLOSA DOLOMITIZADA.

Origen:

Su depósito se produce en plataforma somera de la serie 8 de Wilson.

79 ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Muestra No. J-34

Textura: Sacaroides con fantasmas de intraclastos.

Minerales esenciales: Dolomía 100 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz
Oxidos Tz

Observaciones:

La roca esta formada en su totalidad por dolomía, los intraclastos se presentan como fantasmas compuestos por la misma dolomía, el cuarzo es producto de una baja silificación producto de hidrotermalismo.

Clasificación: MESODOLOMIA

Origen:

Es una dolomía secundaria producto de canivalismo en la calcita, alterada por un incipiente hidrotermalismo.

Muestra No. F-3

Textura: sacaroides

Minerales esenciales: Dolomía 90 %
Fósiles 10 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz
Oxidos Tz

Observaciones:

La muestra esta compuesta por dolomía totalmente ya que los fósiles están reemplazados por la misma dolomía, el cuarzo presente es producto de una silificación baja.

Clasificación: DOLOMIA FOSILIFERA.

Origen:

Su origen es producto de canivalismo de la dolomía sobre la caliza, además de presentar un ligero ataque hidrotermal lo cual produce la silificación, se tiene la serie de Wilson 7.

Muestra No. J-54

Textura: sacaroides

Minerales esenciales: Dolomía 85 %

Minerales accesorios: Cuarzo 5 %
Oxidos 10 %

Observaciones:

La muestra presenta un aspecto brechoide, donde la dolomía es la más abundante, el cuarzo es producto de una silificación producto de efectos hidrotermales, por lo que también se presentan los oxidos en los bordes de las fracturas.

Clasificación: DOLOMIA

Origen:

Dolomía afectada por hidrotermalismo y asociada a un falla normal (plano geológico).

Muestra No. P-28, 24

Textura: sacaroides

Minerales esenciales: Dolomía 100 %

Minerales accesorios: Oxidos Tz

Observaciones:

La muestra esta formada por dolomía y por el tamaño de sus cristales se puede agregar el prefijo macro.

Clasificación: MACRODOLOMIA

Origen:

Es producto de el reemplazamiento de la dolomía sobre la caliza (canivalismo).

Muestra No. P-133,40

Textura: sacariode

Minerales esenciales: Dolomia 100 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz

Observaciones:

La muestra esta formada totalmente por dolomia y por el tamaño se le agraga el prefijo meso, el cuarzo presente es producto de una silificación.

Clasificación: MESODOLOMIA

Origen:

El origen es producto de canivalismo de la dolomia sobre la calcita.

Muestra No. J-62

Textura: sacaroides

Minerales esenciales: Dolomia 88 %
Intraclastos 5 %
Fósiles Tz

Cementanto: Espatita 5 %

Minerales accesorios: Oxidos Tz

Observaciones:

En la muestra se presentan fantasmas de intraclastos y fósiles reemplazados por la dolomia, la espatita es producto hidrotermal y se encuentra rellenando las fracturas.

Clasificación: MICRODOLOMIA

Origen:

Su origen es producto de una calcificación de la dolomia por hidrotermalismo, provocando el reemplazamiento de la calcita por la dolomia (dedolomitización).

Muestra No. J-5

Textura: sacaroide

Minerales esenciales: Dolomia 100 %

Minerales accesorios: Oxidos Tz

Observaciones:

La muestra esta formada en su totalidad por dolomia de forma anhedral mostrando las formas rombricas tipicas de la dolomia.

Clasificación: DOLOMIA

Origen:

Es de una dolomia afectada por hidrotermalismo.

Muestra No. F-10

Textura: sacaroide

Minerales esenciales: Dolomia 90 %

Cementantes: Espatita 10 %

Minerales accesorios: Oxidos Tz
Cuarzo Tz

Observaciones:

La dolomia es anhedral, la espatita se encuentra relleno de fracturas, en algunos cristales se observa el reemplazamiento de la calcita por la dolomia (dedolomitización), el cuarzo y los oxidos son posteriores a la dolomia.

Clasificación: DOLOMIA

Origen:

El origen de esta, es el reemplazamiento de la dolomia original por la calcita por procesos hidrotermales.

Muestra No. F-12 (0.0 m.)

Textura: sacaroide

Minerales esenciales: Dolomia 100 %
Fósiles Tz

Minerales accesorios: Cuarzo Tz

Observaciones:

La muestra esta formada en su totalidad por dolomia, los fósiles son fantasmas sustituidos por la dolomia, el cuarzo es producto de una silificación.

Clasificación: DOLOMIA

Origen:

El depósito se efectuó en zonas de baja energía, lo que permitió la acumulación de organismos, y posteriormente se efectuó el reemplazamiento de la dolomia sobre la calcita.

Muestra No. 50-51 m. -T1

Textura: sacaroide

Minerales esenciales: Dolomia 90 %

Minerales accesorios: Oxidos Tz

Cementante: Espatita 10 %

Observaciones:

Se presenta claramente el fenómeno de calcificación ya que algunos cristales de la dolomia, al ser tenidas mostraban porciones sin tener.

Clasificación: DOLOMIA.

Origen:

Esta dolomia es alterada por un hidrotermalismo que le provoca el proceso de calcificación.

Muestra No. 151-152, T1

Textura: Sacaróide.

Minerales esenciales: Dolomía . 100 %

Observaciones:

La roca es formada por dolomía en su totalidad recristalizada.

Clasificación: DOLOMIA.

Origen:

La dolomía secundaria producto del reemplazamiento sobre la calcita, es afectada por hidrotermalismo el cual le provoca la calcificación.

Muestra No. 400-401, T1

Textura: Sacaróide

Minerales esenciales: Dolomía 90 %
Fósiles 5 %

Minerales accesorios: Cuarzo Tz

Cementante: Espatita

Observaciones:

La muestra se observa menos afectada por el hidrotermalismo lo cual permite que se distingan los fantasmas de algunos fósiles.

Clasificación: DOLOMIA

Origen:

Es una dolomía secundaria afectada por hidrotermalismo. y posiblemente pertenece a la serie 7 de Wilson.

Muestra No. P80-18

Textura: fluidal

Minerales Esenciales: Yeso 99 %

Minerales Accesorios: Curzo Tz
Calcita Tz

Observaciones:

El yeso presenta una textura fluidal, dentro de esta pasta se presenta el cuarzo y la calcita.

Clasificación: YESO

Diagenesis:

Hidratación de la anhidrita provocando la alteración de esta a yeso.

Muestra No. J-46

Textura: Psamítica

Minerales esenciales: Cuarzo 23 %
Feldespatos 2 %
F.R. 3 %

Minerales accesorios: Micas 2 %
(moscovita)
oxidos Tz

Matriz: Arcilla 70 %

Observaciones:

Los cristales de cuarzo son subredondeados en una matriz arcillosa, la cual presenta cierta orientación incipiente, los fragmentos de roca son pequeños y no se puede definir su composición.

Clasificación: WACKA CUARCITICA

Origen:

Se depósito en cuencas marginales y compactada, posteriormente es afectada por un intrusivo que le da el aspecto pizarroso.

Muestra No. J-47

Textura: Psamítica

Minerales esenciales: Cuarzo 85 %
F.R. 3 %
Feldespatos Tz

Minerales secundarios: Cerisita Tz
Clorita Tz

Matriz: Cuarzo 12 %

Observaciones:

La roca está bien clasificada con granos subredondeados a redondeados, la matriz es formada por cuarzo microcristalino, los feldespatos son mínimos y se presenta la cerisita como alteración.

Clasificación: ORTOCUARCITA

Origen:

Deposición en zonas continentales estables, el material es producto de rocas estables (ígneas).

Muestra No. P98-29

Textura: Psamítica

Minerales esenciales: Cuarzo 31 %
F.R. carbonatos 58 %
Feldespatos 1 %

Minerales secundarios: Micas Tz
Oxidos Tz

Cementante: Calcita 9 %

Observaciones:

Los fragmentos de roca son carbonatos de formas anhedrales, subredondeados, el cuarzo es subanguloso a subredondeado.

Clasificación: ARENITA LÍTICA

Origen:

Su depósito se desarrolló cerca de la zona de suministro, en cuencas marginales.

Muestra No. P147-27

Textura: Psamítica

Minerales esenciales: Cuarzo 30 %
Feldspatos 2 %
F.R. 60 %

Minerales accesorios: Óxidos Tz
Arcilla Tz

Cementante: Calcita 7 %

Observaciones:

Los fragmentos de roca están compuestos de carbonatos, anhedrales, los fragmentos de cuarzo son de subangulosos a subredondeados.

Clasificación: ARENITA LITICA

Origen:

Depósito en cuencas marginales de aguas de baja energía.

Muestra No. J-66

Cristalinidad: Merocristalina

Granularidad: grano fino

Textura: Porfídica

Minerales esenciales: oligoclasa andesina 28 %
Cuarzo 8 %

Minerales accesorios: Hornblenda 2 %
Biotita 4 %

Minerales secundarios: Calcita 5 %
F.R. 3 %

Matriz: Cuarzo-feldespato 52 %

Alteraciones: Clorita Tz

% recalculado: Cuarzo 22.2 %
Oligoclasa-andesina 77.8 %

Observaciones:

Los cristales de las plagioclasas son subhedrales rotos, son zoneados hacia el centro, el cuarzo presenta formas anhedrales los cuales esta corroídos y fragmentados. estos se encuentran en una matriz microlítica de cuarzo y feldespato.

Clasificación: DACITA

MUESTRAS DE CANAL DE LOS POZOS T5, M2-A y M3.

En la petrografía realizada en las muestras de canal del pozo T5 se encontro que estas presentan textura sacariode, con un mayor contenido de Dolomia, en cantidades menores micrita, en ambas partes se observan fantasmas de fósiles, la dolomia presenta la forma romboedraal caracteristica, esta secuencia se presenta hasta los 300 metros, por lo que se clasifico como DOLOMIA,. Se origino por proceso hidrotermal que le produjo una calcificación.

A partir de lo 300 metros se tiene material arcilloso-calcáreo con abundante arcilla y calcita, es producto del plano de falla (falla IV, plano geológico), la cual se observa en la superficie.

Muestras de canal del pozo M2-A.

En estas muestras se presenta la dolomia hasta los 200 metros aproximadamente, se encuentran en menores proporciones calcita, y cuarzo, en la dolomia se observan fantasmas de fósiles e intra-clastos, los fósiles son fragmentos de rudistas. La presencia del cuarzo es por silificación debido a el hidrotermalismo que afecta a la dolomia, por lo cual se clasifico como dolomia.

En la muestra de los 298 a 300 metros se observa un incremento de la micrita, con fragmentos de fósiles. también se observan algunos fragmentos de dolomia, sin embargo, se clasifico como una Biomicrita de serie 7 de Wilson.

Muestras de canal del pozo M3.

En los primeros metros (18 a 20 m.) los fragmentos de caliza muestran una textura mudstone. Compuesta por micrita en la cual se observan fósiles e intraclastos, y solo ocasionalmente algunos fragmentos de dolomía, por la abundancia de la micrita se clasifica como una intramicrita.

En los metros 194 a 196 se observa la dolomía con algunos fragmentos de anhidrita, se incrementa el contenido de dolomía con efectos de hidrotermalismo, la anhidrita se presenta en forma anhedral y en cantidad menor, por lo que se clasifico como una Dolomía.

Entre los 240 a 380 metros se presenta la anhidrita anhedral, los fragmentos presentan una textura fluidal, se observan también unos cuantos fragmentos de dolomía, sin embargo, la anhidrita es la que predomina. Se clasifico como anhidrita.

A partir de los 390 metros se presenta en cantidades similares la anhidrita con la dolomía, esta última presenta el proceso de calcificación.

Petrografía del Pozo Zumpango (núcleos) ubicado fuera de los límites de la zona de estudio.

Muestra No. PZ250 metros

Textura: Psamítica

Minerales esenciales:	Cuarzo	35 %
	Feldespatos	2 %
	F.R.	53 %

Minerales accesorios:	Oxidos	4 %
	Micas Tz	

Cementante:	Calcita	6 %
-------------	---------	-----

Observaciones:

Los fragmentos de roca son carbonatados, de forma anhedral, el cementante es de calcita, los fragmentos de cuarzo son de sub-angulosos a subredondeados, la muestra esta mal clasificada.

Clasificación: ARENITA LITICA

Origen:

El depósito se desarrolló en cuencas marginales, este sufrió un emplazamiento ígneo el cual es evidente por la presencia abundante de óxidos.

Muestra No. PZ450 metros

Cristalinidad: holocristalina

Granularidad: Porfídica

Textura: Porfídica inequigranular

Minerales esenciales: Cuarzo 5 %
Andesina-Oligoclasa 22 %

Minerales accesorios: Hornblenda 2 %
Biotita 1 %
Apatito Tz

Minerales secundarios: Calcita 2 %
Óxidos 4 %
(Pirita)

Matriz: Cuarzo y feldespato 60 %

Alteraciones: Clorita 3 %

% recalculados: Cuarzo 18.5 %
Feldespatos 81.5 %

Observaciones:

los feldespatos son los más abundantes presentando formas sub-hedrales siendo zonados hacia el centro, el cuarzo es anhedral presentando bordes de alteración, este cuerpo es el que produce una ligera mineralización a la arenisca anterior.

Clasificación: DIORITA

Muestra No. MA

Cristalinidad: Holocristalina

Granularidad: Porfídica

Textura: Porfídica inequigranular

Minerales esenciales: Oligoclasa-andesina 26 %
Cuarzo 3 %

Minerales accesorios: Hornblenda 1 %
Biotita 5 %

Minerales secundarios: Oxidos Tz
F.R. Tz

Matriz: Cuarzo-feldespato 64 %

Alteraciones: Clorita Tz
Cerisita Tz

% recalculados: Cuarzo 10 %
Feldespatos 90 %

Observaciones:

Los cristales de los feldespatos son euhedrales alargados y corroídos y en pequeñas proporciones se encuentran alterados a cerisita además estos son zonados, el cuarzo muestra formas exagonales.

Clasificación: DIORITA

Muestra No. P4-16

Cristalinidad: Holocristalina

Granularidad: Porfídica

Textura: Porfídica inequigranular

Minerales esenciales: Andesina oligoclasa 16 %
Cuarzo 2 %

Minerales accesorios:	Hornblenda	2 %
	Biotita	1 %
	apatito Tz	

Minerales secundarios:	Calcita	8 %
	Oxidos Tz	

Matriz:	Cuarzo feldespatos	68 %
---------	--------------------	------

Alteraciones:	Clorita	2 %
---------------	---------	-----

% recalculados:	Cuarzo	11 %
	Feldespatos	89 %

Observaciones:

Se observa a la hornblenda sustituida por carbonatos, los feldespatos son euhedrales zonados hacia el centro, los cuarzos se presentan fragmentados y corroídos, la calcita se encuentra distribuida en toda la muestra lo cual indica que esta roca esta en las proximidades de la caliza lo cual hace que se contamine.

Clasificación: DIORITA

PALEONTOLOGIA.

En general las muestras de la Formación Morelos presentan una fauna homogénea, encontrándose principalmente moluscos y miliolidos, fueron determinados los siguientes:

MILIOLIDOS.

Orden: Foraminifera
Sub-orden: Miliolina
Super-familia: Miliolacea
Familia: Miliolidae
Sub-familia: Miliolinellinae
Nombre: Nummoloculina
Rango estratigráfico:
Cretacico Medio - Reciente.

Orden: Foraminifera
Sub-orden: Miliolina
Super-familia: Miliolacea
Familia: Miliolidae
Sub-familia: Quinqueloculininae
Nombre: Quinqueloculina
Rango Estratigráfico:
Juracico - Reciente

Orden: Foraminifera
Sub-orden: Miliolina
Super-familia: Miliolacea
Familia: Miliolidae
Sub-familia: Quinqueloculininae
Nombre: Triloculina
Rango estratigráfico:
Juracico - Reciente

Orden: Foraminifera
Sub-orden: Miliolina
Super-familia: Miliolacea
Familia: Nubeculariidae
Sub-familia: Spiroloculininae
Nombre: Spiroloculina
Rango estratigráfico:
Cretacico - Reciente

Orden: Foraminifera
Sub-orden: Miliolina
Familia: Nubeculariidae
Sub-familia: Aphthaimidiinae
Nombre: Mussilina
Rango estratigráfico:
Jurásico - Reciente

MOLUSCOS.

Clase: Rudista
Sub-clase: Heterodonta
Orden: Hippuritoidea
Super-familia: Hippuritacea
Familia: Requeniidae
Nombre: Toucasia
Rango estratigráfico:
Triásico - Cretácico

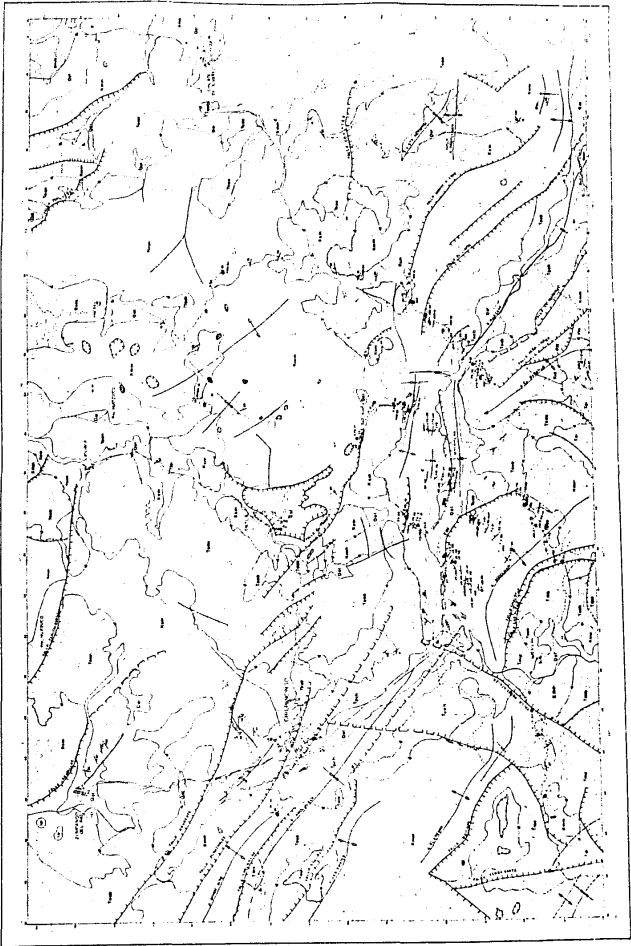
Orden: Pterioida
Sub-orden: Pterinez
Super-familia: Pectinacea
Familia: Entoliidae
nombre: Nerinea
Rango estratigráfico:
Jurásico - Reciente.

LEYENDA

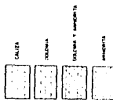
- 1. Línea de costa
- 2. Línea de playa
- 3. Línea de marea
- 4. Línea de bajamar
- 5. Línea de pleamar
- 6. Línea de nivel del mar
- 7. Línea de nivel del terreno
- 8. Línea de nivel del agua
- 9. Línea de nivel del viento
- 10. Línea de nivel del viento fuerte
- 11. Línea de nivel del viento muy fuerte
- 12. Línea de nivel del viento huracán
- 13. Línea de nivel del viento tropical
- 14. Línea de nivel del viento subtropical
- 15. Línea de nivel del viento polar
- 16. Línea de nivel del viento antártico
- 17. Línea de nivel del viento ártico
- 18. Línea de nivel del viento nival
- 19. Línea de nivel del viento helado
- 20. Línea de nivel del viento congelado
- 21. Línea de nivel del viento congelado fuerte
- 22. Línea de nivel del viento congelado muy fuerte
- 23. Línea de nivel del viento congelado huracán
- 24. Línea de nivel del viento congelado tropical
- 25. Línea de nivel del viento congelado subtropical
- 26. Línea de nivel del viento congelado polar
- 27. Línea de nivel del viento congelado antártico
- 28. Línea de nivel del viento congelado ártico
- 29. Línea de nivel del viento congelado nival
- 30. Línea de nivel del viento congelado helado
- 31. Línea de nivel del viento congelado congelado
- 32. Línea de nivel del viento congelado congelado fuerte
- 33. Línea de nivel del viento congelado congelado muy fuerte
- 34. Línea de nivel del viento congelado congelado huracán
- 35. Línea de nivel del viento congelado congelado tropical
- 36. Línea de nivel del viento congelado congelado subtropical
- 37. Línea de nivel del viento congelado congelado polar
- 38. Línea de nivel del viento congelado congelado antártico
- 39. Línea de nivel del viento congelado congelado ártico
- 40. Línea de nivel del viento congelado congelado nival
- 41. Línea de nivel del viento congelado congelado helado
- 42. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado
- 43. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado fuerte
- 44. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado muy fuerte
- 45. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado huracán
- 46. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado tropical
- 47. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado subtropical
- 48. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado polar
- 49. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado antártico
- 50. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado ártico
- 51. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado nival
- 52. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado helado
- 53. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado
- 54. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado fuerte
- 55. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado muy fuerte
- 56. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado huracán
- 57. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado tropical
- 58. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado subtropical
- 59. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado polar
- 60. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado antártico
- 61. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado ártico
- 62. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado nival
- 63. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado helado
- 64. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado
- 65. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado fuerte
- 66. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado muy fuerte
- 67. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado huracán
- 68. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado tropical
- 69. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado subtropical
- 70. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado polar
- 71. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado antártico
- 72. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado ártico
- 73. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado nival
- 74. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado helado
- 75. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado
- 76. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado fuerte
- 77. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado muy fuerte
- 78. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado huracán
- 79. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado tropical
- 80. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado subtropical
- 81. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado polar
- 82. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado antártico
- 83. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado ártico
- 84. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado nival
- 85. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado helado
- 86. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado
- 87. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado fuerte
- 88. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado muy fuerte
- 89. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado huracán
- 90. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado tropical
- 91. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado subtropical
- 92. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado polar
- 93. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado antártico
- 94. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado ártico
- 95. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado nival
- 96. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado helado
- 97. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado
- 98. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado fuerte
- 99. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado muy fuerte
- 100. Línea de nivel del viento congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado congelado huracán

PROYECTO DE INGENIERIA
 DE LA LINEA DE COSTA
 DEL MUNICIPIO DE GUAYAMA
 PLANOS RECONSTRUCCION
 Folio No. 2 de 2

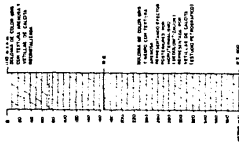
1980



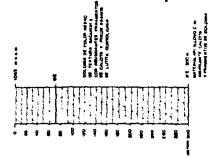
SIMBOLOGIA



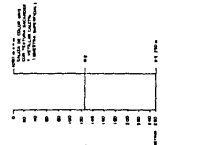
POZO TEPICHOCTULAN (T1)



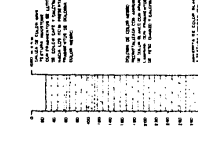
POZO TEPICHOCTULAN (T2)



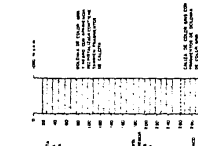
POZO TEPICHOCTULAN (T3)



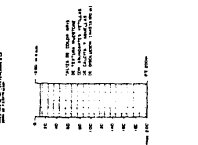
POZO MOCTILAN (M1)



POZO MOCTILAN (M2)



POZO MOCTILAN (M3)



U N A M
 FACULTAD DE INGENIERIA
 PROYECTO MECANICOLOGICO
 DE LA ZONA DE CHILPANCO
 ESTADO DE GUERRERO
 CUENTES UTILIZADOS DE PONDOS
 Figueroa Garcia Jorge
 TESIS PROFESIONAL | 1990

LEYENDA

1. Línea de frontera internacional
2. Línea de frontera departamental
3. Línea de frontera municipal
4. Línea de frontera parroquial
5. Línea de frontera de zona censal
6. Línea de frontera de zona electoral
7. Línea de frontera de zona censal y electoral
8. Línea de frontera de zona censal, electoral y parroquial
9. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial y municipal
10. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal y departamental
11. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal y departamental, e internacional
12. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental e internacional
13. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal y electoral
14. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral y parroquial
15. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial y municipal
16. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal y departamental
17. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental y departamental
18. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental y departamental e internacional
19. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, departamental e internacional y departamental
20. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, departamental e internacional y departamental e internacional

1. Línea de frontera internacional
2. Línea de frontera departamental
3. Línea de frontera municipal
4. Línea de frontera parroquial
5. Línea de frontera de zona censal
6. Línea de frontera de zona electoral
7. Línea de frontera de zona censal y electoral
8. Línea de frontera de zona censal, electoral y parroquial
9. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial y municipal
10. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal y departamental
11. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal y departamental, e internacional
12. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental e internacional
13. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal y electoral
14. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral y parroquial
15. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial y municipal
16. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal y departamental
17. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental y departamental
18. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental y departamental e internacional
19. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, departamental e internacional y departamental
20. Línea de frontera de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, e internacional y de zona censal, electoral, parroquial, municipal, departamental, departamental e internacional y departamental e internacional

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LA PLATA
CARTOGRAFÍA
1990

