

Lej. 88



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

“EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO SISTEMA VALLE DEL MEZQUITAL Y POBLACIONES ABASTECIDAS EN EL ESTADO DE HIDALGO, MEXICO”.



EXAMEN DE TESIS  
FAC. DE QUÍMICA

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

Juan Manuel Zamora Contreras

MARZO

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1988



## **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.

## INDICE

	Págs.
PREFACIO .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
INDICE .....	vi
RESUMEN .....	vii
1.- INTRODUCCION . . . . .	1
2.- ANTECEDENTES . . . . .	3
3.- OBJETIVOS . . . . .	5
4.- AREA DE ESTUDIO . . . . .	6
4.1.-Aspectos socioeconómicos . . . . .	6
4.2.-Localización geográfica . . . . .	6
4.3.-Fisiografía . . . . .	6
4.4.-Clima . . . . .	7
4.5.-Hidrografía . . . . .	7
4.6.-Localización y descripción de las estaciones de muestreo . . . . .	8
5.- METODOLOGIA . . . . .	10
5.1.-Muestreo y análisis de laboratorio . . . . .	10
5.2.-Análisis bacteriológicos . . . . .	10
5.3.-Distribución de muestreo y parámetros analizados . . . . .	11
6.- RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	12
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	19
8.- BIBLIOGRAFIA . . . . .	21
ANEXO . . . . .	23
INDICE DE FIGURAS . . . . .	24
INDICE DE TABLAS . . . . .	25

## RESUMEN

En el presente estudio, se evaluó la calidad del agua potable del Acueducto Sistema Valle del Mezquital y poblaciones abastecidas, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de catorce estaciones de muestreo, ya que representa el sistema de abastecimiento más importante del Distrito de Desarrollo Rural 063 (DDR-063) y se encuentra localizado en una zona de riego con aguas residuales, lo cual de antemano representa un problema potencial de contaminación de agua, suelo y cultivo resultando en un impacto sobre la salud pública.

Los resultados obtenidos muestran que existen tres zonas de contaminación caracterizadas por el comportamiento de los parámetros determinados. La primera de ellas corresponde a los manantiales Cerro Colorado y Tezontepec y poblaciones abastecidas por éstos. La segunda zona comprende el pozo El Mexe y poblaciones abastecidas; la última corresponde a la zona de Actopan.

El área menos contaminada comprende a los pozos El Mexe y Bothi-Bají y la más contaminada a Pozo Grande y población abastecida, teniendo básicamente en la zona de estudio problemas de dureza, contenido elevado de materia orgánica, presencia de algunos metales tóxicos y contaminación de tipo bacteriológico. Por lo anterior no se debe practicar la cloración de éstas aguas, debido a que se formarían compuestos del tipo trihalometanos, los cuales son cancerígenos, debiéndose implementar estudios detallados para establecer el sistema de tratamiento más adecuado a la calidad del agua presente.

## 1.- INTRODUCCION

En la actualidad el abastecimiento de agua potable a las grandes ciudades y más aun a comunidades rurales, representa uno de los más graves problemas que se deben de afrontar y tratar de solucionar puesto que cada vez se cuenta con menor cantidad de fuentes apropiadas y cuya ubicación hace más difícil la tarea, ya que por localizarse lejos de los asentamientos humanos, incrementa notoriamente el costo de explotación y conducción a los lugares donde se necesita.

Dado que el agua representa el elemento vital por excelencia, se puede decir que a medida que el hombre conserve en calidad y cantidad este recurso natural, asegurará su supervivencia en este planeta. Es por eso que se debe conservar y explotar éste elemento mediante una eficiente planeación y uso racional del mismo, representando una alternativa el aprovechamiento de las aguas residuales crudas o tratadas para el sector agropecuario, liberando así volúmenes considerables de aguas blancas, susceptibles de ser potabilizadas, con el fin de satisfacer la demanda requerida.

El abastecimiento de agua potable a las poblaciones es una buena medida de control de las enfermedades gastrointestinales. Está demostrado que existe relación entre calidad, cantidad de agua abastecida y número de casos de enfermedades en la población consumidora, en donde el agua actúa como vehículo de transmisión de agentes infecciosos (Rojas, 1981).

Como consecuencia de la contaminación de una fuente de agua potable por excretas o aguas residuales que contienen organismos causantes de enfermedades entéricas, se distribuye agua contaminada en un sector o en la totalidad del sistema de suministro, provocándose la hidrotansmisión que puede afectar a cientos e incluso a miles de usuarios.

La protección de la fuente y por lo tanto del agua distribuida, se realiza a través de un tratamiento adecuado de filtración o cloración, aunado al análisis de muestras para detectar posibles contaminaciones por agentes patógenos. Esto permite controlar casi por completo las enfermedades de este tipo (OMS, 1982).

Una de las prioridades para proteger la salud humana es el abastecimiento de agua potable y saneamiento ambiental para poblaciones urbanas y rurales, como es el caso del Valle del Mezquital, donde la población con acceso a sistemas de agua potable es sólo del 75.6 % y del cual, el 23.5 % cuenta con sistema de alcantarillado (SARH, s/f), teniendo un alto riesgo de

contraer enfermedades endémicas y brotes de enfermedades transmisibles, presentando una tasa de mortandad para fiebre tifoidea y otras salmonelosis, disentería bacilar, amibiasis, enteritis y otras enfermedades entéricas en los Estados de Hidalgo y México, mayor a los casos registrados a nivel nacional, debido principalmente a la mala calidad del agua utilizada, aunado a la desnutrición, malos hábitos de higiene personal, escasez de agua y ambiente contaminado por el uso de aguas residuales, lo cual representa un medio de cultivo adecuado para vectores como es el caso de moscas y mosquitos, así como la cercana ubicación de las poblaciones a estos focos de infección (SARR, 1982).

Esto plantea la necesidad de realizar estudios de calidad del agua, para detectar en un momento dado el deterioro del apreciado recurso y poder establecer las medidas correctivas necesarias para asegurar el control de enfermedades que pueden ocasionar su consumo.

En este estudio, se evalúa la calidad del agua potable del Acueducto Sistema Valle del Mezquital y poblaciones abastecidas, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de 14 estaciones de muestreo, ya que representa el sistema de abastecimiento más importante en el Distrito de Desarrollo Rural 063 (DDR-063) y se encuentra localizado en una zona de riego con aguas residuales, lo cual de antemano representa un problema potencial de contaminación para el agua, el suelo y los cultivos, resultando en un impacto sobre la salud pública.

## 2.- ANTECEDENTES

Una de las principales causas del deterioro de la calidad del agua potable utilizada en el DDR-063, lo constituye la disposición de aguas residuales crudas destinadas al uso agrícola. Al construirse el Acueducto Sistema Valle del Mezquital durante la década de los 40's, se contaba solamente con 28 mil hectáreas para riego, quedando protegidas las fuentes de abastecimiento al encontrarse alejadas de la zona de influencia de éstas aguas. A medida que se han incrementado las aportaciones y recarga de acuíferos con aguas residuales provenientes del área metropolitana, se han ocasionado serios problemas de contaminación, reflejados principalmente en el abatimiento de la calidad del agua para consumo humano.

Las repercusiones que en materia de salud tiene la utilización del agua residual en la zona, han sido poco estudiadas en nuestro país; así se tiene que la Escuela de Salud Pública de México (1976), aborda el problema desde el punto de vista parasitológico, encontrando que el uso directo e indirecto de dichas aguas no incrementa la dominancia de infecciones o enfermedades gastrointestinales por protozoarios y helmintos en la población de Progreso, Hgo..

Arciniega, *et. al.* (1976), estudiaron la población escolar de dos comunidades problema (Xaltocan, Méx. y Caxuxi, Hgo.) y una control (Sayula, Hgo.), y por las diferencias encontradas entre éstas, concluyen que no es posible establecer que el agua residual sea un factor de riesgo para las enfermedades parasitológicas.

Rivera, *et. al.* (1980), revisaron los expedientes clínicos de pacientes atendidos en el Centro de Salud, SSA, de Tula, Hgo., en el periodo de 1975 (año en que se amplió el área de riego), hasta 1979. Ellos observaron que al aumentar el reuso de aguas negras en Tula, siguió un aumento en la dominancia de gastroenteritis y amebiasis.

La SARH (1974), en investigaciones enfocadas a calidad bacteriológica encuentra que en las estaciones muestreadas se tienen altas concentraciones de coliformes focales, con valores de hasta  $4 \times 10^6$  NMP/100 ml, mismos que rebasan las concentraciones que establece el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas ( $1 \times 10^6$  NMP/100 ml), por lo que existió el riesgo de transmisión de enfermedades por ingestión de cultivos regados con este tipo de agua. Estas concentraciones bacterianas se incrementan por aportaciones frescas de aguas residuales de poblaciones y establos vecinos a los canales de riego.

La misma institución (1982), encontró en los aspectos relacionados a la salud en el DR-003, que la tasa de mortandad en los Estados de Hidalgo y México, para fiebre tifoidea y otras salmonelosis, disenteria bacilar, amebiasis, enteritis y otras enfermedades diarreicas, supera a las de nivel nacional, de lo que concluyen que puede existir un mayor riesgo de exposición a enfermedades de origen gastrointestinal, donde se utilizan aguas residuales para riego.

Según Baldaña (1986), la disposición de excretas en las poblaciones de Tezontepec, Tlahuelilpan y Progreso es la siguiente:

Letrina con arrastre de agua 56 %, letrina seca 16 % y excretas al aire libre 28 %; en cuanto a desperdicios (basura) el 24 % lo depositan en canales de riego, el 20 % lo tiran al aire libre y el 56 % lo queman, originando un importante foco de infección.

En relación a los estudios de calidad de agua potable, no se cuenta con resultados completos, limitándose a los análisis de monitoreo aislados de algunas fuentes de abastecimiento y tomas domiciliarias, realizados por la Residencia de SEDUE en Pachuca, Tlgo., por lo cual no pueden ser estadísticamente confiables.

Por último, se debe anotar que la población en general no tiene un conocimiento claro del problema de exposición y riesgo a las aguas residuales usadas en la agricultura; no se quejan por molestias en su uso (por ejemplo, malos olores o la espuma de los detergentes), y por lo contrario, sienten en éste recurso un franco factor de riqueza, progreso y bienestar.



### 3.- OBJETIVOS

1) Evaluar la calidad del agua potable distribuida dentro del DDR-063 y que es utilizada por los habitantes de la región.

2) Establecer las posibles causas de contaminación de estas fuentes de abastecimiento.

3) Establecer recomendaciones para colaborar al control de la calidad del agua abastecida.

#### 4.- AREA DE ESTUDIO

##### 4.1.- Aspectos socioeconómicos

La zona semiárida del Valle del Mezquital poblada por grupos étnicos cuya economía de sobrevivencia los mantenía en un estado de máxima pobreza, se fue transformando en una zona agrícola próspera, debido a la utilización de las aguas residuales generadas en el área metropolitana de la Ciudad de México. En la actualidad se benefician con riego 94 mil hectáreas y están en proceso de construcción obras hidráulicas que permitirán cubrir en un periodo de 5 años, alrededor de 24 mil hectáreas más, localizadas en los valles cercanos, lo cual da idea de la importancia agrícola que representa para nuestro país esta zona y en especial para el área metropolitana, ya que por un lado es una forma de disposición natural de las aguas residuales domésticas e industriales generadas, y por otro, se logra un importante abastecimiento de productos alimenticios a mercados capitalinos. Los principales productos cultivados son alfalfa, maíz, trigo, avena, frijol, tomate y chile entre otros, además de la cría de ganado caprino y vacuno.

##### 4.2.- Localización geográfica

El Sistema Acueducto Valle del Mezquital está ubicado dentro del Distrito de Riego 07 (ahora DDR-C63), situado en la parte suroeste del Estado de Hidalgo, entre los paralelos 20° 15' y 20° 10' de latitud norte y meridianos 97° 15' y 99° 55' de longitud oeste, con una altitud de 1675 msnm (Fig. 1).

##### 4.3.- Fisiografía

El Valle del Mezquital forma parte transicional del Altiplano Mexicano al Eje Neovolcánico que cruza el país en dirección general este-oeste. Está caracterizado por extensas llanuras y valles con elevaciones medias de 2 mil msnm, de las que sobresalen numerosas zonas montañosas en su mayor parte de origen volcánico (SRH, 1973-76, citado por Cubillas, 1980).

Existen varias llanuras, valles y cuencas de tipo escalonado, huellas de antiguos niveles de acumulación con piroclásticos, depósitos lacustres y fluviales que actualmente se encuentran erosionados en forma parcial por el sistema fluvial de los ríos Tula y Actopan.

Pueden distinguirse fundamentalmente tres valles. El primero denominado Valle de Apaxco, desde Tequixquiac hacia el norte hasta la población de Apaxco. El segundo puede llamarse planicie de Tula-Progreso-Actopan, siendo el más extenso y ocupando la

parte principal del DDR-063 en su parte central y que incluye el área de estudio. El tercero corresponde a la zona de Chiconautla, Tecotlalpilco e Ixmiquilpan (Cubillas, op.cit.).

#### 4.4.-Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), el clima corresponde a BSkw (w), es decir clima seco templado con precipitación pluvial menor al 5 % invernal, temperatura media anual entre 12 y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C y del mes más cálido menor de 22°C.

Con datos climatológicos proporcionados en la estación de Mixquihuala, Hgo., en los últimos 17 años se tiene una temperatura media anual de 17.2°C, con una precipitación promedio anual de 501.9 mm y con 1769.2 mm promedio anual de evaporación.

#### 4.5.-Hidrografía

El Acueducto Sistema Valle del Mezquital es originado por los manantiales de Cerro Colorado y Tezontepc para abastecer a los municipios de Actopan, Mixquihuala, Tepatepec, Tezontepc y Tlahuelilpan. A partir del municipio de Tepatepec se incorpora el pozo de agua potable "El Mexe" para satisfacer la demanda. El municipio de Actopan actualmente se abastece de pozos profundos (Pozo Grande y Bothi-Bají 1 y 2), por ser insuficiente la captación obtenida de los manantiales (Fig. 1).

Las aguas más importantes que recibe la región son escurrimientos del río Tula y Valle de México. Sobre el cauce natural del río Tula se construyó la presa Endó para aprovechar sus aguas en riego agrícola. El río Tula nace de las infiltraciones de la presa Requena, la cual almacena aguas de escurrimiento de la presa Taxhima, a través del río Tepeji y las aportaciones del Emisor Central y río El Salto, teniendo como principales tributarios a los ríos Tlautila y Rosas, hasta llegar al vaso de la presa Endó, aportando un caudal medio anual de 498.3 millones de m<sup>3</sup>, resurgiendo por infiltraciones de la misma presa y desviando su curso hacia el este, recibiendo las aportaciones del río Salado para continuar su recorrido hasta unirse con el río San Juan del Río y constituir así el río Moctezuma, tributario del Pánuco, que finalmente descarga en el Golfo de México.

El río Salado recibe las aportaciones de los túneles de Tequisquiac, que por el Gran Canal del Desagüe drenan una parte del Estado de México y reciben además parte de las aguas negras de la Ciudad de México, con un volumen de 829.4 millones de m<sup>3</sup> anuales (Cubillas, op.cit.).

Uno de los canales principales en el DDR-063 es el Canal Principal Requena, con capacidad de 15 m<sup>3</sup>/seg y una longitud de 92 Km. Se origina a la salida de la presa del mismo nombre y sirve para irrigar 35 mil hectáreas aproximadamente, conduciendo aguas negras sin tratamiento provenientes de la presa Requena, río El Salto y río Salado, según las necesidades de riego, localizándose paralelo al Acueducto Valle del Mezquital (Fig. 1). Se seleccionaron 14 estaciones de muestreo situadas estratégicamente a lo largo del sistema principal de abastecimiento de agua potable del DDR-063, Acueducto Valle del Mezquital, el cual abastece aproximadamente a 200 mil habitantes distribuidos en 85 localidades. De las 14 estaciones de muestreo seleccionadas, 5 corresponden a fuentes de abastecimiento y 8 a poblaciones, como se anlista a continuación:

NOMBRE	TIPO DE FUENTE	GASTO PROM. APROX. (l/seg)‡	No. DE MUESTRAS
Cerro Colorado	Manantial	250	1
Tezontepec	Manantial	250	1
El Mexe	Pozo profundo	25	1
Pozo Grande	Pozo profundo	20	1
Bothi-Baji	Pozo profundo	48	1

‡Tomado de SARH (1981). Actualización del estudio geohidrológico del Valle del Mezquital, Hgo. México.

POBLACION	No. APROX. HAD. (miles)	TIPO DE FUENTE	No. DE MUESTRAS
Tlahuelilpan	18	Manantial	1
Tecontepec	10	Manantial	1
Mixquiahuala	45	Manantial	2
Tepatepec	26	Pozo-manantial	1
El Mexe	1.5	Pozo-manantial	1
Actopan	48	Pozo profundo	2

Se muestreó Chapantongo como población testigo por encontrarse fuera de la zona de influencia de riesgo con aguas residuales.

A continuación se describen las características generales de las estaciones seleccionadas y cuya localización se encuentra en la Figura 2.

La estación Cerro Colorado se encuentra situada en el kilómetro 11 de la carretera Tula-Mixquiahuala, en dirección sureste del poblado de Tlahuelilpan; el manantial Tezontepec está situado al noroeste del poblado de Tezontepec, a 500 m del río Tula; el pozo El Mexe se encuentra a 500 m hacia el este de la Escuela Normal Superior ubicada en la población del Mexe, siguiendo el cauce del Canal Principal Requena; Pozo Grande se encuentra ubicado a un costado de la carretera Tula-Mixquiahuala-Actopan a la altura del kilómetro 52; el pozo Bothi-Baji se localiza hacia el sur de Actopan, entrando por la carretera a Chicavasco, hasta el poblado de Bothi-Baji, a 700 m en dirección sureste del mismo poblado.

Las estaciones de muestreo de las poblaciones de Tezontepec, Tlahuelilpan, Tepatepec y Chapantongo se ubicaron en las respectivas Presidencias Municipales; la estación de Mixquiahuala-SARH, se localizó en las Oficinas del DDR-063 de la SARH. Además, se ubicó otra estación de muestreo en un domicilio particular ubicado frente a la clínica del ISSSTE del mismo poblado.

El Tanque Regulador El Mexe está ubicado a un kilómetro hacia el sur de la Escuela Normal Superior de la población del mismo nombre. Boxthá se localiza en la Escuela Primaria de la localidad a la altura del kilómetro 50 de la carretera Tula-Mixquiahuala-Actopan y por último Actopan se localiza en el hotel RIRRA.

## 5.- METODOLOGIA

### 5.1.- Muestreo y análisis de laboratorio

Se realizaron muestreos cada cuatro semanas durante los meses comprendidos de marzo a septiembre de 1987, tomándose muestras de agua en cada una de las estaciones para realizar análisis físicos, químicos y bacteriológicos, aplicando las técnicas recomendadas por los Métodos Estándar (APHA, AWWA, WPCF, 1985).

Estos análisis se realizaron en el Laboratorio Central de la Red Nacional de Laboratorios, perteneciente a la Subcoordinación de Calidad del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de la SARH.

Los parámetros físicos y químicos determinados y las técnicas empleadas se enlistan a continuación:

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Sólidos en todas sus formas	Gravimétrico
Turbidez	Colorimétrico
Cloro residual	Colorimétrico
DBO	Volumétrico
N-amoniacal y N-orgánico	Volumétrico
Carbonatos y bicarbonatos	Volumétrico
Sulfatos	Turbidimétrico
Cloruros	Volumétrico
Alcalinidad total	Volumétrico
Fosfatos totales	Colorimétrico
Cromo hexavalente	Colorimétrico
Fe, Zn, Cd, Mn, Pb, As, Hg, Ca, Mg, K	Espectrofotométrico

### 5.2.- Análisis bacteriológicos

Las muestras bacteriológicas se tomaron en botellas de DBO con tapón esmerilado, de 125 ml de capacidad, las cuales fueron previamente tratadas con 0.1 ml de una solución al 10% de tiosulfato de sodio (para evitar la acción bactericida del cloro residual) y 0.3 ml de una solución al 15% de ácido etiléndiaminotetracético (EDTA) para reducir la toxicidad de los posibles metales pesados presente en la muestra y posteriormente se sellaron con papel aluminio y se esterilizaron. La muestra se tomó contra la corriente a una profundidad aproximada de 15 cm.

En el análisis se utilizó la técnica del número más probable (NMP/100ml) para determinar los organismos indicadores de contaminación. Se determinaron coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales, calculando por último el coeficiente CF/EF para conocer el origen de la contaminación.

### 5.3.-Distribución de muestreo y parámetros analizados

Para tomas domiciliarias de las poblaciones se analizaron los siguientes parámetros.

Bacteriológicos: coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales.

Físicos y químicos: temperatura, pH, cloro residual, turbidez, DQO y conductividad eléctrica.

Para fuentes de abastecimiento, además de los parámetros antes mencionados, se analizaron sólidos en todas sus formas, N-orgánico, N-amoniacoal, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, acidez, alcalinidad, fosfatos totales, cromo hexavalente, Fe, Zn, Cd, Mn, Pb, As, Hg, Ca, Mg, Na y K.

Esta selección se basa en el Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable (1953), y que se considera como requisito mínimo para análisis de aguas potables, cuyos límites permisibles se tomaron como base en la discusión del presente trabajo, dado que eran las normas vigentes en nuestro país al desarrollar esta investigación.

#### 4.- RESULTADOS Y DISCUSION

La calidad del agua en las 14 estaciones estudiadas se evaluó a través de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos determinados en cada una de ellas, realizando posteriormente una discusión integral de los datos, con la finalidad de conocer el estado actual de calidad presente en el agua abastecida de acuerdo con los límites máximos permisibles indicados por el Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable, publicado en el Diario Oficial de la Nación del 2 de julio de 1953.

Según los resultados obtenidos, existen tres zonas de contaminación diferenciadas, cuyas características se discuten a continuación y sus resultados se encuentran anotados en las Tablas I a la XII.

La primera de estas zonas corresponde a los manantiales de Cerro Colorado y Tezontepec y las tomas domiciliarias de Tlahuelilpan, Tezontepec y Mixquiahuala (Fig. 2), en donde el agua, según los valores promedio obtenidos y relacionados con los límites máximos permisibles, presenta las siguientes características (Tablas I, II, III, IV):

En los manantiales la temperatura se mantuvo con poca variación, presentando la mínima en abril (18°C) y máxima en septiembre (24°C); los valores de pH denotan poca alcalinidad, excepto en el manantial de Tezontepec ( $7.9 \pm 0.5$ ), correspondiendo a una alcalinidad media ( $392 \pm 168$  mg/l), lo cual indica presencia elevada de bicarbonatos principalmente ( $341 \pm 164$  mg/l). En cuanto a la conductividad, existen valores elevados ( $1764 \pm 376$   $\mu$ hos/cm) para Tezontepec, lo cual señala presencia de minerales disueltos, que concuerda con los sólidos totales y disueltos ( $1081 \pm 103$  y  $1073 \pm 207$  mg/l respectivamente), habiendo similitud con Cerro Colorado. Por lo anterior, se puede esperar que el agua cause efectos laxantes y tenga un sabor desagradable.

En relación al nitrógeno orgánico, si presentan contaminación debida principalmente a este parámetro ( $0.138 \pm 0.06$  y  $0.162 \pm 0.07$  mg/l para Cerro Colorado y Tezontepec respectivamente), lo cual indica reciente contaminación, cuya causa puede deberse a que Cerro Colorado se encuentra descubierto y en medio de una zona de riesgo con aguas residuales; asimismo, ambas fuentes presentan valores elevados de DDO ( $19.2 \pm 20$  y  $15.7 \pm 6.1$  mg/l), siendo que para protección de la vida acuática se recomiendan 6 mg/l como máximo permisible (Mc Neely, *et al.*, 1979). Se tomó como base este valor por no existir ninguna norma para DDO en agua potable.



Con respecto a los metales pesados determinados, el Fe rebasa ligeramente el límite permisible en un sólo muestreo (junio) con una concentración de 0.37 mg/l en ambos manantiales. Respecto al As, solamente el manantial de Cerro Colorado presenta en dos muestreos concentraciones elevadas (0.056 y 0.083 mg/l) (Tabla I). El Hg rebasa los límites permisibles solamente en un muestreo para el manantial de Tezontepec con una concentración de 0.0062 mg/l (Tabla III). Por todo lo anterior, el consumo de estas aguas representa un riesgo potencial dadas las características de bioacumulación por los organismos presentes en el agua, como es el caso del plancton, que por ser la base de la cadena trófica, puede causar disturbios en la misma, afectando a largo plazo a los consumidores del recurso.

En cuanto a las tomas domiciliarias de Tlahuelilpan, Tezontepec y las dos de Mixquiahuala (SARH y toma particular), correspondientes a ésta primera zona y que son abastecidas en su totalidad por los manantiales anotados, de los parámetros analizados se observa un aumento en los valores promedio de turbiedad y DQO (por ejemplo para la toma de Mixquiahuala-SARH ( $14.8 \pm 1.7$  ppm de  $\text{SiO}_2$  y  $17.5 \pm 12.9$  mg/l, respectivamente)).

Las Figuras 3 y 4 muestran el comportamiento de los parámetros analizados (pH, conductividad eléctrica y DQO), tanto para manantiales como poblaciones abastecidas definido en la primera zona. Dichas figuras denotan que el comportamiento del pH es semejante tanto en manantiales como en poblaciones abastecidas, aumentando en el mes de junio, reflejado por un aumento en la alcalinidad (principalmente por bicarbonatos), manteniéndose hasta finalizar la etapa de muestreo, mostrando una tendencia hacia la neutralidad, lo que según el límite permisible no representa problema. En cambio, la conductividad eléctrica aumenta en general, excepto para el mes de junio en las estaciones de Mixquiahuala, lo cual indica la incorporación de sedimentos acumulados a lo largo de toda la red de distribución, causada por el poco o nulo mantenimiento de que es objeto.

En cuanto a la DQO, al inicio del periodo de muestreo, se encuentran valores altos que se agudizan en el mes de abril para el manantial de Cerro Colorado y tomas domiciliarias de Mixquiahuala, y en mayo para el manantial y población de Tezontepec, debido a posibles infiltraciones ocasionadas por el mal estado de algunas tuberías y encontrarse, en algunos casos, sumergidas en su cruce dentro de los canales de riego que conducen aguas negras.

La segunda zona diferenciada comprende las estaciones Tanque Regulador El Mexe, pozo El Mexe y Tepatepec (Fig. 2), correspondiendo a la frontera actual de abastecimiento de los

manantiales Cerro Colorado y Tezontepac, por insuficiencia de los mismos; el pozo El Mexe se conecta al Acueducto Valle del Mezquital (a partir de 1978), para satisfacer la demanda de las poblaciones cercanas. Las tablas V y VI muestran los resultados de los análisis físicos y químicos de dichas estaciones con las siguientes características:

La temperatura en el pozo El Mexe mostró variación, presentando la mínima en septiembre (21°C) y máxima en abril (27°C); el valor promedio del pH fue de  $7.8 \pm 0.6$ , el cual denota poca alcalinidad ( $207.3 \pm 89.5$  mg/l), confirmado por los valores de bicarbonatos obtenidos ( $218 \pm 81$  mg/l). Los valores de conductividad son bajos ( $663 \pm 71$   $\mu$ mhos/cm); lo que indica la presencia de pocos minerales disueltos, demostrado por los valores de sólidos totales, disueltos obtenidos ( $667.5 \pm 423.2$  y  $640.3 \pm 437.0$  mg/l respectivamente).

En cuanto al nitrógeno orgánico, se encuentra en concentraciones altas ( $0.22 \pm 0.23$  mg/l), indicando una contaminación reciente debida probablemente a la ubicación que esta fuente de abastecimiento tiene entre el Canal Principal Requena (a 50 m aproximadamente) y el Canal Alto Requena (a 500 m aproximadamente), que conducen aguas residuales y no presentan revestimiento, por lo que se infiere que puede haber infiltraciones, dados los valores obtenidos para la DBO ( $12.5 \pm 9.6$  mg/l).

Con relación a los metales pesados analizados, el Fe ( $0.33 \pm 0.06$  mg/l) rebasa ligeramente el límite permisible, lo mismo que el Hg ( $0.0169$  mg/l) únicamente para el mes de mayo (Tabla V). Por lo anterior, estas aguas son restringidas para uso potable por la presencia de Hg, ya que por su gran toxicidad y bioacumulación por organismos representa un peligro potencial.

Respecto a las estaciones de muestreo de esta zona (Tanque Regulador El Mexe y Tepatepec) en general los análisis físicos, químicos y bacteriológicos demuestran mala calidad, con valores de conductividad eléctrica de 1589  $\pm$  209 y 1572  $\pm$  286  $\mu$ mhos/cm, que indican gran cantidad de minerales disueltos, además de presentar concentraciones elevadas de DBO (25  $\pm$  17.4 y 15  $\pm$  7.3 mg/l en los mismos puntos) (Fig. 5), lo cual lleva a concluir que si el gasto mayor lo aporta el pozo El Mexe y sus características físicas, químicas y bacteriológicas son aceptables (a excepción de un muestreo en donde se detectó la presencia de Hg), entonces existe problema de manejo del recurso, por el nulo mantenimiento y desinfección observado en general en todo el sistema de abastecimiento de agua.

La tercera zona corresponde a los pozos Bothi-Baji, Pozo Grande y tomas domiciliarias de Boxthá y Actopan (Fig. 2), presentando las siguientes características físicas y químicas de acuerdo con los resultados anotados en las tablas VII a la XI:

Para Pozo Grande (Tabla VII), la temperatura presentó poca variación, detectando la mínima en marzo (20°C) y la máxima en julio (23°C). El pH ( $7.3 \pm 0.6$ ) denota una alcalinidad media ( $585.8 \pm 325.6$  mg/l), debido principalmente a la presencia de bicarbonatos ( $633.3 \pm 639$  mg/l), con valores elevados de conductividad eléctrica ( $2785 \pm 553$   $\mu$ mhos/cm), lo cual señala presencia de minerales disueltos, demostrado por los valores de sólidos totales y disueltos encontrados ( $1516.2 \pm 231.6$  y  $1489.6 \pm 236.2$  mg/l respectivamente).

Se detectó nitrógeno orgánico ( $0.274 \pm 0.15$  mg/l), lo que indica contaminación reciente, además de presentar concentraciones elevadas de DCO ( $29.2 \pm 21.1$  mg/l). Esto puede explicarse si se considera que se encuentra localizado en zona de riego con cruce de canales de aguas residuales, tener poca profundidad (nivel estático de 12 m) y ser originado por una noria, aunado a fallas que presenta en la construcción del ademe.

Respecto a los metales pesados, se tiene contaminación por Fe ( $0.33 \pm 0.06$  mg/l), Mn ( $0.15 \pm 0.16$  mg/l) y Hg (0.7410 y 0.066 mg/l para los muestreos de marzo y abril) (Tabla VII), por lo cual son aguas potencialmente peligrosas para el consumo humano.

La población de Boxthá es abastecida totalmente por Pozo Grande, manteniendo en general la mala calidad física, química y bacteriológica (Tabla VIII), con valores de conductividad eléctrica de  $2796.4 \pm 271$   $\mu$ mhos/cm, lo que indica una gran cantidad de minerales disueltos, además de presentar concentraciones elevadas de DCO ( $21.7 \pm 9.13$  mg/l) (Fig. 6), de lo que se puede inferir que esta parte del sistema de suministro está seriamente afectada por infiltraciones ocasionadas por el uso de aguas residuales, más aun que esta zona corresponde a la parte baja del Distrito, donde los niveles freáticos son superficiales en algunos lugares y cualquier falla que presente la red de distribución, representa un vehículo potencial de contaminación para el sistema.

La población de Actopan es abastecida en una pequeña parte por Pozo Grande y en su mayoría por los pozos Bothi-Baji 1 y 2, encontrándose comunicados entre sí, por lo cual únicamente se caracterizó el pozo número 1, presentando las siguientes características físicas y químicas de acuerdo con los resultados anotados en la Tabla IX:

La temperatura presentó variaciones con un valor mínimo en marzo (21°C) y uno máximo en septiembre (26°C). El pH ( $7.5 \pm 0.3$ ) indica una alcalinidad baja ( $250 \pm 121$  mg/l), debida principalmente a la presencia de bicarbonatos ( $330 \pm 207$  mg/l); los valores elevados de conductividad eléctrica ( $1619 \pm 357.8$   $\mu$ mhos/cm), señalan la presencia de minerales disueltos, demostrado con los valores de sólidos totales y disueltos encontrados ( $1112.8 \pm 137.7$  y  $879 \pm 327$  mg/l); además, se tienen concentraciones de nitrógeno orgánico ( $0.15 \pm 0.10$  mg/l) y DQO ( $44 \pm 46.42$  mg/l) que rebasan el límite máximo permisible, indicando una contaminación reciente.

En cuanto a metales pesados, únicamente presentó en el mes de marzo una concentración, que rebasa ligeramente el límite permisible para Mn ( $0.06$  mg/l) siendo el agua de buena calidad y por medio de un tratamiento convencional puede ser apta para consumo humano.

Según los parámetros analizados en la toma domiciliaria de Actopan, abastecida por el pozo Bothi-Baji número 1, se observa que la conductividad eléctrica aumenta ( $1411.6 \pm 157.8$   $\mu$ mhos/cm) lo mismo que la DQO ( $22.5 \pm 2.9$  mg/l) (Fig. 7), por lo que se puede decir que a través del recorrido sufre una autopurificación mecánica o que los organismos presentes en el sistema incorporan los minerales o nutrientes a través de la asimilación y reincorporación al mismo sistema.

### Resultados bacteriológicos.

De los resultados bacteriológicos del ciclo de muestreo (Tabla XII), se obtuvieron 183 valores de NMP/100 ml; de éstos, el 8.2 % dió un código con símbolo  $\gg$ , los cuales, a pesar de no ser valores precisos, indican una elevada contaminación bacteriológica. El 21.3 % de los resultados totales dió lecturas con códigos  $\leq 3$ , los que pueden considerarse dentro de los límites permisibles establecidos. Los 61 resultados de coliformes totales presentaron los siguientes porcentajes:

24.6 %	> 1000	col.tot./100 ml
14.7 %	> 100 < 1000	col.tot./100 ml
24.6 %	> 10 < 100	col.tot./100 ml
19.7 %	> 3 < 10	col.tot./100 ml
16.4 %	< 3	col.tot./100 ml

Según los límites permisibles establecidos por el Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable publicado en el Diario Oficial de la Nación en el mes de julio de 1953, se establece un máximo de 2 coliformes totales/100 ml. El 83.6 % de los valores rebasan el límite establecido restringiendo el uso del agua para consumo humano.

En general, la calidad bacteriológica del agua indica que hay peligro de transmisión de enfermedades gastrointestinales, como lo muestran las Figuras 8, 9 y 10, para la población de Mixquiahuala, basados en las estadísticas de los últimos cuatro años y proporcionadas por la Unidad Médica Rural 163 del IMSS de Mixquiahuala, Hgo..

Se puede inferir que el origen de la contaminación bacteriológica es causada por desechos humanos de acuerdo con los cálculos del coeficiente de coliformos fecales/estreptococos fecales anotados en la Figura 11, a lo que se suma la falta de sistema de tratamiento y el mal manejo del recurso en la región.

#### Discusión general.

De todo lo anteriormente descrito, se concluye que existe contaminación por desechos humanos y metales pesados (Hg, Mn, As y Fe) en algunos muestreos, elevada concentración de materia orgánica (DOD y nitrógeno orgánico) en todas las estaciones estudiadas, mala calidad bacteriológica, incrementada notoriamente en las estaciones de muestreo de Tepatepec, Tanque Regulador El Mexe, Pozo 1 y Pozo Grande; además, el agua va de moderadamente dura (manantiales y pozo El Mexe) a muy dura (Pozo Grande y pozo Bothi-Baji) con los consiguientes perjuicios en el sistema de distribución y equipo de bombeo, fundamentalmente.

De acuerdo con los datos obtenidos, se tiene que el agua subterránea aumenta su dureza y conductividad eléctrica desde el Valle de Tula-Apaxco hasta el Valle de Actopan. Por lo tanto, el agua con una calidad deteriorada se encuentra en Actopan. Esto se debe a que el agua escurre superficial y naturalmente en dirección de Tula a Actopan (noreste), lo que significa que a medida que avanzan hacia Actopan, las aguas reciben aportaciones de contaminantes por el lixiviado de los terrenos adyacentes; además, la parte más baja del Distrito es la correspondiente al Valle de Actopan, a tal grado que en algunos puntos se presenta el fenómeno de artesianismo y en otros, el nivel freático es superficial o muy cercano a la superficie, produciéndose un contacto directo entre el agua subterránea y las aguas residuales utilizadas en el riego.

En el caso de que las aguas se trataran químicamente para remover dureza y considerando la tecnología apropiada, disponibilidad de mano de obra y facilidad de operación entre otros, los sistemas de tratamiento de aguas recomendables son ósmosis inversa y resinas intercambiadoras de iones, principalmente. Los procesos de tratamiento son caros; sin embargo, a largo plazo resultarían más económicos por los posibles problemas que se presentarían con otras alternativas de proceso.

Considerando la situación socio-económica de la zona, se recomienda contar con plantas potabilizadoras en cada población, que consistirían básicamente de dos líneas de filtros lentos de arena, cada una con dos filtros en serie (para dar mantenimiento al sistema) seguido de una etapa de cloración para asegurar la remoción de bacterias.

Respecto a la población testigo seleccionada (Chapantongo), según los resultados físicos, químicos y bacteriológicos obtenidos (Tablas XI, XII), en general presenta buena calidad, por lo cual se puede concluir que el uso de las aguas negras en la agricultura está abatiendo la calidad de las aguas utilizadas para consumo humano en el DDR-063.

## 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A.- Existen tres zonas de contaminación que se pueden resumir en el comportamiento bacteriano y sus respuestas físicas y químicas, originando una mala calidad del agua para uso doméstico.
- B.- El agua que abastece la zona presenta un riesgo potencial para el consumidor, por su alto contenido de bacterias coliformes indicadoras de contaminación, debido principalmente a desechos humanos.
- C.- Existe contaminación por metales pesados (Hg, Mn, As y Pb) que representa un peligro potencial para el ecosistema y los consumidores del recurso.
- D.- Se deben establecer estudios detallados sobre el tipo de sistema de tratamiento, dado que existen problemas con la dureza del agua, contenido de materia orgánica, metales pesados y bacterias.
- E.- De acuerdo con los resultados obtenidos, se define que la zona más contaminada es el Valle de Actopan, Hgo., en donde se debe implantar un monitoreo continuo de las fuentes abastecedoras.
- F.- El uso de las aguas residuales con fines agrícolas influye directamente en la incidencia de enfermedades gastrointestinales.
- G.- Se debe establecer un control y una vigilancia continua para proteger a los productos que son irrigados con aguas residuales y que son susceptibles de consumo y explotación.
- H.- Dado que los manantiales de Cerro Colorado y Tezontepec son fuentes principales de abastecimiento de agua potable, se sugiere una mayor vigilancia y mantenimiento continuo para evitar el deterioro de su calidad.
- I.- Se debe evitar el uso de aguas residuales en los terrenos aledaños al manantial de Cerro Colorado, ya que debido a las láminas de riego y calidad del agua utilizada (agua residual), se infiere que puede haber infiltraciones, lo cual deteriora la calidad del agua abastecida.

- J.- Dadas las características físicas, químicas y bacteriológicas de Pozo Grande, se propone que sea destinado para otro uso que no sea de consumo humano, o en su defecto se realice un control estricto de calidad de esta fuente.
- K.- Con las condiciones actuales de su calidad, el agua no debe ser clorada, debido al alto contenido de materia orgánica presente, que con el cloro formarían trihalometanos, que son cancerígenos y teratogénicos.
- L.- Promover a nivel local la ebullición del agua, cuando menos 10 minutos, para eliminar por un lado parte de la dureza presente y por otro, inhibir a las bacterias presentes, como una medida preventiva.
- M.- Se sugiere adaptar un sistema de malla filtrante antes de la captación de los manantiales, para evitar el paso de materia flotante al sistema de suministro.
- N.- Dadas las condiciones socioeconómicas del área de estudio, se recomienda contar con plantas potabilizadoras en cada población, que pueden ser filtros lentos de arena, por su bajo costo y facilidad de operación.
- Ñ.- Según los resultados obtenidos, la población testigo (Chapantongo) presentó buena calidad en su agua, lo que permite inferir que el uso de aguas negras es un factor determinante en la contaminación del agua.



## 8.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- American Public Health Association. (1985). Standard methods for the examination of water and waste water. (16th ed.). Washington, D.C.: American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1134 p.
- 2.- Cubillas, C.B. (1980). Impacto de las aguas negras utilizadas sobre suelo y cultivo de alfalfa en el Distrito de Riego 03 Tula, Hidalgo, Méx.. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 58 p.
- 3.- Escuela de Salud Pública. (1976). El uso de aguas residuales para el riego de los Distritos 03 y 08 y sus repercusiones sobre la salud humana. Secretaría de Salud. México. 31 p.
- 4.- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México. 80 p.
- 5.- Mc Neely, V.P.; Neimanis, U.P. y Dwyer, L. (1979). Water quality source book. A guide to the water quality parameters. wa, Canadá: Inland Waters Directorate. Water Quality Branch. 89 p.
- 6.- Organización Mundial de la Salud. (1980). Ventajas sanitarias de los sistemas higiénicos de abastecimiento de agua potable y de evacuación de excretas. World Health Organization. Organisation Mondiale de la Santé. EHE/82-32. 19 p.
- 7.- Rojas, R. (1984). Aspectos de salud pública relacionados con el agua. En Manual STAPA No. E-1 (Eds.). Conocimientos básicos para supervisores de sistemas de agua potable y alcantarillado. (pp. 137-159). Lima, Perú: CEPIS. Programa de Protección de la Salud Ambiental HPE.
- 8.- Saldaña, F.P. (1986). Determinación de prácticas sanitarias para comunidades que tienen servicio de agua potable y para zonas de riego con aguas residuales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Subcoordinación de Calidad del Agua. SARH. México. 28 p.
- 9.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (s/f). Marco de referencia del DR-03, Tula, Hidalgo. SARH. (Publicación interna). México.
- 10.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1975). Legislación relativa al agua y su contaminación. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. México. 144 p.

- 11.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1981). Actualización del estudio geohidrológico del Valle del Mezquital. Hgo. Geocalli, S.A. Consultores. Contrato No. GZA-81-68-6D. V. I,II. México. 165 p.
- 12.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1982). Proyecto de un sistema de tratamiento por disposición en tierra de las aguas residuales del Área metropolitana de la Ciudad de México, mediante su aprovechamiento en los Distritos de Riego 88, 03 y 27. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. CYAT, S.A. Contrato No. SP-81-C-21. México. 287 p.
- 13.- Secretaría de Recursos Hidráulicos. (1974). Reuso del agua en la agricultura, la industria, los municipios y en la recarga de acuíferos. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación. 2a. etapa. México. V. I-IX.

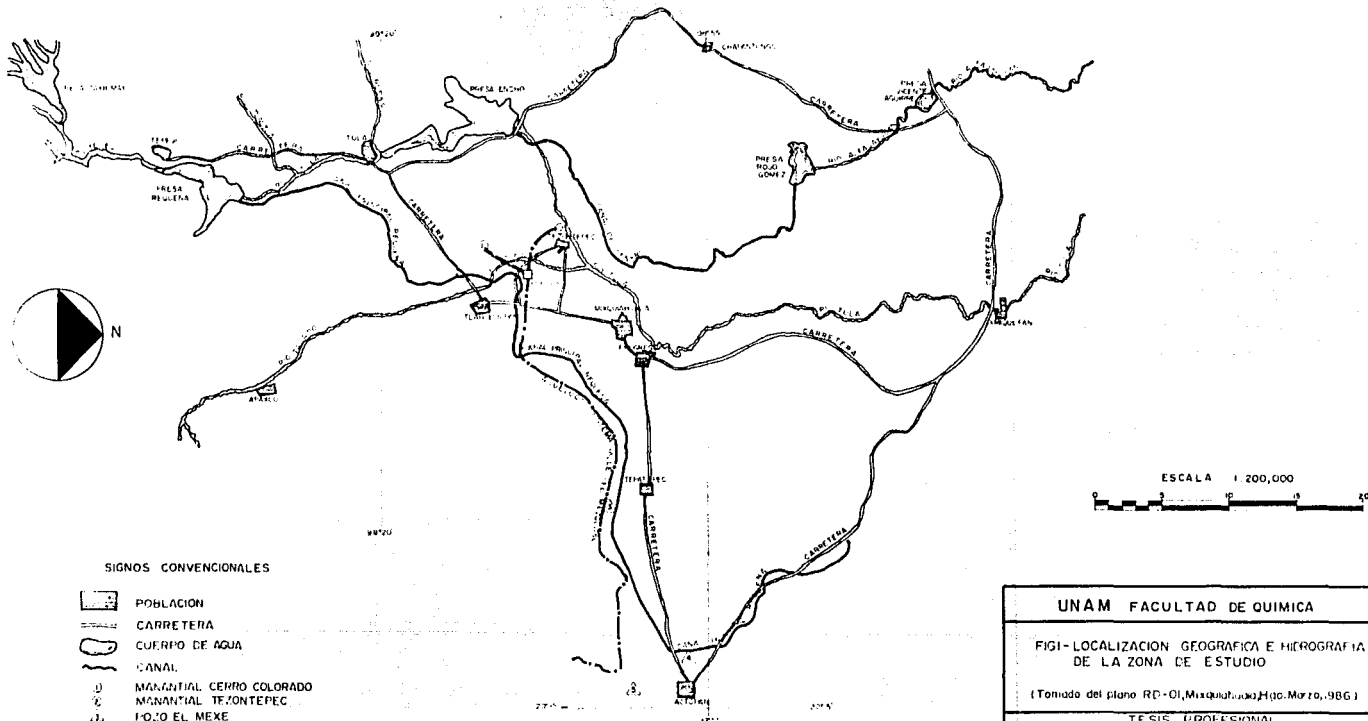


## INDICE DE FIGURAS











	PAGINA
Fig. 1.- Localización geográfica e hidrografía de la zona de estudio.	26
Fig. 2.- Croquis de localización de estaciones de muestreo, Sistema Valle del Mezquital.	27
Fig. 3.- Variaciones mensuales de los tres principales parámetros físicos y químicos del manantial Cerro Colorado y tomas domiciliarias.	28
Fig. 4.- Variaciones mensuales de los tres principales parámetros físicos y químicos del manantial Tezontepec y tomas domiciliarias.	29
Fig. 5.- Variaciones mensuales de los tres principales parámetros físicos y químicos del pozo El Mexe y tomas domiciliarias.	30
Fig. 6.- Variaciones mensuales de los tres principales parámetros físicos y químicos de Pozo Grande y toma domiciliaria.	31
Fig. 7.- Variaciones mensuales de los tres principales parámetros físicos y químicos del pozo Bothi-Baji y toma domiciliaria.	32
Fig. 8.- Canal endémico de enteritis y otras enfermedades diarreicas. (Unidad Médica Rural 163 del IMSS, Mixquiahuala, Hgo.).	33
Fig. 9.- Canal endémico de amibiasis intestinal. (Unidad Médica Rural 163 del IMSS, Mixquiahuala, Hgo.).	34
Fig. 10.- Canal endémico de parasitosis intestinal. (Unidad Médica Rural del IMSS, Mixquiahuala, Hgo.).	35
Fig. 11.- Resultados bacteriológicos del Área de estudio.	36

## INDICE DE TABLAS

	PAGINA
Tabla I.- Resultados de los análisis físicos y químicos de la estación manantial Cerro Colorado.	37
Tabla II.- Resultados de los análisis físicos y químicos en tomas domiciliarias (1987).	38
Tabla III.- Resultados de los análisis físicos y químicos de la estación manantial Tozontepec.	39
Tabla IV.- Resultados de los análisis físicos, químicos en tomas domiciliarias (1987).	40
Tabla V.- Resultados de los análisis físicos y químicos de la estación El Mexe.	41
Tabla VI.- Resultados de los análisis físicos y químicos en tomas domiciliarias (1987).	42
Tabla VII.- Resultados de los análisis físicos y químicos de la estación Pozo Grande.	43
Tabla VIII.- Resultados de los análisis físicos y químicos en la toma domiciliaria de Boxthá (1987).	44
Tabla IX.- Resultados de los análisis físicos y químicos de la estación pozc Bothi-Baji.	45
Tabla X.- Resultados de los análisis físicos y químicos en la toma domiciliaria de Actopen (1987).	46
Tabla XI.- Resultados de los análisis físicos y químicos en Chapantongo (1987).	46
Tabla XII.- Resultados de los análisis bacteriológicos en el Sistema Acueducto Valle del Mezquital, Hgo. (NMP/100 ml).	47



SIGNOS CONVENCIONALES

-  POBLACION
-  CARRETERA
-  CUERPO DE AGUA
-  CANAL
-  MANANTIAL CERRO COLORADO
-  MANANTIAL TEZONTEPEC
-  POZO EL MEJE
-  POZO GRANDE
-  POZO ROTIL-BAJI
-  ACUEDUCTO

UNAM FACULTAD DE QUIMICA

FIGI- LOCALIZACION GEOGRAFICA E HIDROGRAFIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

(Tomado del plano RD-01, Misquitillo, J(p). Marzo, 1986)

TESIS PROFESIONAL

Juan Manuel Carrero Cuatrecasas

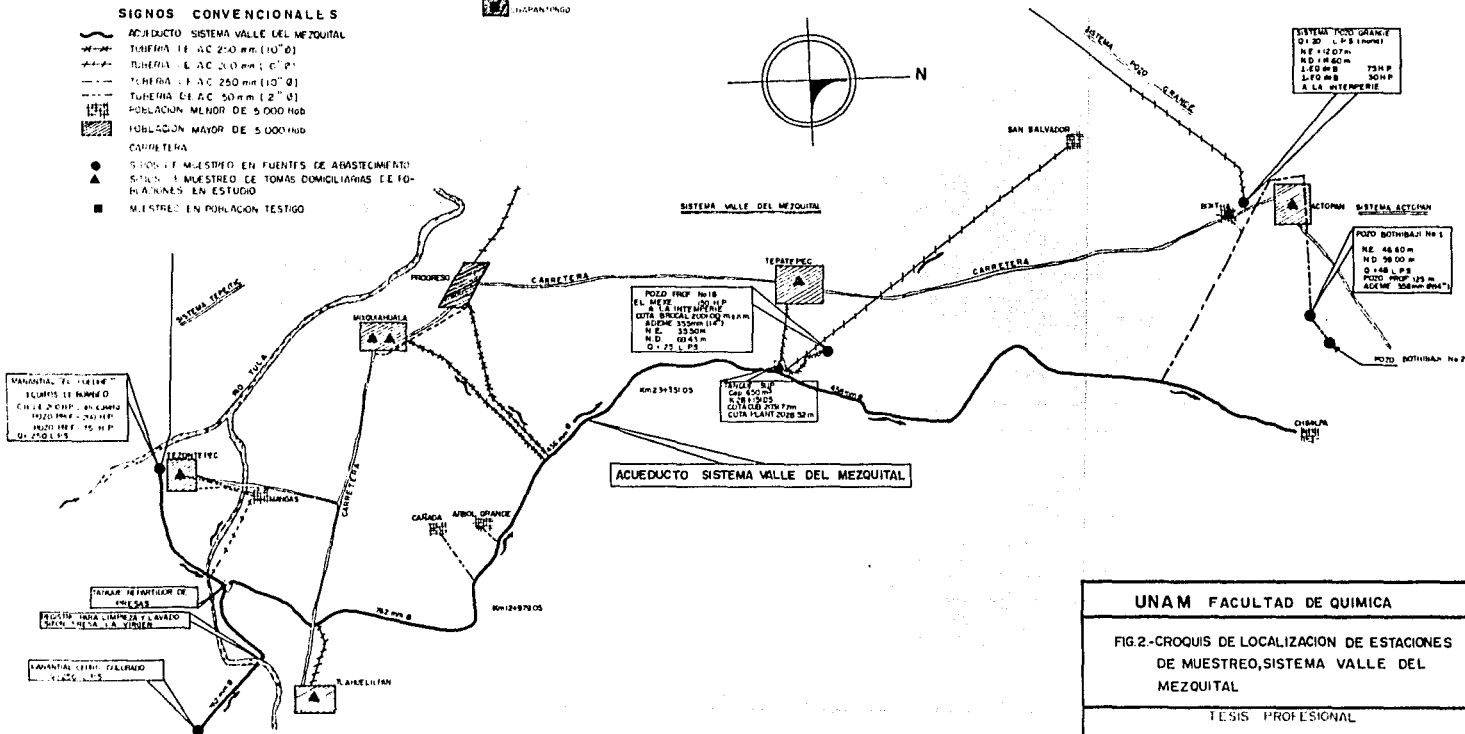
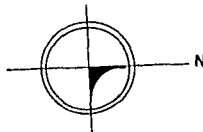
MEXICO, D.F.

1988

### SIGNOS CONVENCIONALES

- ACUEDUCTO SISTEMA VALLE DEL MEZQUITAL
- TUBERÍA 150 mm (10" Ø)
- TUBERÍA 200 mm (16" Ø)
- TUBERÍA 250 mm (10" Ø)
- TUBERÍA 500 mm (12" Ø)
- POBLACION MENOR DE 5 000 hab
- POBLACION MAYOR DE 5 000 hab
- CARRETERA
- FUENTE DE ABASTECIMIENTO
- TOMAS DOMICILIARIAS DE FOLIAJONES EN ESTUDIO
- MUESTREO EN POBLACION TESTIGO

TOLUCA



UNAM FACULTAD DE QUIMICA

FIG.2-CROQUIS DE LOCALIZACION DE ESTACIONES DE MUESTREO, SISTEMA VALLE DEL MEZQUITAL

TESIS PROFESIONAL

Juan Manuel Zamora Contreras

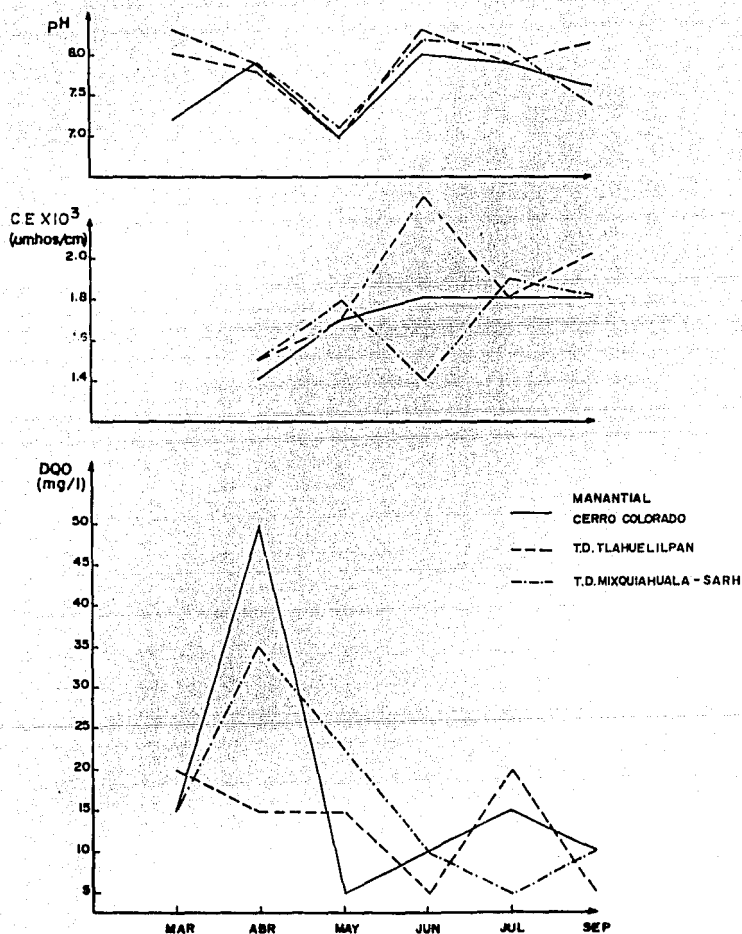


FIGURA 3.-VARIACIONES MENSUALES DE LOS TRES PRINCIPALES PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL MANANTIAL CERRO COLORADO Y TOMAS DOMICILIARIAS.



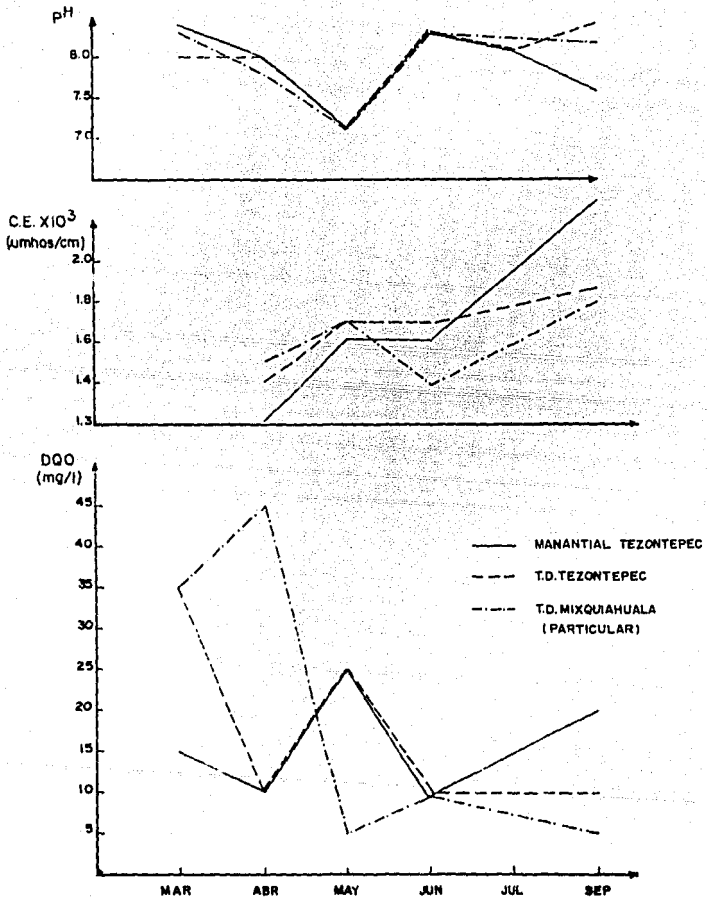


FIGURA 4.-VARIACIONES MENSUALES DE LOS TRES PRINCIPALES PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL MANANTIAL TEZONTEPEC Y TOMAS DOMICILIARIAS

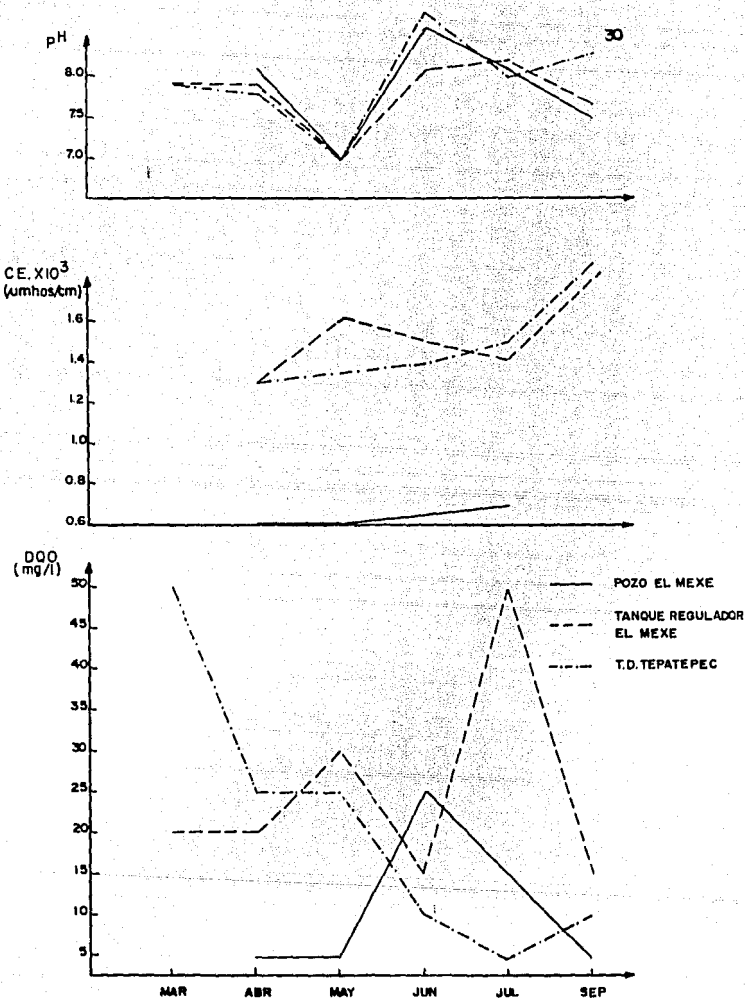


FIGURA 5.-VARIACIONES MENSUALES DE LOS TRES PRINCIPALES PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL POZO EL MEXE Y TOMAS DOMICILIARIAS.

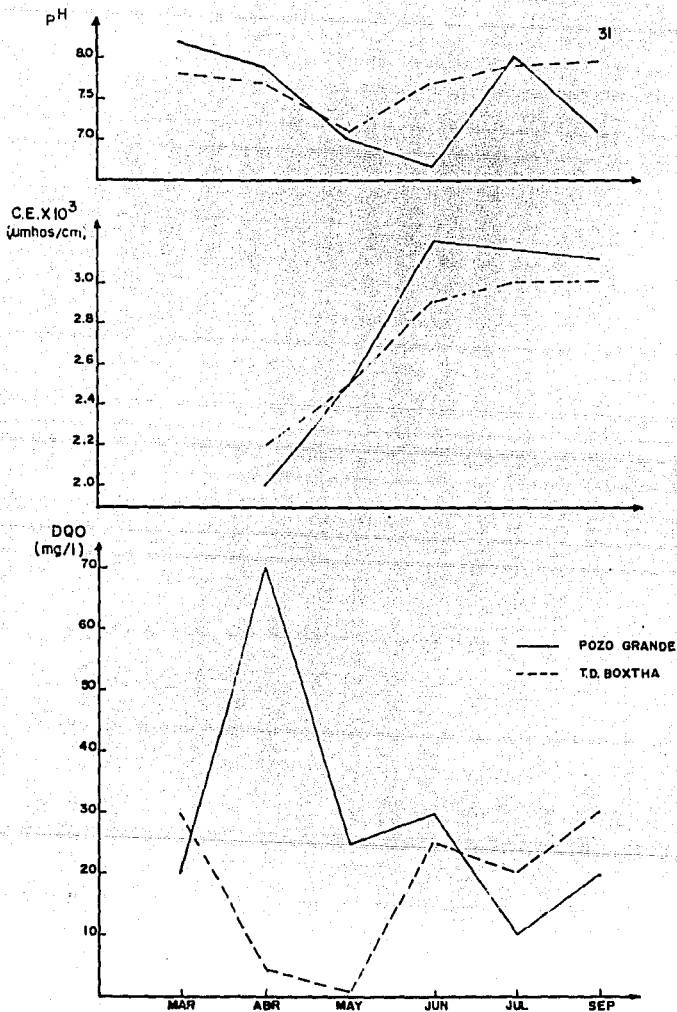


FIGURA 6.-VARIACIONES MENSUALES DE LOS TRES PRINCIPALES PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE POZO GRANDE Y TOMA DOMICILIARIA

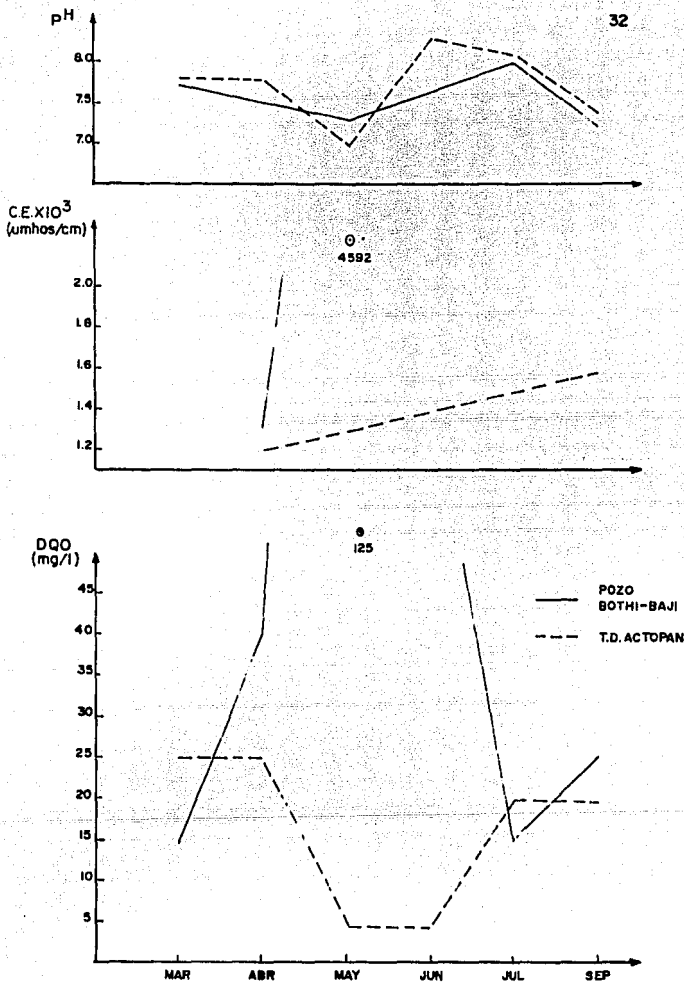


FIGURA 7.-VARIACIONES MENSUALES DE LOS TRES PRINCIPALES PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL POZO BOTHI-BAJI Y TOMA DOMICILIARIA

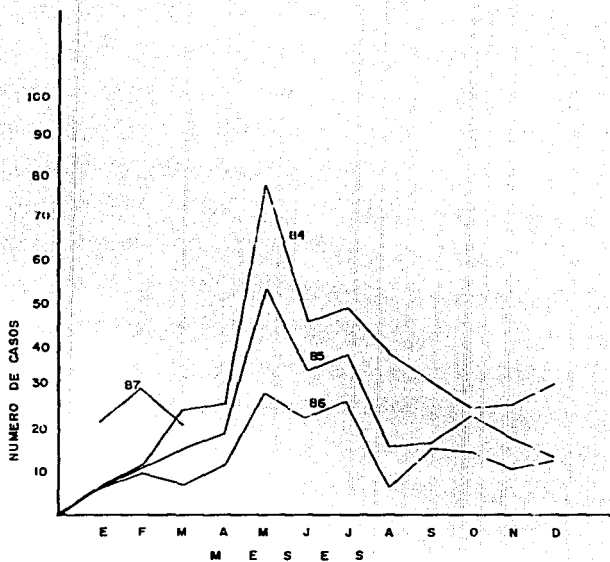


FIGURA 8.-CANAL ENDEMICO DE ENTERITIS Y OTRAS ENFERMEDADES DIARREICAS  
(UNIDAD MEDICA RURAL 163 DEL IMSS,MIXQUIAHUALA,HGO.)

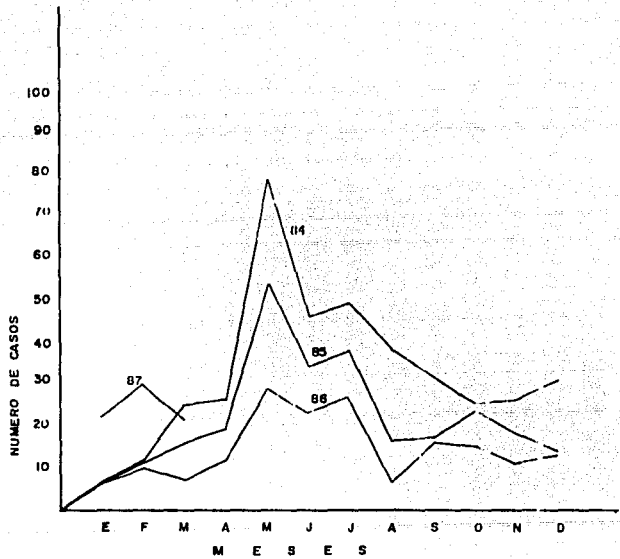


FIGURA 8.-CANAL ENDEMICO DE ENTERITIS Y OTRAS ENFERMEADES DIARREICAS  
(UNIDAD MEDICA RURAL 163 DEL IMSS,MIXQUIAHUALA,FIGO.)

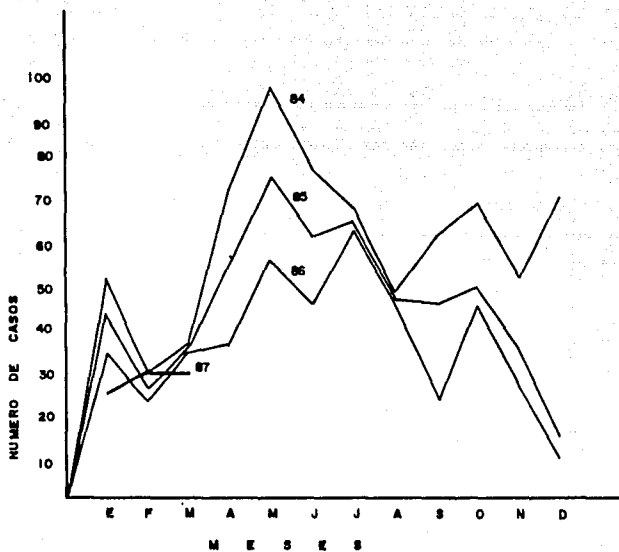


FIGURA 9.-CANAL ENDEMICO DE AMIBIASIS INTESTINAL  
(UNIDAD MEDICA RURAL 163 DEL IMSS, MIXQUIAHUALA, HGO.)

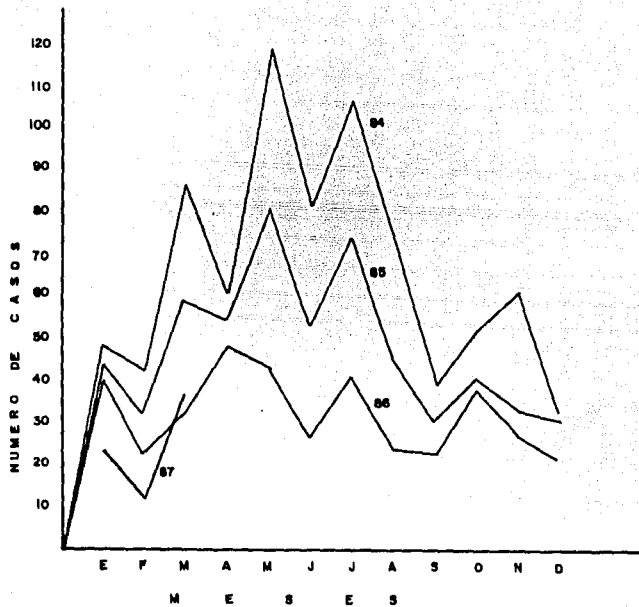









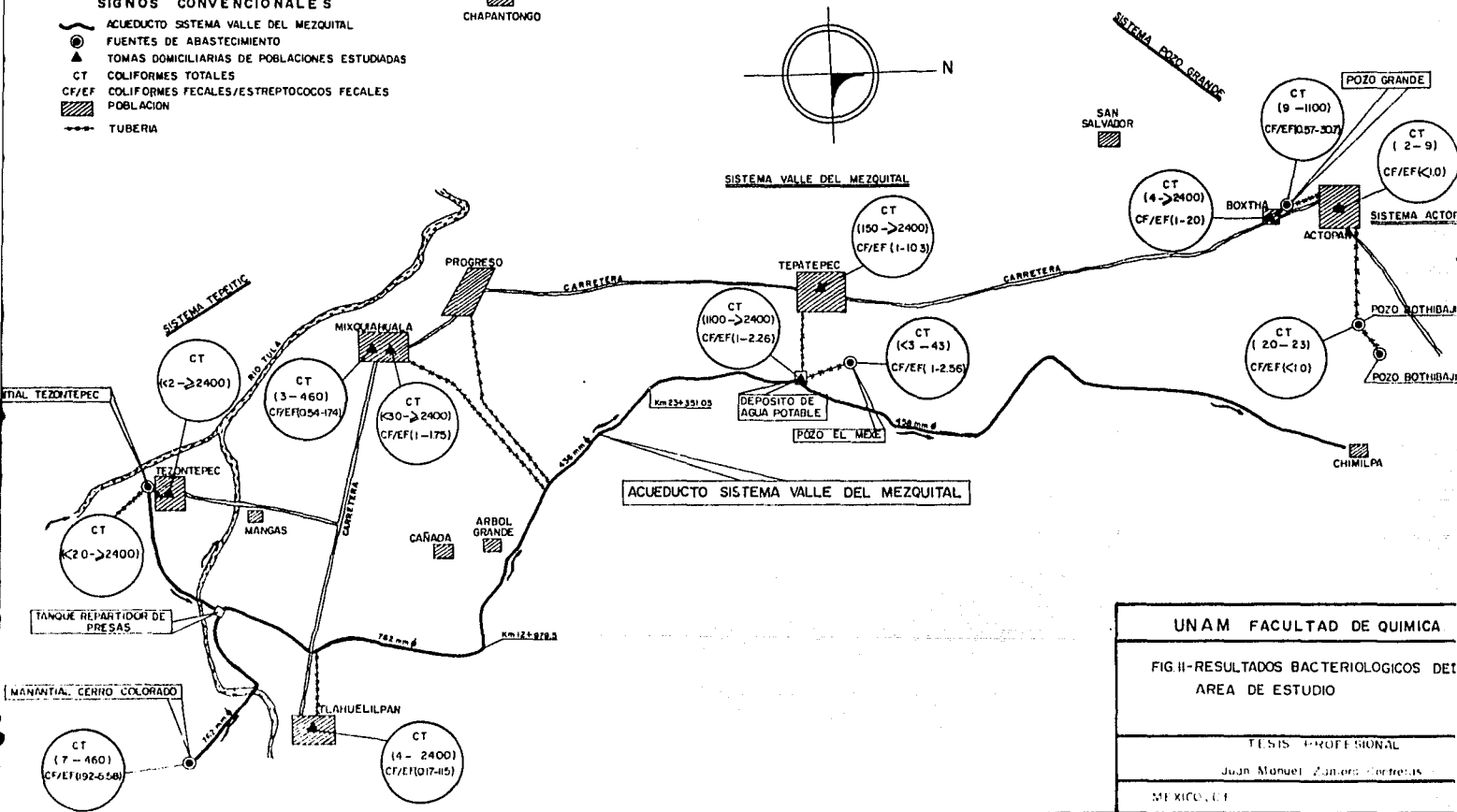
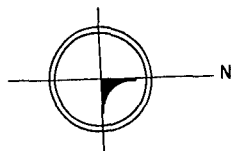
FIGURA 10.-CANAL ENDEMICO DE PARASITOSIS INTESTINAL  
(UNIDAD MEDICA RURAL 163 DEL IMSS, MIXQUIAHUALA, HGO.)



**SIGNOS CONVENCIONALES**

-  ACUEDUCTO SISTEMA VALLE DEL MEZQUITAL
-  FUENTES DE ABASTECIMIENTO
-  TOMAS DOMICILIARIAS DE POBLACIONES ESTUDIADAS
-  CT COLIFORMES TOTALES
-  CF/EF COLIFORMES FECALES/ESTREPTOCOCCOS FECALES
-  POBLACION
-  TUBERIA

 CHAPANTONGO

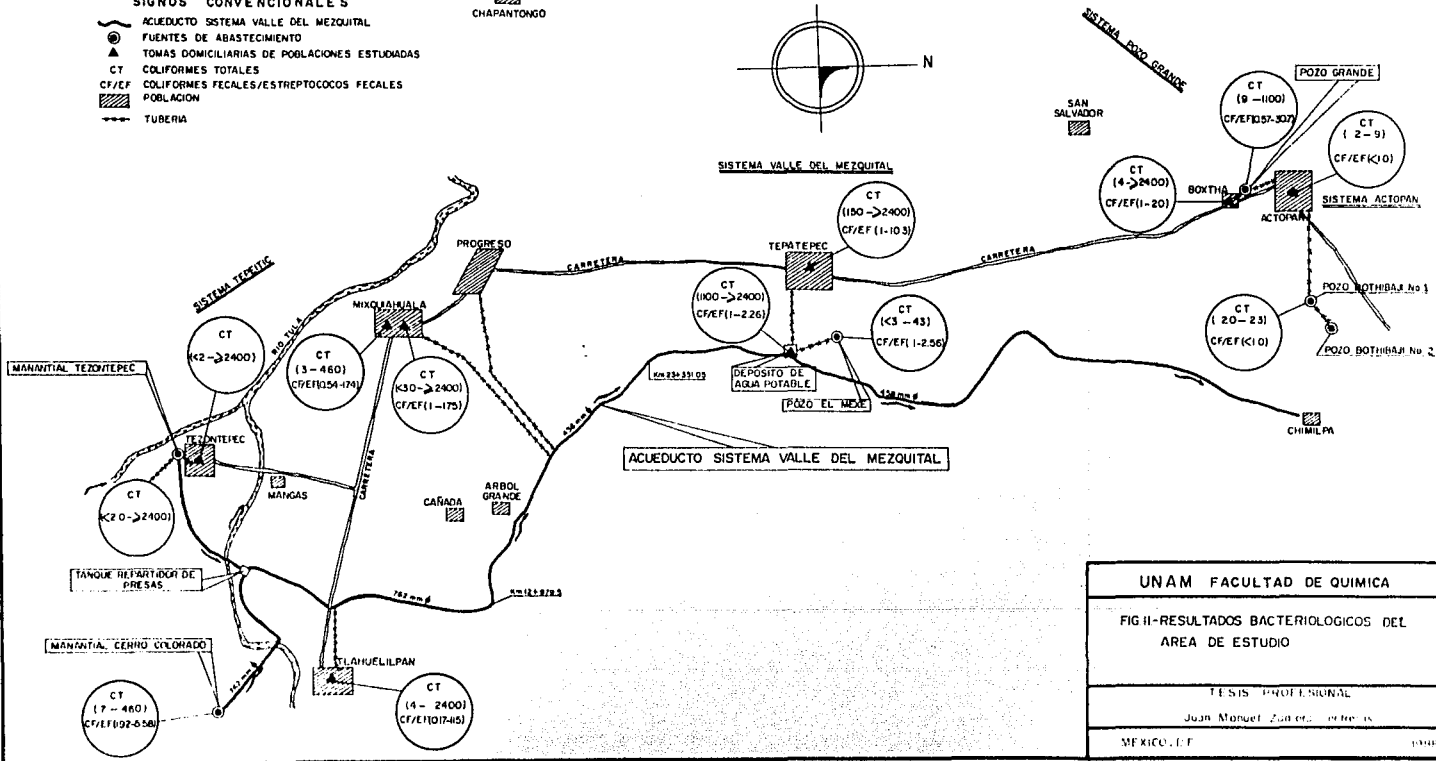
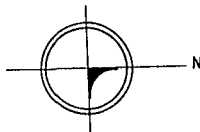


UNAM FACULTAD DE QUIMICA
FIG II-RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS DE LA AREA DE ESTUDIO
TESIS PROFESIONAL
Juan Manuel Zamora Cortés
MEXICO, C.F.

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- ACUEDUCTO SISTEMA VALLE DEL MEZQUITAL
- FUENTES DE ABASTECIMIENTO
- TOMAS DOMICILIARIAS DE POBLACIONES ESTUDIADAS
- CT COLIFORMES TOTALES
- COLIFORMES FECALES/ESTREPTOCOCCOS FECALES
- POBLACION
- TUBERIA

CHAPANTONGO



UNAM FACULTAD DE QUIMICA
FIG II-RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS DEL AREA DE ESTUDIO
TESIS PROFESIONAL
Juan Manuel Zamora Cortés
MEXICO, D.F. 1974

TABLA I. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA ESTACION MAMANTIAL  
CERRO COLORADO

PARAMETRO	Límite (1) Máximo permisible	MAR 87	ABR 87	MAY 87	JUN 87	JUL 87	SEP 87	$\bar{x}$	S
T agua(°C)	C.N.	18	18	18	20	---	20	18.8	1.095
pH	6-8	7.2	7.9	7.0	8.0	7.9	7.6	7.6	0.4147
Alcalinidad total (mg/l)	400	45	474	81	400	517	---	303.4	223.77
Conductividad ( $\mu$ mhos/cm)	1500	---	1440	1755	1872	---	1872	1426.3	390.12
Dureza tot. ( $\text{CaCO}_3$ ) (mg/l)	300	300.22	312	274.5	334.5	132.4	343.2	282.8	77.7
Sól. tot. (mg/l)	1000	1441	---	971	999	1178	1359	1189.6	209.8
Sól. susp. (mg/l)	---	2.0	---	11	90	5	6	26.4	36.0
Sól. disueltos (mg/l)	1000*	1439	---	960	899	1173	1353	1168.8	236.3
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	10	---	---	5.4	6.0	11.1	---	7.5	3.13
DQO (mg/l)	6**	15	60	5	10	15	10	19.2	20.0
$\text{H}^+\text{org.}$ (mg/l)	0.1	0.17	---	0.05	0.18	0.18	0.11	0.138	0.06
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	250	190	182	222	199	207	182	197	15.67
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	250	132	192	155	87	141	129	139.3	34.4
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	---	45	734	81	400	517	469	374.3	266
Na (mg/l)	270**	167	167	155	152	323	133.3	182.9	69.75
K (mg/l)	---	57	61.4	65.2	49	8.0	35	45.93	21.45
Ca (mg/l)	200**	69	77	62	87	49.5	87	71.92	14.77
Mg (mg/l)	125	31	29	29	28.4	2.1	30.5	25	11.26
Fe (mg/l)	0.3	<0.10	<0.10	0.12	0.37	<0.10	<0.10	0.245	0.177
Mn (mg/l)	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	0.05	<0.05	---	---
As (mg/l)	0.05	0.056	0.083	0.25	0.028	0.021	0.015	0.03d	0.025p
Hg (mg/l)	0.002	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0005	0.00055	---

1.- Reglamento Federal (1953).

\* SARH (1975) /

\*\* Mc Neely, et al. (1979)

--- No determinado

C.N. = Condiciones Naturales.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA II. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS EN TOMAS DOMICILIARIAS (1987).

TLAHUELILPAN

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{X}$	S
T agua(°C)	19	15	20	20	--	23	19.4	2.88
pH	8.0	7.8	7.0	8.3	7.9	8.15	7.86	0.46
Conductividad (µmhos/cm)	----	1537	1710	2340	1870	2184	1928.2	313.3
Turbiedad (ppm SiO <sub>2</sub> )	----	----	12.0	4.3	6.2	----	7.5	4.0
DQO (mg/l)	20	15	15	5	20	5	13.3	6.83

MIXQUIAHUALA - SARH

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{X}$	S
T agua(°C)	18	20	21	23	--	22	20.8	1.924
pH	8.3	7.9	7.1	8.2	8.1	7.4	7.83	0.480
Conductividad (µmhos/cm)	----	1537	1814	1403	1908	1892.8	1710.96	227.82
Turbiedad (ppm SiO <sub>2</sub> )	----	----	13.6	16.0	----	----	14.8	1.70
DQO (mg/l)	15	40	25	10	5	10	17.5	12.9

---- No determinado

TABLA III. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA ESTACION MANANTIAL  
TEZONTEPEC

PARAMETRO	Límite máximo permisible <sup>(1)</sup>	MAR 87	ABR 87	MAY 87	JUN 87	JUL 87	SEP 87	$\bar{x}$	$\epsilon$
T agua(°C)	C.N.	21	22	21	21.5	---	24	21.9	1.24
pH	6-8	8.4	8.0	7.1	8.3	8.1	7.6	7.9	0.50
Alcalinidad total (mg/l)	400	545	462	114	363	475	---	392	168.3
Conductividad ( $\mu$ mhos/cm)	1500	---	1391	1697	1660	---	2288	1764	376.5
Dureza tot. (CaCO <sub>3</sub> )(mg/l)	300	379.4	286.6	151.1	348.3	164.4	359.2	281.5	100.8
Sól. totales (mg/l)	1000	1239	----	1012	969	1124	1084	1051.6	103.4
Sól. susp. (mg/l)	----	5.0	----	38	98	7	17	33.0	35.6
Sól. disueltos (mg/l)	1000*	1234	----	974	871	1097	1067	1073.2	107.7
Turbiedad (ppm. SiO <sub>2</sub> )	10	----	----	7.9	2.4	7.3	----	5.9	3.0
DQO (mg/l)	6**	15	10	25	9	15	20	15.7	6.1
N <sup>-org.</sup> (mg/l)	0.1	0.25	----	0.14	0.18	0.18	0.06	0.162	0.07
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	250	166	202	217	182	167	232	194.3	27.2
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	250	170	159	173	114	175	120	151.8	27.6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	---	---	244	114	363	475	511	341.4	164.5
Na (mg/l)	270**	135	120	50	127	172	44	108	50.6
K (mg/l)	---	46	51.2	22.8	41	9.0	16	33	17.4
Ca (mg/l)	200**	71	52	39	80	60.5	70.5	62.2	14.9
Mg (mg/l)	125	49	38	13	36	3.2	44.4	13.5	18.3
Fe (mg/l)	0.3	<0.10	<0.10	0.20	0.37	<0.10	<0.10	0.285	0.12
Mn (mg/l)	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0
As (mg/l)	0.05	0.04	0.04	0.008	0.025	0.023	0.022	0.026	0.015
Hg (mg/l)	0.002	<0.0005	<0.0005	0.0062	0.0013	<0.0013	<0.0005	0.0029	0.002

1.- Reglamento Federal (1953).

\* SARH (1975)

\*\* Mc Neely, et. al. (1979):

C.N. = Condiciones naturales.

TABLA IV. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS EN TOMAS DOMICILIARIAS (1987).

## TEZONTEPEC

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{x}$	S
T agua (°C)	21	22	23	22	---	23	22.2	0.837
pH	8.0	8.0	7.1	8.3	---	8.4	7.96	0.513
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	---	1464	1760	1740	---	1892.8	1744.2	180.06
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	---	---	9.3	27	---	---	18.15	12.52
DQO (mg/l)	35	10	25	10	---	10	18	11.51

## MIXQUIAHUALA

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{x}$	S
T. agua (°C)	18	21.5	22	22	---	22	21.1	1.746
pH	8.3	7.8	7.1	8.3	---	8.2	7.94	0.513
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	---	1562	1710	1403	---	1872	1636.8	200.8
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	---	---	6.0	30	---	---	4.5	2.12
DQO (mg/l)	35	45	5	10	---	5	20	18.71

---- No determinado.

TABLA V. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA ESTACION POZO EL MEXE.

PARAMETRO	Limite maximo establecido	MAR 87	ABR 87	MAY 87	JUN 87	JUL 87	SEP 87	$\bar{X}$	S
T agua(°C)	C.N.	--	27	27	26	--	21	25.2	2.9
pH	6-8	--	8.1	7.0	8.6	8.1	7.5	7.8	0.62
Alcalinidad total (mg/l)	400	----	244	76	232	277	----	207.3	89.5
Conductividad ( $\mu$ mhos/cm)	1500	----	622	644	8296	---	790.4	685.0	51.0
Dureza tot. (CaCO <sub>3</sub> )(mg/l)	300	----	153.1	113.4	128.4	378.9	407.9	236.3	144.4
Sól. tot. (mg/l)	1000	----	----	425	1309	457	479	667.5	428.2
Sól. susp. (mg/l)	---	----	----	49	14	6	40	27.3	20.5
Sól. disueltos (mg/l)	---	----	----	376	1296	451	439	640.3	437.8
Turbiedad (ppm SiO <sub>2</sub> )	10	----	----	6.0	7.0	2.7	---	5.23	2.25
DQO (mg/l)	6**	----	5	5	25	15	4.5	12.5	9.6
N <sup>-org.</sup> (mg/l)	0.1	----	----	0.56	0.18	0.09	0.06	0.22	0.23
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	250	----	47	29	58	43	46	44.6	10.4
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	250	----	44	46	43	56	39	45.6	6.3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	---	----	260	76	232	277	246	218	81.0
Na (mg/l)	270**	----	66	47	53	356	175	139.4	131.9
K (mg/l)	---	----	17.2	14.8	17	6.1	16	14.2	4.6
Ca (mg/l)	200**	----	25	19	25	121.9	31.2	64.42	56.7
Mg (mg/l)	125	----	22	16	16	18	19.4	18.28	2.53
Fe (mg/l)	0.3	----	40.10	0.28	0.37	40.10	40.10	0.33	0.06
Mn (mg/l)	0.05	----	40.05	40.05	40.05	40.05	40.05	----	----
Au (mg/l)	0.05	----	0.012	0.01	0.006	0.008	0.004	0.0084	0.003
Hg (mg/l)	0.002	----	40.0005	0.018	0.0016	0.0016	40.0005	0.0074	0.010

1.- Reglamento Federal (1953)

\* SARH (1975);

\*\* Mc Neely, et.al. (1979)

TABLA VI. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS EN TOMAS DOMICILIARIAS (1987).

TANQUE REGULADOR EL MEXE

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{X}$	S
T.agua (QC)	19	21	20	21	---	21	20.4	0.894
pH	7.9	7.9	7.0	8.1	8.2	7.7	7.8	0.429
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	---	1318	1697	1563	1495	1872	1589	209
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	---	----	4.0	7.3	----	----	5.65	2.33
DQO (mg/l)	20	20	30	15	50	15	25	13.4

TEPATEPEC

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{X}$	S
T.agua (QC)	20	22.5	22	24	---	21	21.9	152
pH	7.9	7.8	7.0	8.8	8.0	8.3	7.97	0.596
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	---	1342	----	1403	1568	1976	1572	286
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	---	----	8.9	3.0	----	----	5.95	4.172
DQO (mg/l)	50	25	25	10	5.0	10	15	9.3



TABLA VII. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA ESTACION POZO GRANDE

PARAMETRO	Limite (1) máximo permisible	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{x}$	S
T agua (°C)	C.N.	87	87	87	87	87	87	21.3	1.3
pH	6-8	8.2	7.9	7.0	6.7	8.0	7.1	7.5	0.6
Alcalinidad total (mg/l)	400	538	734	69	9	579	---	385.8	325.6
Conductividad ( $\mu$ mhos/cm)	1500	---	2135	2574	3416	----	3016	2785	553
Dureza tot. (CaCO <sub>3</sub> )(mg/l)	300	556.9	554.4	457.2	359.9	227.7	277.9	405.7	139.8
Sól. tot. (mg/l)	1000	1489	----	1154	1521	1643	1774	1516.2	231.6
Sól. susp. (mg/l)	---	2.0	----	47	28	6	50	26.6	22.3
Sól. disueltos (mg/l)	1000*	1487	----	1107	1493	1637	1724	1489.6	236.2
Turbiedad (ppm SiO <sub>2</sub> )(mg/l)	10	---	----	5.4	5.0	5.6	---	5.33	0.31
DQO (mg/l)	6 **	20	70	25	30	10	20	29.2	21.8
N <sup>-</sup> org. (mg/l)	0.1	0.34	----	0.42	0.18	0.37	0.06	0.274	0.15
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	250	365	344	176	392	366	206	308.2	92.5
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	250	217	211	248	198	232	195	216.8	20.33
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	---	538	1910	69	9	579	737	633.3	688
Na (mg/l)	270**	298	814	265	279	323	246	370.8	218.7
K (mg/l)	---	23	21	23.8	18.5	8	13.1	17.9	6.19
Ca (mg/l)	200**	142	141	112	83	40	38	92.7	46.9
Mg (mg/l)	125	49	49	43	37	31	44.4	42.33	7.10
Fe (mg/l)	0.3	<0.10	0.28	0.37	<0.10	<0.10	<0.10	0.33	0.06
Mn (mg/l)	0.05	0.40	0.07	0.07	0.09	<0.05	<0.05	0.15	0.16
As (mg/l)	0.05	0.037	0.05	0.010	0.009	0.007	0.005	0.020	0.019
Hg (mg/l)	0.002	0.7410	0.066	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005	0.4035	0.48

1.- Reglamento Federal (1953)

\* SARH (1975)

\*\* Mc Neely, et. al. (1979)

TABLA VIII. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS EN LA TOMA DOMICILIARIA DE BOXTHA (1987)

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{X}$	S
T.agua (°C)	19	19,5	20	21	---	22	20.3	1.204
pH	7.8	7.7	7.1	7.7	7.9	7.8	7.69	0.307
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	---	2240	2574	2928	3024	3016	2796.4	271
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	---	----	5.0	5.6	---	---	5.3	0.4243
DQO (mg/l)	30	5	2,0	25	20	30	21.7	9.13

---- No determinado

TABLE IX. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA ESTACION POZO BOTHI-BAJI.

PARAMETRO	Límite(1) máximo permissible	MAR 87	ABK 87	MAY 87	JUN 87	JUL 87	SEP 87	$\bar{X}$	S
T agua (°C)	C.N.	21	24.5	24	---	---	26	23.89	2.6
pH	6-8	7.7	7.5	7.3	---	8.0	7.2	7.5	0.3
Alcalinidad total (mg/l)	400	310	384	112	---	193	---	250	121
Conductividad ( $\mu$ mhos/cm)	1500	---	1366	4592	---	---	1872	1619	357.8
Dureza tot. (CaCO <sub>3</sub> )(mg/l)	300	471	396.8	283.7	---	229.2	338.4	343.8	94.6
Sól.tot.(mg/l)	1000	1292	----	958	---	1085	1116	112.8	137.7
Sól.ausp.(mg/l)	----	4.0	----	25	---	13	7	12.3	9.3
Sól.disueltos (mg/l)	1000*	402	----	933	---	1072	1109	879	327
Turbiedad (ppm SiO <sub>2</sub> )(mg/l)	10	---	----	9.3	---	7.9	---	8.6	0.99
DO <sub>2</sub> (mg/l)	6**	15	40	125	---	15	25	44	46.42
N <sup>-</sup> org.(mg/l)	0.1	0.17	----	0.29	---	0.09	0.06	0.15	0.10
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	250	207	225	265	---	235	85	203.4	69.4
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	250	133	124	161	---	126	121	123	16.3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	---	310	650	112	---	193	391	220	207
Na (mg/l)	270**	111	271	104	---	364	625	295	214.5
K (mg/l)	---	56	62.2	61.4	---	12	26	43.52	23
Ca (mg/l)	200**	134	106	69	---	53.3	95	91.5	31.6
Mg (mg/l)	125	33	32	27	---	23.1	24.5	29	4.32
Fe (mg/l)	0.3	<0.10	<0.10	0.18	---	<0.10	<0.10	---	---
Mn (mg/l)	0.05	0.06	<0.05	<0.05	---	<0.05	<0.05	---	---
Pb (mg/l)	0.05	0.033	0.04	0.005	---	0.006	0.003	0.017	0.017
Hg (mg/l)	0.002	<0.0005	<0.0005	<0.0005	---	<0.0005	<0.0005	---	---

1.- Reglamento Federal (1953)

\* IAHK (1975)

\*\* Mc Neely, et al. (1979)

TABLA X. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS EN LA TOMA DOMICILIARIA DE ACTOPAN (1987).

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{x}$	S
T. agua (°C)	24	22	22	20	---	22	22	1.414
pH	7.8	7.8	7.0	8.3	8.1	7.4	7.72	0.471
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	---	1208	1323	1403	1512	1612	1411.6	157.8
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	---	---	1.5	4.6	---	---	3.05	2.19
DQO (mg/l)	25	25	5	5	20	20	22.5	2.9

TABLA XI. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS EN CHAPANTONGO (1987).

PARAMETRO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	$\bar{x}$	S
T. agua (°C)	18	23	22	25	---	24	22.4	2.7
pH	7.5	7.9	7.0	8.3	8.0	8.25	7.83	0.496
Conductividad ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	---	244	291	2875	302	728	391.25	225.9
Turbiedad (ppm $\text{SiO}_2$ )	---	---	7.0	6.0	---	---	6.5	0.71
DQO (mg/l)	5	10	5	10	20	5	11.25	6.29

--- No determinado.

TABLA XII. RESULTADOS DE LOS ANALISIS BACTERIOLÓGICOS EN EL SISTEMA ACUEDUCTO VALLE DEL MEZQUITAL, Hgo. (NMP/100 ml).

ESTACION DE MUESTREO		MAR 87	ABR 87	MAY 87	JUN 87	JUL 87
MANANTIAL CENRO	C.T.	7.0	2.3x10	4.6x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	9.3x10
	C.F.	<7.0	<2.0	4.6x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	4.3x10
COLORADO	E.F.	2.3x10	2.3x10	2.4x10 <sup>2</sup>	4.3x10	1.5x10
	C.T.	<2.0	7.5x10	2.4x10 <sup>3</sup>	43.0	4.0
TEZONTEPEC	C.F.	<2.0	2.3x10	2.4x10 <sup>3</sup>	43.0	<3.0
	E.F.	<2.0	2.0	1.5x10	9.0	4.0
	C.T.	-----	4.3x10	4.0	9.0	43.0
VOZO EL MEZE	C.F.	-----	2.3x10	43.0	43.0	43.0
	E.F.	-----	9	43.0	2.3x10	43.0
	C.T.	2.3x10	<2.0	4.0	-----	43.0
POZO BOTHI-BAJI	C.F.	9.0	<2.0	43.0	-----	43.0
	E.F.	9.0	<2.0	43.0	-----	1.5x10
	C.T.	2.3x10	1.5x10 <sup>2</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	9.3x10	9.0
POZO GRANDE	C.F.	9.0	4.3x10	4.6x10 <sup>2</sup>	4.3x10	9.0
	E.F.	4.0	4.0	1.5x10	7.5x10	9.0
	C.T.	<2.0	2.4x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>3</sup>	43.0	-----
TEZONTEPEC	C.F.	<2.0	9.3x10	2.4x10 <sup>3</sup>	43.0	-----
	E.F.	42.0	2.0	2.3x10	2.3x10	-----
	C.T.	1.1x10	4.0	4.6x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>3</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>
TLAHUELLIPAN	C.F.	<2.0	4.0	2.3x10	4.6x10 <sup>2</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>
	E.F.	<2.0	2.3x10	2.3x10	1.5x10	4.0
	C.T.	2.8x10	2.3x10	4.6x10 <sup>2</sup>	43.0	7.5x10
MIXQUIAHUALA BARI	C.F.	2.1x10	2.3x10	4.6x10 <sup>3</sup>	43.0	7.5x10
	E.F.	3.9x10	1.5x10	2.4x10 <sup>2</sup>	9.3x10	4.3x10
	C.T.	1.1x10	2.3x10	2.4x10 <sup>3</sup>	3.0	-----
MIXQUIAHUALA	C.F.	7.0	2.3x10	4.6x10 <sup>2</sup>	3.0	-----
	E.F.	4.0	2.3x10	4.6x10 <sup>2</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	-----
	C.T.	1.1x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>3</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>
TANQUE REGULADOR EL MEZE	C.F.	2.1x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>1</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>
	E.F.	9.3x10	2.3x10	1.5x10 <sup>2</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>
	C.T.	4.6x10 <sup>2</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>1</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>
TEPATEPEC	C.F.	2.4x10 <sup>2</sup>	9.3x10	2.4x10 <sup>3</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>	7.5x10
	E.F.	9.3x10	9.0	9.0	4.6x10 <sup>2</sup>	3.9x10
	C.T.	9.3x10	9.3x10	2.4x10 <sup>3</sup>	4.0	4.6x10 <sup>2</sup>
BOXTA	C.F.	7.0	7.0	1.1x10 <sup>3</sup>	4.0	4.6x10 <sup>2</sup>
	E.F.	<2.0	4.0	43.0	4.0	2.3x10
	C.T.	42.0	9.0	7.0	43.0	9.0
ACTOPAN	C.F.	42.0	4.0	7.0	43.0	9.0
	E.F.	9.0	4.0	43.0	1.5x10	9.0
	C.T.	42.0	4.0	43.0	43.0	43.0
CHIAPANTONGO	C.F.	42.0	42.0	43.0	43.0	43.0
	E.F.	42.0	42.0	43.0	1.5x10 <sup>2</sup>	43.0

NOTA: C.T.=Coliformos totales C.F.=Coliformos fecales E.F.=Estreptococos fecales