UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN LA SALUD DE LA POBLACION DEL MUNICIPIO DE TEPOTZOTLAN ESTADO DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A N :

GRACIELA RUIZ ZAVALA
NORMA SANCHEZ ISLAS

ASESOR: I.A. ROSA M. RODRIGUEZ MONTOYA
COASESOR: ING. JUAN R. GARIBAY BERMUDEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

VNIVERSIDAD NACIONAL AVTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
SECRETARIA ACADEMICA
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
Departamento de Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

ATN: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Estudio sobre la influencia de la calidad del agua potable en la salud de la población del municipio de Tepotzotlán Estado de México.

que presenta la pasante: Graciela Ruiz Zavala

con número de cuenta: 8517423-9 para obtener el TITULO de: Química Farmacéutica Biólogo ; en colaboración con :

Norma Sánchez Salas

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 22 de noviembre de 199

PRESIDENTE I.A. Cecilia González Torres.

VOCAL I.A. Rosa M. Rodríguez Montoya.

SECRETARIO Q.F.B. Karina L. Morales Galicia.

PRIMER SUPLENTE Q.F.B. Salvador Zambrano Martínez.

SEGUNDO SUPLENTE Q.F.B. Beatriz Rosa Sordumo.

UAE/DEP/VAP/02

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
SECRETARIA ACADEMICA
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
Departamento de Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
Estudio sobre la influencia de la calidad del agua potable en la salud de la población del municipio de Tepotzotlán Estado de México.

que presenta la pasante: Norma Sánchez Isles
con número de cuenta: 8611304-3 para obtener el TITULO de:
Química Farmacéutica Bióloga ; en colaboración con :
Graciela Ruiz Zavala

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 23 de noviembre de 1995

PRESIDENTE	Q. Cecilia González Ibarra	
VOCAL	I.A. Rosa M. Rodríguez Montoya	
SECRETARIO	Q.F.B. Marina L. Morales Galicia	
PRIMER SUPLENTE	Q.F.B. Salvador Zambrano Martínez	
SEGUNDO SUPLENTE	Q.F.B. Héctor Coss Garcuño.	

UAE/DEP/VAP/C2

Si puedo

Cuando puedo confiar en Dios y con una fe inquebrantable me enfrento a la vida, nunca habrá entonces obstáculo que me pueda vencer.

Gracias :

A mis padres, por su amor, su cariño y su confianza que me han brindado siempre.

A mis hermanos Roberto, Gela, María, Pirris, Seco, y Anita por su cariño, comprensión y su amistad.

A mi abuelí, por sus palabras sabias y llenas de experiencia que me permiten siempre actuar.

A Omar, por sus buenos consejos y por darme ánimo para seguir adelante.

A Chava, Alfonso y Norma quienes estuvieron siempre conmigo en los momentos difíciles.

Chela.

Gracias:

A mis padres por su apoyo, su paciencia, y por sus invaluables esfuerzos para que yo lograra realizar mis estudios.

A ti Javier por tu apoyo, tu comprensión y confianza. Gracias por darme tu amor que me motiva siempre a seguir adelante.

A mis hermanos: Chelí, Joel, Sergio, Clara y Ana los compañeros de mi vida.

A mi amiga Eva por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A ti Chela por tu amistad, ánimo y optimismo para la realización de este trabajo.

Norma.

Gracias por su apoyo en la realización de este trabajo a:

Ing. Juan Rafael Garibay Bermudez

Roberto Vicuña

Q.F.B. Ignacio Martínez Trejo

Comisión Estatal de Agua y Saneamiento

Gracias a la Universidad, especialmente a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por darnos la oportunidad de prepararnos profesionalmente.

INDICE

INDICE DE TABLAS

Página

II. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la supervivencia del hombre, por ello se le ha dado tanta importancia al mantenimiento adecuado de los suministros de agua, ya que el suministrar agua en condiciones no adecuadas trae consigo problemas de salud graves en la población. Desde hace más de un siglo se ha aprendido mucho acerca del papel del agua en la diseminación de enfermedades tales como cólera, fiebre tifoidea, disentería, entre otras enfermedades gastrointestinales; la principal causa de éstas son las malas condiciones de los suministros de agua, o la forma inadecuada de distribución. También la escaces de agua origina graves problemas de salud pública, ya que sin ella no es posible el aseo personal y el saneamiento del ambiente.[12]

Debido precisamente a los problemas de salud que ha traído el consumo de agua en condiciones inadecuadas en el municipio de Tepotzotlán estado de México se realiza el presente estudio. (351 casos de enfermedades gastrointestinales, informe semanal de enfermedades reportadas 1993-1994. Sistema Estatal de Salud ISEM)

El municipio de Tepotzotlán estado de México se ubica a 45.5 Km de la ciudad de México por la cerretera México-Querétaro, en la parte occidente de Zumpango y al noroeste del valle de Cuautitlán-Texcoco. Al norte limita con el estado de Hidalgo y los municipios de Coyotepec y Huehuetoca, al este con los municipios de Teoloyucan y Cuautitlán Izcalli, al oeste con el estado de Hidalgo y los municipios de Villa del carbón y Cuautitlán Izcalli y al sur con los municipios de Cuautitlán Izcalli y Nicólas Romero. (ver anexo A)

El municipio se divide en 13 localidades siendo las principales la cabecera, San Mateo Xoloc, Santiago Cuatlalpán, Santa Cruz, La Concepción y Cañada de Cisneros. La extensión de su territorio es de 208.83 Km^2.

En cuanto a la red de agua potable actualmente da servicio a la parte central del municipio, a zonas habitacionales y algunas industrias. Esta red distribuye agua de seis pozos profundos que operan la Comisión Nacional de Aguas (CNA) y la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), la calidad del agua según las muestras tomadas de los 2 pozos principales que abastecen a la población, son en su mayoría no potable, siendo su principal contaminador la presencia de coliformes fecales. Esta evidencia determina un problema serio, que es la contaminación del agua por diversos origenes como pudiera ser la infiltración de agua negra local o regional a los cuerpos abastecedores de agua. Las condiciones locales se agravan con la presencia de los grandes canales al aire libre que conducen aguas negras, como son el Río Chiquito y el Río Cuautitlán, los cuales contaminan el suelo, el aire y afectan a la población ocasionando graves transtornos, incrementando el índice de morbilidad en el municipio.[6]

Los problemas de salud relacionados con lo inadecuado de los suministros de agua son universales pero, generalmente, de mayor magnitud e importancia en los países subdesarrollados como México. La OMS estima que cada año 500 millones de personas sufren enfermedades contraídas a través de los suministros de agua insalubre, lo cual es preocupante ya que la salud de cualquier país es lo primordial para el desarrollo del mismo.[12]

El análisis de la calidad del agua potable incluye los siguientes parámetros: pH, color, olor, conductividad, dureza total dureza de magnesio y dureza cálcica, alcalinidad total, cloruros, cloro residual, hierro, ión sulfato, determinación de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli* presuntiva, tales parámetros a analizar fueron seleccionados con base a los análisis que generalmente se le realizan al agua en laboratorios como el de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) y con base a los artículos referentes al agua potable publicados en el diario oficial del día lunes 18 de de enero de 1988.

Con base a un análisis estadístico de los resultados se indica el origen del problema, aunque es obvio que el estudio de todos los factores y causas de contaminación del agua sería muy amplio por lo cual sólo nos enfocamos al análisis del agua de los dos pozos principales que abastecen a la mayor parte de la población del municipio de Tepotzotlán, hasta llegar a los depósitos que distribuyen el agua a las casas, analizando también las condiciones sanitarias de los mismos.

El trabajo a realizar parte desde la localización de fuentes de abastecimiento, depósitos y en general la red de distribución de agua de esta zona, mediante los planos de la red de agua potable existente (ver anexo B).

Localizados los puntos principales de muestreo se realizó el trabajo de toma y conservación de muestra el cual es muy importante para la obtención de datos confiables.

I. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad del agua potable del municipio de Tepotzotlán, mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos para conocer el posible efecto sobre la salud de la población.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la calidad del agua en las dos fuentes de abastecimiento principales, en los depósitos de almacenamiento y distribución de agua potable, así como en algunas casas habitación de los pobladores, mediante análisis físicos, químicos y microbiológicos, para determinar si cumple con los límites de potabilidad establecidos en México.

- Realizar un análisis estadístico mediante análisis de varianza de los resultados obtenidos para conocer los cambios que sufre el agua durante su trayectoria desde pozos, depósitos hasta llegar a los hogares.

- Determinar el efecto que puede traer la calidad del agua sobre la salud la de los pobladores con base en los resultados y mediante información documentada.

III. GENERALIDADES

3.1. Control sanitario de servicio de agua potable.

Con base al reglamento de la ley general de salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios, publicado en el diario oficial de la federación el día lunes 18 de enero de 1988, en el titulo tercero: agua y hielo para consumo humano y para refrigerar, capítulo I: Agua; que a la letra dice:

Artículo 209.- Se considera agua potable o agua apta para consumo humano, toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud.

Se considera que no cusa efectos nocivos a la salud cuando, se encuentra libre de gérmenes patógenos y de sustancias tóxicas, y cumpla, además con los requisitos que se señalan en este título y en la norma correspondiente.

Artículo 210.- Para considerar que el agua es potable, la investigación bacteriológica se realizará de acuerdo a las normas respectivas y deberá dar como resultado los siguiente:

I. El número de organismos coliformes totales, deberá ser, como máximo, de dos organismos en 100 ml, según las técnicas del número más probable (NMP) o de la de filtro de membrana, y

II. No contendrá organismos fecales.

Aparte de lo anterior, se podrán realizar a satisfacción de las autoridades sanitarias, todas las pruebas que se consideren necesarias, a fin de identificar otros riesgos a la salud.

Artículo 211.- Los requisitos organolépticos y físicos, se establecerán atendiendo a las siguientes características: aspecto, pH, sabor, olor, color, turbiedad del agua y en su caso, los demás que señale la norma.

Artículo 212.- Se considera que el agua es potable, en lo relativo a las características organolépticas y físicas, cuando se encuentre dentro de los límites siguientes:

I. Aspecto: Líquido

II. pH: De 6.9 a 8.5

III. Sabor: Característico.

IV. Olor: Característico.

V. Color: Hasta 20 unidades de la escala de platino-cobalto, o su equivalente en otro método.

VI. Turbiedad: Hasta 10 unidades de la escala de sílice o su equivalente en otro método.

Artículo 213.- El contenido, expresado en miligramos por litro, de elementos, iones y sustancias, no excederá los límites permisibles que a continuación se expresan.

Alcalinidad total expresada como $CaCO_3$	400.00
Cloro libre: En agua clorada	0.20
En agua sobre clorada	1.00
Cloruros	250.00
Dureza de calcio expresada como $CaCO_3$	300.00
Fierro	0.30
Sulfatos expresados como ión	250.00

Entre las fuentes de que dispone la naturaleza es difícil encontrar agua que cumpla con estos límites de potabilidad; de aquí la necesidad de tratar el

agua para que sea adecuada tanto para la bebida como para los usos domésticos y otros.

El agua de bebida puede alterar la salud produciendo transtornos no microbianos cuando contiene en exceso ciertas sustancias químicas o cuando faltan o están en escasa cantidad otras. Las aguas ricas en sulfato de calcio y las aguas selenitosas producen transtornos grastrointestinales; las aguas calcáreas son laxantes y colagogas; las aguas alcalinas favorecen estados anémicos; las aguas ferruginosas son pesadas y producen lesiones óseas y dentarias; las aguas aciduladas por CO_2 pueden arrastrar plomo o cobre de las cañerías, elementos que son tóxicos para el hombre. La aguas que atraviesan terrenos donde falta el yodo carecen de éste elemento y son bociógenas; la falta de flúor en el agua de bebida produce caries dentarias.

Los transtornos de origen parasitario y microbiano son los más importantes que el agua produce en el hombre.

Las condiciones físicas y químicas del agua tienen un valor sanitario diferente. Las primeras se refieren principalmente al aspecto estético: turbiedad, olor, color, temperatura, sabor, y conductividad eléctrica. Impresionan mucho al consumidor pero tienen escasa significación sanitaria.[27]

3.2. Depósitos y red de distribución de agua potable.

Depósitos:

Un depósito de agua es una estructura apta para contener un cierto volúmen de agua, con las instalaciones complementarias para cumplir funciones de regulación de caudales, de carga y de seguridad y servicio.

El depósito de regulaciòn de caudal sirve para compensar en un tiempo determinado los caudales de aportaciones y consumo.

El depósito de regulación de carga sirve para garantizar la presión mínima necesaria en cada punto de la red de distribución, o puntos de conducción. En este sentido es una obra que sirve para mantener una cota en el nivel de agua suficiente para alcanzar las cotas de los puntos a suministrar. teniéndo en cuenta las pérdidas de carga en los conductos y elementos accesorios.

Las aguas contenidas en el depósito, a través de la red de distribución, van directamente al consumo. En consecuencia el depósito debe garantizar la inalterabilidad de la calidad de las aguas, evitándo variación de temperatura, desarrollo de algas, contaminación exterior, etc. En este sentido presenta ventajas la adopción de un depósito cerrado. por lo tanto, un depósito debe:

- Contener agua, siendo en definitiva un vaso impermeable.
- Regular el caudal.
- Regular la presión de la red.
- Dar seguridad al abastecimiento.
- Garantizar el mantenimiento de la calidad del agua.[15]

Red de distribución:

El suministro de agua desde los depósitos hasta los puntos de consumo la comunidad, se efectúa por medio de una red de distribución cuyo fin es garantizar que en todos los puntos exista el caudal preciso, la presión conveniente y la calidad de agua requerida, evitando cualquier posible contaminación desde su recogida en el depósito hasta el punto de consumo.

La distribución debe asegurar un servicio continuo sirviendo los caudales soilcitados en el momento deseado en cualquier punto de la comunidad abastecida por la red . Además esta red debe aseguarar la impermeabilidad para asegurar posibles contaminaciones de aguas de desecho o de aguas exteriores, debe ser resistente a las acciones interiores y exteriores de todo tipo, como por ejemplo, la acción mecánica la agresividad del agua conducida o del terreno, la corrosión, etc.[15]

3.3. Conceptos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua:

Parámetros físicos:

Conductividad.

La conductividad es una expresión númerica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición.

La unidad patrón de la resistencia eléctrica es el ohm Ω. La unidad patrón de la conductividad eléctrica (K) es el mho. La resistividad es la resistencia medida entre dos caras opuestas de un prisma rectangular y se reporta en ohms por unidad de longitud. La conductancia especifica se define como el paso de una corriente eléctrica de un conductor de 1 cm de largo y 1 cm^2 de área transversal. se reporta en siemen/cm que es númericamente igual a mho/cm.

Las mediciones de conductividad en laboratorios se utilizan para:

1. Establecer el grado de mineralización para determinar el efecto de la concentración total de iones sobre equilibrios químicos, efectos fisiológicos en plantas y animales. tasas de corrosión. etcétera.
2. Evaluar las variaciones de la concentración de minerales disueltos en aguas naturales y residuales.
3. Valorar el tamaño de la muestra que se vaya a utilizar para determinaciones químicas comunes y para investigar los resultados de un análisis químico.
4. Calcular los sólidos disueltos en una muestra.

La conductividad electrolítica aumenta con la temperatura a un índice de 1,9%/ºC aproximadamente. De una medición inexacta de la temperatura pueden derivarse errores significativos, por lo que se recomienda medirla a 25 ºC.

Cuando se mide la conductividad de la muestra a una temperatura diferente de 25 ° C, la conductividad de dicha muestra se calcula como sigue:[1, 20]

$$K = \frac{Km(1{,}000{,}000)C}{1 + 0.0191(t - 25)}$$

Donde: Km = Conductividad medida, mhos a una temperatura en grados centigrados

C = Constante de la celda. cm^{-1}

t = Temperatura de medición

Color.

El término color se asocia al color puro. es decir color de agua cuya turbidez ha sido eliminada. Color aparente engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión.

El color del agua puede estar condicionado por la presencia de iones metálicos naturales hierro (Fe^{3+}) y manganeso (Mn^{4+}). El color del agua proviene de materias en disolución, generalmente colorantes vegetales de sustancias orgánicas en descomposición y ocasionalmente materias inorgánicas.[1]

Olor.

El olor se reconoce como un factor de calidad que afecta la aceptabilidad del agua potable.

El agua es un medio neutro, en su forma pura no produce sensaciones olfativas o gustativas.

Las pruebas de olor se llevan a cabo para proporcionar descripciones cualitativas y medidas cuantitativas aproximadas de la intensidad del olor.

El dispositivo supremo para la realización de pruebas de olor es la nariz humana.[1]

Sabor.

El gusto define solamente las sensaciones gustativas que se designan como amargas, saladas, ácidas y dulces, resultantes de la estimulación química de las terminaciones nerviosas sensitivas de las papilas de la lengua y del paladar blando. Las muestras de agua depositadas en la boca para hacer un anátisis sensorial siempre producen un sabor, aunque en él puede predominar el gusto, el olor o la sensación bucal, dependiendo del estímulo químico.

Las pruebas de sabor sólo se realizan con muestras inocuas para la ingestión descartándose aquellas que puedan estar contaminadas con microorganismos o sustancias químicas peligrosas, o que procedan de una fuente desconocida.[1]

pH.

La medida de pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. El pH se utiliza en las determinaciones de alcalinidad y en muchos otros equilibrios ácido-base. A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrógeno.

El principio básico de la determinación eletrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrógeno por mediciones potenciométricas utilizando un electródo de vidrio y otro de referencia o un electrodo de combinación, el cual incorpora en una única sonda los electrodos de vidrio y referencia.[1]

Temperatura

Es una manifestación de la energía cinética molecular dentro de un cuerpo.

El término temperatura se utiliza para conocer el grado relativo de calentamiento o enfriamiento de un cuerpo.

La importancia de la determinación de la temperatura se debe a la relación que guarda éste parámetro con las reacciones químicas, el cambio en las propiedades físicas y con una mayor complejidad, con las reacciones biológicas que se producen en el cuerpo del agua.[20]

Parámetros químicos:

Alcalinidad.

La alcalinidad del agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables.

La alcalinidad de muchas aguas depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que suele tomarse como una indicación de estos componentes. Los valores determinados pueden incluir también la contribución de boratos, fosfatos, silicatos y otras bases, cuando de hallen presentes.

La alcalinidad del agua es de poca importancia sanitaria, sólo en el caso de aguas altamente alcalinas son rechazadas para el abastecimiento público.[1] El límite establecido es de 400 ppm.[5]

Cloro residual.

La cloración del agua tiene como objeto destruir los microorganismos pátogenos presentes en ella, además el agua mejora su calidad como consecuencia de la reacción del cloro con el amoniaco, hierro, manganeso, sulfuro y algunas sustancias orgánicas. La cloración puede causar también efectos adversos.por ello se recomienda el límite de 0.2 ppm. [5]

Se pueden identificar el olor, sabor característicos de los fenoles y otros compuestos orgánicos presentes en el agua para suministro. Pueden formarse compuestos organoclorados potencialmente carcinógenos como el cloroformo.

El cloro aplicado al agua en su forma molecular o de hipoclorito sufre una hidrolísis inicial para producir cloro libre consistente en cloro molecular acuoso, ácido hipocloroso y ion hipoclorito. La proporción relativa de estas formas de cloro libre dependen del pH y la temperatura. Al pH de la mayoría de las aguas predominarán el ácido hipocloroso y el ion hipoclorito.

El cloro libre reacciona fácilmente con el amoniaco y ciertos compuestos de nitrógeno, formando cloro combinado. La reacción del amoníaco con el cloro produce cloraminas, monocloraminas y tricloruro de nitrógeno las cuales tienen propiedades desinfectantes. La presencia y concentraciones de estas formas combinadas dependen principalmente del pH, temperatura, proporción inicial cloro-nitrógeno, demanda absoluta de cloro y tiempo de reacción. Tanto el cloro libre como el combinado pueden estar presentes simultáneamente. El cloro combinado de los suministros de agua se puede formar al tratar las aguas naturales que contienen amoníaco o por adición de amoníaco o sales de amonio.[1, 20]

Cloruros

EL cloruro en su forma de ión, es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua. En el agua potable el sabor salado producido depende de la composición química del agua. Los cloruros en concentraciones razonables no son dañinos a la salud, en concentraciones superiores a 250 ppm dan sabor salino al agua si el catión es sodio, siendo desagradable para el consumo humano. Debido a esto se recomienda el límite. Sin embargo, el sabor salino puede estar ausente en aguas que contengan hasta 1000 ppm cuando, los cationes son calcio y magnesio. Las sales de cloro en general son muy solubles.

estables en disolución y muy difícilmente precipitables. No se oxidan ni reducen en aguas naturales.[1, 20]

Dureza total.

Se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio en mg/l.

La dureza oscila entre cero y cientos de mg/l dependiendo de la fuente y del tratamiento a que el agua haya sido sometida. Las aguas son clasificadas de acuerdo a su grado de dureza como sigue:

0 -75 mg/l	blanda
75 - 150 mg/l	moderadamente dura
150 -300 mg/l	dura
> de 300 mg/l	muy dura

La dureza varía considerablemente de lugar a lugar. Se origina por contacto del agua con el suelo de formación rocosa y en áreas donde la capa de suelo es gruesa y hay calizas presentes, por lo que refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que ha tenido contacto. La dureza es causada por iones metálicos divalentes los cuales se presentan a continuación según su orden de abundancia:

Cationes causantes de dureza

Ca^{++}

Mg^{++}

Sr^{++}

Fe^{++}

Mn^{++}

El agua dura es tan satisfactoria como el agua blanda para consumo humano[22], pero el límite máximo es de 300 ppm.[5]

Hierro:

En muestras de agua el hierro puede estar en solución auténtica. en estado coloidal que puede ser peptizado por materia orgánica, en complejos inorgánicos u orgánicos de hierro o en partículas suspendidas relativamente gruesas. En fuentes de agua subterránea el hierro se encuentra generalmente en estado ferroso ya que siempre están excentas de oxígeno disuelto y tienen un alto contenido de dióxido de carbono, por lo tanto, el hierro está como Fe^{++}. El alto contenido de dióxido de carbono indica que hubo extensa oxidación bacteriana de materia orgánica y la ausencia de oxigeno disuelto muestra que se produjeron condiciones anaerobias.[1,20]

Al exponer al aire o añadir oxidantes el hierro ferroso se oxida al estado férrico y pede hidrolizarse para formar oxido férrico hidratado insoluble produciendo turbidez por la formación de precipitados coloidales, inaceptable desde el punto de vista estético, impartiendo, además. un sabor y olor a herrumbre. En el lavado produce manchas café-rojizas, por lo anterior su límite es de 0.3ppm.[5]

No se conocen efectos perjudiales a la salud del hombre por beber agua que contenga hierro.[22]

Sulfatos.

El ion sulfato es uno de los aniones más frecuentes en las aguas. Es de considerable importancia en las fuentes de abastecimiento público porque produce un efecto catártico sobre humanos cuando esta presente en cantidades excesivas por ello la S.S.A. recomienda un límite superior de 250 ppm en agua de consumo humano.[5]

El ion sulfato se distribuye ampliamente en la naturaleza y pueden presentarse en agua naturales en concentraciones que van desde unos pocos hasta varios miles de mg/l. Los iones sulfato son muy frecuentes en las aguas naturales, debido al poder de disolución que tiene el agua sobre los minerales contenidos en la corteza terrestre. En aguas potables no están presentes otros iones aparte de los de sulfato formadores de compuestos insolubles con el bario en condiciones fuertemente ácidas.[1, 22]

Parámetros microbiológicos:

Las aguas subterráneas se consideran tradicionalmente puras por la acción protectora ejercida por los fenómenos que acontecen en el agua a su paso a través de las capas del terreno y por la escasa viabilidad de las bacterias patógenas en el agua que no ofrece un habitat adecuado. Pero hay que subrayar que la
contaminación de dichas aguas está ligada al problema de las aguas superficiales, ya que estas a través de su filtración por el terreno contaminan a las mismas, además hay que considerar las posibles fuentes de contaminación, incluyendo sitios de descarga y desecho, líneas de alcantarillado, sistemas sépticos, etc. De aquí la necesidad de llevar a cabo el proceso de desinfección.

Es agua potable desde el punto de vista bacteriológico aquella que no contiene gérmenes patógenos que puedan provocar en breve o a largo plazo alteraciones en la salud del hombre.

Los parámetros microbiológicos para evaluar la calidad del agua son los microorganismos coliformes.

Se ha llamado coliformes a un conjunto de géneros de la familia Enterobacteriáceas (Escherichia, Citrobacter, Klebsiella y Enterobacter).

La OMS incluye dentro del grupo coliforme (coliformes totales) todos los

bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gram negativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 35 -37 ° C en menos de 48 horas.[24]

Definición según la NOM-AA-42-1987:

Coliforme total:

Organismos capaces de crecimiento aerobios a 35 -37 ° C en un medio de cultivo lactosado con producción de ácido y gas dentro de un periodo de 48 horas.

Coliformes fecales:

(Termotolerantes)Organismos coliformes con las mismas propiedades fermentativas citadas anteriormente a 44 ° C.

Escherichia coli

Organismos coliformes termotolerantes que producen indol a partir de triptofano a 44 ° C.

Por sus propiedades, las coliformes crecen fácilmente en un medio lactosado, existen también medios confirmativos más selectivos como por ejemplo; el caldo bilis lactosa verde brillante y el caldo triptona para confirmar *Escherichia coli.*

Las enfermedades más frecuentes causadas por coliformes son: Fiebre tifoidea y paratifica:

La fiebre tifoidea es producida por la *Salmonella typhi* . Las fiebres paratíficas son causadas por otras especies del género Salmonella (*Salmonella paratyphi A, B y C*).

Salmonella typhi y paratyphi producen enfermedades tíficas características por fiebre, cefalea, dolor muscular, articular, espasmos abdominales, manchas de color rosa en abdomen, en la segunda y tercera semana de la enfermedad causan dolor hepático. Las epidemias de fiebre tifoidea constituyen el más claro exponente de infecciones humanas cuya aparición y difusión es preferentemente de origen hídrico.

Disentería bacilar:

Esta enfermedad es producida por bacilos del género Shigella, provocando diarrea, dolor rectal y evacuaciones con sangre.

Gastroenteritis infecciosa:

Producida por las bacterias *Escherichia coli* enteropatógenas, de las cuales se han hallado 12 serotipos. Se caracteriza por diarrea, infecciones en el tracto urinario

El papel del agua es importante en la transmisión, ya que, aunque se consuma agua hervida no debe descartarse la posibilidad de infección por esta vía.[7, 13]

Otra enfermedad de tipo hídrico que debe ser considerada por ser muy frecuente en países subdesarrollados es el cólera la cual es una enfermedad infecciosa gastrointestinal, causada por la bacteria *Vibrio cholerae 01* caracterizada por vómito y diarrea. Ha sido causante de desastrosas epidemias por el consumo de agua contaminadas.

El factor esencial para la difusión del cólera son las malas condiciones de saneamiento en especial la falta de agua. El ciclo de transmisión comprende el medio ambiente, y sobre todo, el abastecimiento de agua contaminada.

Aunque esta bacteria no es del grupo coliforme se debe tomar en cuenta ya que actualmente es uno de los más graves problemas de salud que se enfrentan en nuestro país.[28]

Determinación de coliformes:

La prueba estándar para el grupo coliforme puede realizarse mediante una técnica en tubos múltiples (Número más probable NMP) o por la técnica del filtro de membrana (FM).

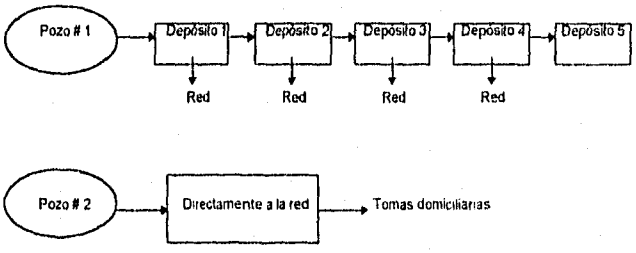
En el caso de la técnica en tubos múltiples, los resultados del estudio de los tubos y diluciones replicados se comunican en términos de Número Más Probable (NMP) de microorganismos existentes. Este número, basado en determinadas fórmulas de probabilidad, es un cálculo de la densidad medida de coliformes en la muestra.

La densidad bacteriana puede calcularse mediante la fórmula facilitada o por medio de la tabla que utiliza el número de tubos positivos en las diluciones múltiple. Las tablas de NMP se basan en la hipótesis de una distribución de Poisson (dispersión aleatoria). Sin embargo, si la muestra no se ha agitado adecuadamente antes de hacer las diluciones o si existe agrupamiento de bacterias, el valor de NMP podría resultar menor que el número real de densidad bacteriana.[1]

IV. METODOLOGIA

El estudio se realizó sobre muestras de agua recolectadas en diferentes puntos de la red de distribución de los dos pozos principales que abastecen a la mayor parte de la población del municipio de Tepotzotlán (ver plano de la red de agua potable, anexo B).

La figura 4.1 muestra la secuencia de distribución de la red de cada pozo.



El primer estudio se realizó para la red de distribución del pozo No. 1. Se realizó un muestreo del pozo así como de los 5 depósitos conectados a él 2 veces por semana hasta obtener 9 repeticiones.

El segundo estudio, para la red de distribución del pozo No. 2, se realizó de la misma forma pero tomando muestras de agua del pozo y 5 domicilios particulares.

Para ambos estudios se tomaron muestras de agua para análisis fisicos, químicos y microbiológicos.

4.1. Análisis microbiológicos

4.1.1.Toma y conservación de muestras:

Procedimiento de la toma de muestra

1. Si se dispone de grifo; dejar fluir el agua libremente durante 5 minutos para que se limpie la tubería de servicio.
2. Flamear la boca del grifo, los bordes y el tapón de la botella estéril para asegurar las condiciones de asepcia.
3. Reducir el flujo de agua para poder llenar la botella sin que se derrame
4. Llenar la botella 2/3 partes de su capacidad (150 ml aproximadamente) para homogenizar la muestra
5. Si no se dispone de grifo, tomar la muestra directamente del depósito promedio de una botella estéril con lastre Deberán tomarse las mismas condiciones de llenado y asepsia ya mencionadas.[19]

Para las muestras bacteriológicas se utilizaron botellas que cumplían con los requerimientos para la recolección: Esterilizables, de vidrio, del tamaño y la forma adecuados cuya capacidad permita guardar un volúmen de muestra suficiente para el análisis (150 ml), que deje espacio aéreo adecuado, puedan lavarse con facilidad y que mantengan las muestras sin contaminar hasta que se haya acabado el estudio.

Antes de esterilizar las botellas se cubrieron las bocas y los cuellos con papel aluminio, y se empleo como agente declorante tiosulfato de sodio (al 1.0 %) el cual neutraliza todos los residuos de halógenos e impide el mantenimiento de la acción bactericida durante el transporte de la muestra.[1]

La esterilización se realizó bajo las condicones normales de 121° C, 15 lb de presión y 15 minutos.

Conservación de muestras:

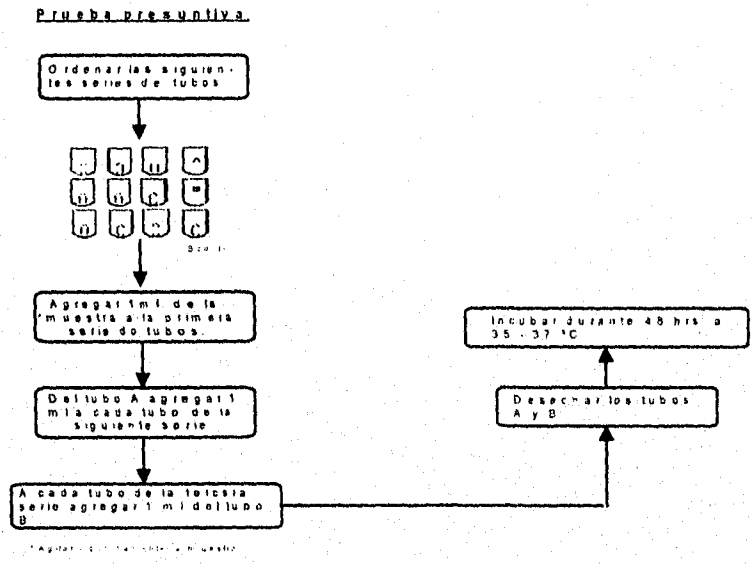
El estudio microbiológico de la muestra debe iniciarse inmediatamente después de haber realizado la toma para evitar cambios imprevistos. Si no se

pueden analizar las muestras en la hora siguiente a la toma, se guardan en una hielera durante su transporte al laboratorio. La temperatura de todas las muestras deberá estar por debajo de los 10°C (aproximadamente 4° C) y el tiempo transcurrido entre la toma y el análisis no debe superar las 24 horas.

4.1.2. Determinación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli presuntiva, por el método del número más probable, NMP).

El método se basa en la inoculación de alicuotas de muestra, en una serie de tubos con medios de cultivo adecuados para el crecimiento, selección e identificación de estas bacterias.

Número Más Probable



Examen de los tubos:

1. Examinar los tubos a las 18 - 24 hrs.
2. Considerar positivos aquellos que muestran turbidez debido al crecimientobacteriano y formación de gas en los tubos invertidos.
3. Reincubar aquellos tubos que no muestran alguno o todos estos cambios y examinar a las 48 hrs.

Pruebas confirmativas:

1. Resembrar a partir de cada medio de aislamiento que dé resultado positivo, en el medio confirmativo, Bilis Lactosa Verde Brillante (BLVB), y en agua triptona:

Determinación de coliformes totales:

1. Inocular en BLVB
2. Incubar a 37°C a 48 hrs.
3. Examinar la producción de gas
4. De los tubos positivos calcular el NMP de tablas.

Determinación de coliformes fecales:

1. Inocular en BLVB
2. Incubar a 44°C a 24 hrs.
3. Examinar la producción de gas
4. De los tubos positivos calcular el NMP de tablas.

Detrminación de *E. coli* presuntiva:

1. Inocular en Agua Triptona
2. Incubar a 44°C a 24 hrs.
3. Añadir 0.2 -0.3 ml de reactivo de Kovacs al tubo de agua triptona
4. Examinar la producción de indol (formación de un anillo rojo).
5. De los tubos positivos calcular el NMP de tablas.

4.2. Análisis físicos y químicos:

4.2.1. Toma y conservación de muestras

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción dematerial cuyo volúmen sea suficiente y pequeño para poder ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio. El objetivo implica que la concentración relativa de todos los componentes, deberá ser la misma en las muestras que en el material de donde procede, y que dichas muestras serán manejadas adecuadamente cuidando de no deteriorarlas o contaminarlas para que no produzcan alteraciones significativas en su composición antes de que se realicen los análisis correspondientes.

Procedimiento de la toma de muestra:

1. Abrir el grifo y dejar correr el agua durante 2 minutos aproximadamente para limpiar la tubería.
2. Enjuagar el envase (plástico) que contendrá la muestra dos o tres veces con la misma.

3. Recolectar aproximadamente 2 litros de agua .
4. Etiquetar la muestra con los siguientes datos: número de muestra, fecha, hora, y lugar de recolección.

Conservación de muestras:

La conservación total de una muestra es difícil ya que ningún método garantiza la estabilidad completa de todos sus componentes. Por ello las técnicas de conservación sólo nos ayudan a retardar los cambios químicos y biológicos que inevitablemente se producen después de la recolección.

El intervalo de temperatura entre la toma y el análisis debe ser lo más corto posible para obtener resultados más confiables.

Para reducir al máximo la volatilización o biodegradación entre el momento de hacer la toma y proceder al análisis, se debe mantener la muestra a la menor temperatura posible sin congelarla. Mientras se realiza el análisis es recomendable almacenar las muestras a 4 °C.

En la siguiente tabla se muestra el tipo de envase, los volúmenes adecuados.la forma de conservación y el tiempo de conservación recomendado para cada determinación:[1]

TABLA NO. 4.1

DETERMINACION	ENVASE	TAMAÑO MINIMO DE MUESTRA (ml).	CONSERVA-CION.	TIEMPO MÁX. DE CONSERVACIÓN RECOMENDADO/OBLIGADO. †
ACIDEZ	P, V(B)	100	REFRIGERAR	24 h/14 d
ALCALINIDAD	P,V	200	REFRIGERAR	24 h/14 d
CLORO RESIDUAL	P,V	500	ANALIZAR INMEDIATA-MENTE	0.5 h/inmediato
COLOR	P,V	500	REFRIGERAR	48 h/48 h
CONDUCTIVIDAD	P,V	500	REFRIGERAR	28 d/28d
DUREZA	P,V	100	AÑADIR HNO3 HASTA pH < 2	6 meses/6 meses
OLOR	P,V	500	ANALIZAR LO ANTES POSIBLE REFRIGERAR	6 h/ N.C.
pH	P,V	—	ANALIZAR INMEDIATA-MENTE	2 h/inmediato
SULFATO	P,V	—	REFRIGERAR	28 d/ 28d
TEMPERATURA	P,V	—	ANALIZAR INMEDIATA-MENTE.	inmediato/inmediato

Notas:
Refrigerar = conservar a 4° C, en la oscuridad. P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; N.C. = no consta en la referencia citada; inmediato = analizar inmediatamente, conservación no permitida.
† Environmental protection agency. Rules and regulations, Federal Register 49; núm 209, 26 Octubre, 1984. (Métodos estándar pág. 142-144).

4 2.2. Análisis físicos

a) Conductividad:

La conductividad se mide mediante un conductimétro (puente Wheastone) a una temperaturade referencia de 25 °C.

Procedimiento:[19]

1. Encender el conductímetro y dejar calentar durante cinco minutos.
2. Enjuagar la celda con agua destilada primero y después enjuagar con la muestra a analizar.
3. Introducir la celda en la muestra sin dejar ninguna burbuja de aire en el interior.
4. Buscar la apertura máxima de la luz regulando con el botón de ajuste grueso. Repetir la operación con el botón de ajuste fino.
5. Registrar la lectura de conductividad y la temperatura de la muestra.

b) Color:

El color se determina mediante comparación con discos especiales de cristal de color, adecuadamente calibrados. El patrón de medida de color es el de cobalto-platino, siendo la unidad de color el producido por 1 mg de platino en forma de cloroplatino. La determinación se realizó en base a la NOM-AA-17-1980.

Procedimiento:

1. Colocar la muestra de agua (libre de turbiedad) en un tubo Nessler de 50 cm^3
2. En otro tubo de comparación se agrega agua destilada, el cual sirve de referencia.
3. Colocar el disco comparador en la parte superior del equipo (ver figura), girarlo hasta buscar igualar los colores de ambos tubos y tomar la lectura del color en el disco.

c) Olor y Sabor.

Con base al sentido del gusto y del olfato.

d) pH.

La determinación se lleva a cabo mediante un potenciómetro, el cual debe estar calibrado así como el sistema de electrodos frente a una solución tampón con pH conocido para posteriromente tomar la lectura.

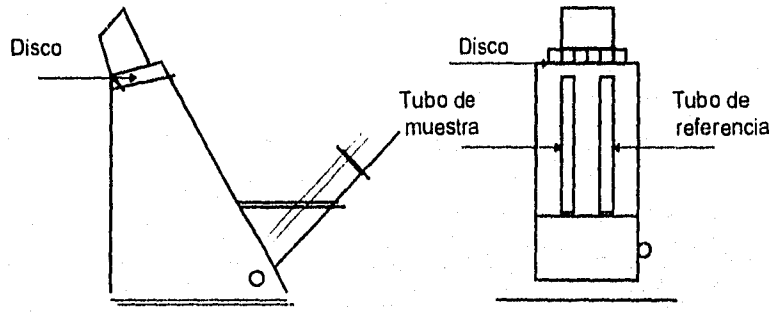


Figura 4.2 Comparador de color

4.2.3. Análisis químicos

a) Alcalinidad.

Para la determinación de la alcalinidad del agua nos basamos en el método propuesto por la NOM-AA-36-1980 (vigente); la cual establece los métodos potenciométrico y volumétrico y es aplicable a aguas naturales, residuales y superficiales que tengan una concentración de 0-500 mg/dm^3 de acidez o alcalinidad expresada como carbonato de calcio.

La alcalinidad se determinó por titulación con una solución valorada de un ácido mineral fuerte (ácido sulfúrico 0.0215 N) a los puntos sucesivos de - equivalencia del bicarbonato y el ácido carbónico mediante indicadores (anaranjado de metilo).

Fundamento de la reacción:

Los iones hidróxilo presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos reaccionan con las adiciones de ácido estándar. Por tanto, la alcalinidad depende del pH de punto final utilizado. Casi siempre entre los valores de 4.5 -4.8. Este punto final se detecta por el cambio de color del anaranjado de metilo.

El H^+ agregado es la cantidad estequiométrica que se requiere para las siguientes reacciones:

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$

$$H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3$$

$$2H^+ + CO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3$$

b) Cloro residual:

La determinación de cloro se realizó de acuerdo a la NOM-AA-100-1987 (vigente)

Fundamento de la reacción:

El agua con cloro disuelto es un sistema en equilibrio y además contiene ácido hipocloroso formado en su reacción con agua.

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HClO + H^+ + Cl^-$$

Tanto el cloruro como el ácido hipocloroso son oxidantes del ión yoduro tienen la misma equivalencia en la oxidación y en la disolución del ácido acético, ambos oxidan el yoduro.

$$Cl_2 + 2I^- \rightleftharpoons 2Cl^- + I_2$$

$$ClO^- + 2H^+ + 2I^- \rightleftharpoons Cl^- + H_2O + I_2$$

El cloro libera yodo a partir de soluciones de KI. El yodo libre se valora con solución patrón de tiosulfato con almidón como indicador a pH de 3-4, ya que la reacción no es estequiométrica a un pH neutro debido a la oxidación parcial de tiosulfato a sulfato.

$$Cl_2 + 2I^- \rightleftharpoons 2Cl^- + I_2$$

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightleftharpoons 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

c) Cloruros.

La determinación de cloruros se realizó en base a la NOM-AA-73-1981 (vigente), por el método argentométrico.

Fundamento de la reacción:

Se realiza una titulación con nitrato de plata en presencia del indicador cromato de potasio. En una solución neutra o ligeramente alcalina, el cromato potásico puede indicar el punto final de cloruros con nitrato de plata. Se precipita cloruro de plata cuantitativamente antes de formarse el cromato de plata rojo-anaranjado. El punto final en éste método está determinada por la primera formación de un precipitado rojo-anaranjado de cromato de plata que aparece cuando la precipitación de cloruro de plata es completa: el indicador es una disolución de cromato potásico.

$$Cl^- + Ag^+ \rightleftharpoons AgCl\downarrow \text{ (precipitado blanco)}$$

$$CrO_4^{2-} + 2Ag^+ \rightleftharpoons Ag_2CrO_4\downarrow \text{ (precipitado rojo-anaranjado)}$$

El cloruro de plata es menos soluble que el cromato de plata; éste último no puede formarse de forma permanente en la mezcla hasta que la precipitación del ión cloruro con forma de cloruro de plata haya reducido la concentración de ión cloruro a un valor muy pequeño.

Cualquier porción de cromato de plata que se forme temporalmente, debido a un exceso local de ion plata al ir añadiendo el reactivo valorante a la mezcla, setransforma por reacción con el cloruro de la disolución en cloruro de plata.[2]

$$AgCrO_4 + 2Cl^- \rightleftharpoons CrO_4^{2-} + 2AgCl$$

d) Dureza total.

La determinación de la dureza total se realizó en base a la NOM-AA-072-1981 (vigente), la cual establece el método de titulación con EDTA.

Fundamento de la reacción:

El EDTA forma complejos con los dos iones Ca^{2+} y Mg^{2+}, se pueden producir las siguientes reacciones en las que se forman complejos:

$$Ca^{2+} + EDTA \rightleftharpoons (EDTA\text{-}Ca) \qquad K = 10^{10.7}$$

$$Mg^{2+} + EDTA \rightleftharpoons (EDTA\text{-}Mg) \qquad K = 10^{8.7}$$

El EDTA forma complejo primordialmente con el ion metálico que produce complejo con la constante de estabilidad más alta, en este caso es (EDTA-Ca)

El ácido etilendiamino tetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman complejo de quelato soluble al añadirse a las soluciones de algunos cationes metálicos. (ver figura 4.2)

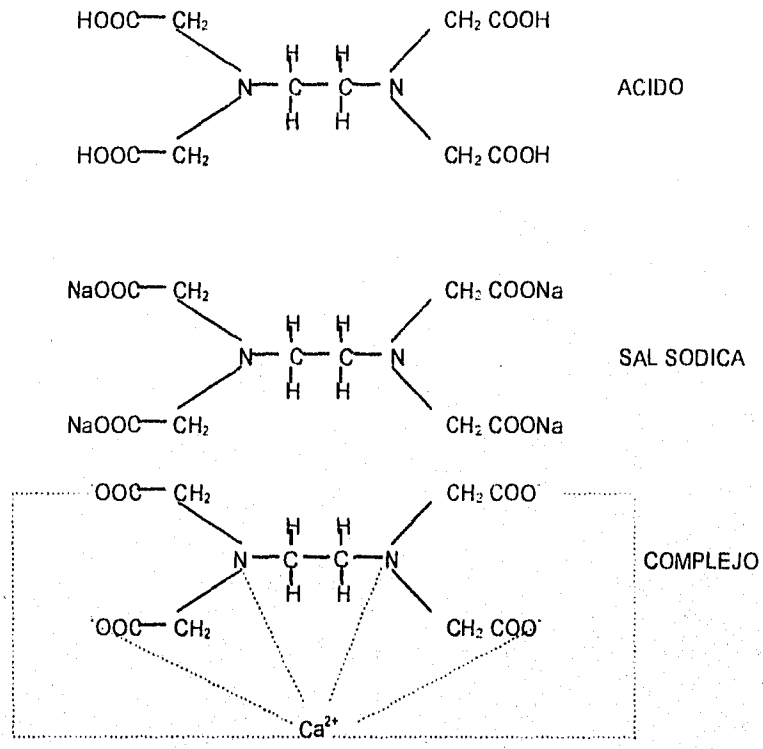


Figura 4.2

A pH 10 ± 0.1 las soluciones acuosas, que contengan iones calcio y magnesio en presencia del indicador Negro de Eriocromo T toman color rojo vino

al añadir EDTA, como reactivo de titulación. Los iones calcio y magnesio forman un complejo estable y cuando estos iones estén incluidos en dicho complejo la solución cambiará de rojo vino al azul, señalando el punto final de la titulación. Para obtener el punto final satisfactorio han de estar presentes los iones magnesio. Para asegurar esta presencia, se añade al tampón una pequeña cantidad de sal magnésica de EDTA, neutra desde el punto de vista complexométrico, de este modo se introduce automáticamente una cantidad suficiente de magnesio y evita la necesidad de una corrección de blanco.

Observaciones: Se realizaron determinaciones preeliminares para ver si el punto final de la titulación era claro o era necesario emplear inhibidores. obtenidendo como resultado un vire muy claro por lo cual no se empleo ningún tipo de inhibidor.

e) Dureza de calcio:

La determinación de la dureza de calcio se realizó en base a la NOM-072-1981 (vigente)

Fundamento de la reacción:

Cuando el EDTA o sus sales se agrega a un agua que contenga tanto calcio como magnesio, se combina en primer lugar con el calcio que se tiene presente. El calcio se puede cuantificar directamente con el EDTA. cuando el pH se hace lo suficientemente alto (12-13), para que la mayor parte de magnesio se precipite como hidróxido, así se emplea un indicador que sólo se combina con el calcio, la murexida. (purpurato de amonio o sal amónica de purpurina).

$$Ca^{2+} + Mg^{2+} + \text{Murexida} \xrightleftharpoons{\text{pH 12-13}} Mg(OH)_2\downarrow + \underset{\text{(complejo rosa)}}{\text{Ca-Murexida}}$$

$$\text{Ca-Murexida} + \text{EDTA} \rightleftharpoons \text{EDTA-Ca} + \text{Murexida}$$

(complejo estable
color púrpura
incoloro o violeta)

La titulación se lleva a cabo a pH mayor de 12, a este pH también puede precipitar el $CaCO_3$ y más tarde durante la titulación se redisolverá lentamente haciendo que el punto final se desvanezca.

f) Dureza de magnesio.

La dureza de magnesio es la diferencia de la dureza total y la dureza cálcica:

$$D_{Total} - D_{Cálcica} = D_{Magnesio}$$

g) Hierro.

Esta determinación se llevó a cabo como se indica en el siguiente procedimiento.[1] Para la determinación de concentraciones se realizó una curva patrón (ver figura 4.3).

1. Agitar la muestra y medir volumétricamente 50 ml.
2. Transferir a un matraz de 125 ml, adicionar 2 gotas de ácido súlfurico concentrado y un mil de clorhidrato de hidroxilamina.
3. Calentar a ebullición hasta obtener 15-20 ml. Enfriar a temperatura ambiente.
4. Adicionar 5 ml de 1,10-fenantrolina y 8 ml de acetato de sodio.
5. Diluir a 50 ml con agua, agitar y reposar de 10 a 15 minutos para el desarrollo máximo de color.

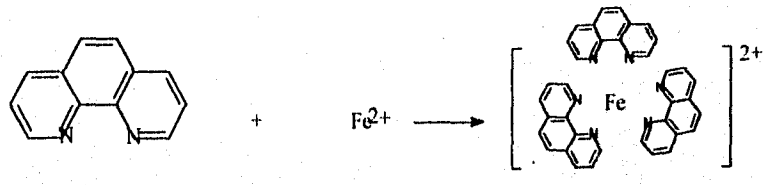
Fundamento de la reacción:

El hierro se disuelve y reduce al estado ferroso, por ebullición con ácido e hidroxilamina.

$$4\,Fe^{3+} + H^{+} + 2NH_2OH \rightleftharpoons 4Fe^{2+} + N_2O + H_2O + 4H^{+}$$

Haciendose reaccionar posteriormente con 1,10 Fenantrolina a un pH de 3.2 a 3.3.

El hierro ferroso forma con rapidez complejos coloreados al reaccionar con el agente quelante 1,10 ortofenantrolina, el cual tiene dos átomos de nitrógeno adyacentes que forman enlaces de coordinación con el Fe^{2+}. El nitrógeno puede tener un par de electrones libres (base de Lewis) que pueden ser rápidamente compartidos con el catión metálico que es un ácido de Lewis.



1,10-Fenantrolina

Complejo rojo-naranja

Figura 4.4

El Fe^{2+} tiene un número de coordinación de seis para éste tipo de reacción, lo que significa que puede aceptar seis pares de electrones del agente quelante.

h) Sulfatos.

El método empleado es el método turbidimétrico, basado en la NOM-AA-74-1981(vigente).

Fundamento de la reacción:

El ion sulfato precipita en un medio de ácido acético con $BaCl_2$ de modo que forma cristales de $BaSO_4$ de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia luminosa de la suspensión de $BaSO_4$ con un espectrofotómetro y se determina la concentración de ion sulfato por la comparación de la lectura con una curva patrón. (ver figura 4.5.).

$$SO_4^{2-} + BaCl_2 \rightleftharpoons BaSO_{4\downarrow} + 2Cl^-$$

Figura 4.3

Curva de calibración de Hierro

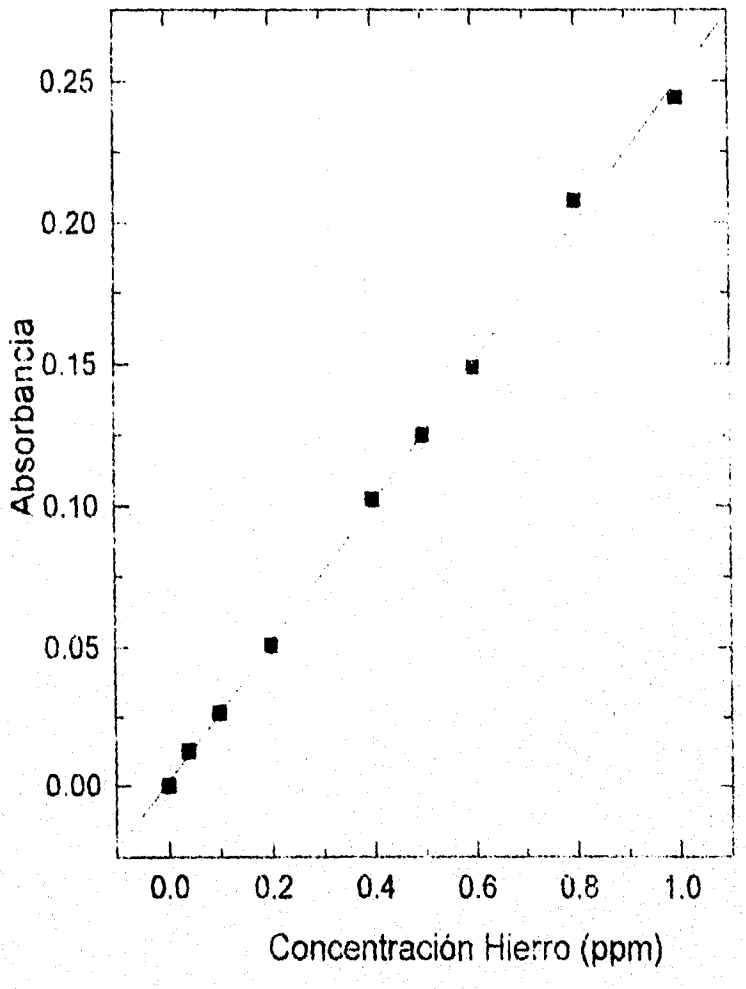
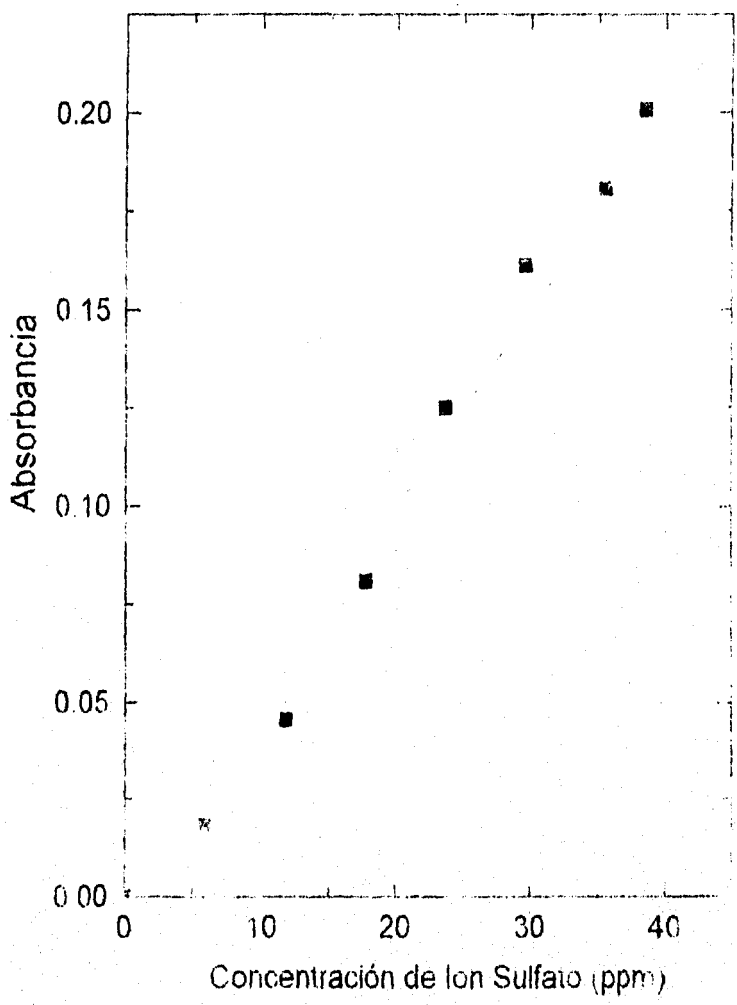


Figura 4.5

Curva de calibración del Ion Sulfato



V. RESULTADOS

5.1. Pozo No. 1.

a) Análisis microbiológicos:

No se encontraron coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* presuntiva en las muestras de agua tomadas.

b) Parámetros físicos:

Color: Para el pozo y los depósitos, se obtuvo un valor de: 0 en la escala de cobalto-platino en forma de cloroplatino.

Olor: El olor fue característico a cloro en todas las muestras.

Sabor: En todas las muestras fue ligeramente a cloro.

Tabla 5.1 CONDUCTIVIDAD (mhos/cm)

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No.1	363.90	387.40	387.40	372.50	390.00	390.00	380.00	380.00	395.00
D1	363.90	387.40	377.20	372.50	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00
D2	363.90	387.40	387.40	372.50	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00
D3	374.30	387.40	387.40	378.42	390.00	390.00	390.00	390.00	395.00
D4	374.30	387.40	377.20	372.50	390.00	390.00	390.00	390.00	370.00
D5	384.70	387.40	377.20	363.26	380.00	360.00	390.00	390.00	390.00

TAbla 5.2 pH

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No.1	6.5	6.6	6.6	6.5	6.7	6.5	6.6	6.6	6.7
D1	6.5	6.7	6.7	6.6	6.7	6.6	6.7	6.5	6.6
D2	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.5	6.7	6.7	6.5
D3	6.5	6.5	6.6	6.6	6.5	6.4	6.7	6.4	6.5
D4	6.5	6.5	6.6	6.5	6.7	6.5	6.8	6.5	6.4
D5	6.5	6.5	6.6	6.5	6.4	6.6	6.6	6.5	6.6

c) Parámetros químicos:

Tabla 5.3 ALCALINIDAD Concentración en ppm
Expresada como $CaCO_3$

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO. MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 1	191.35	184.9	184.9	187.5	187.5	182.75	182.75	189.2	189.2
D1	195.65	176.3	191.35	187.5	187.5	189.2	182.75	184.9	191.35
D2	197.8	182.75	191.35	184.9	184.9	184.9	182.75	195.65	187.05
D3	193.5	189.2	187.5	189.2	191.35	182.75	182.75	191.65	189.2
D4	195.65	189.2	184.9	187.5	189.2	184.9	182.75	191.35	191.35
D5	193.5	187.5	191.35	191.35	189.2	182.75	184.9	187.05	184.9

Tabla 5.4 CLORO RESIDUAL
Concentración en ppm

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 1	1.5172	0.7586	1.5173	0.7586	2.6552	0.7586	1.1379	1.5173	0.7586
D1	2.2759	0.7586	1.1379	1.8966	1.8966	1.1379	0.7586	1.1379	0.3793
D2	1.5726	0.3793	1.8966	1.1379	1.1379	1.1379	0.7586	0.7586	1.1379
D3	1.1379	0.7586	1.8966	0.7586	1.1379	1.1379	1.1379	1.1379	1.1379
D4	2.2759	0.7586	1.8966	0.7586	1.1379	0.7586	1.8966	1.5173	1.1379
D5	2.2759	0.3793	1.1379	0.7586	1.1379	1.1379	0.7586	0.7586	1.1379

Tabla 5.5 CLORUROS
Concentración en ppm

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 1	5.6434	4.0310	5.6434	4.0310	4.0310	4.8372	3.2248	4.0310	3.2243
D1	7.2558	5.6434	4.8372	4.8372	5.6434	4.8372	3.2248	4.0310	4.8372
D2	5.6434	4.8372	6.4496	5.6434	4.8372	5.6434	4.0310	4.0310	3.2243
D3	6.4496	6.4496	6.4496	6.4496	5.6434	4.8372	2.4186	4.8372	4.0310
D4	5.6434	5.6496	6.4496	6.4496	4.8372	5.6434	3.2248	4.8372	4.0310
D5	5.6434	4.8372	4.8372	6.4496	4.8372	4.0310	3.2248	4.0310	4.0310

Tabla 5.6 DUREZA TOTAL
Concentración en ppm, expresada como $CaCO_3$

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 1	141.1764	145.0980	141.1765	137.2549	137.2549	137.2549	137.2549	141.1765	137.2549
D1	149.0196	145.098	137.2549	141.1765	137.2549	137.2549	141.1765	149.0196	137.2549
D2	149.0196	137.2549	141.1765	137.2549	149.0196	141.1765	137.2549	137.2549	141.1765
D3	156.8627	141.1765	137.2549	137.2549	149.0196	137.2549	141.1765	141.1765	145.0980
D4	146.0196	141.1765	137.2549	137.2549	137.2549	137.2549	141.1765	141.1765	137.2549
D5	152.9411	141.1765	137.2549	137.2549	137.2549	137.2549	137.2549	141.1765	137.2549

Tabla 5.7 DUREZA CALCICA
Concentración en ppm, expresada como $CaCO_3$

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 1	70.5883	47.0588	50.9804	78.4314	58.8235	58.8235	58.8235	70.5882	58.8235
D1	58.8235	47.5808	58.8235	70.5882	62.7450	58.8235	58.8235	43.1372	58.8235
D2	74.5098	58.8235	70.5882	58.8235	43.1372	50.9803	58.8235	58.8235	50.9803
D3	50.9804	70.5882	78.4314	58.8235	43.1372	58.8235	70.5882	70.5882	62.7450
D4	58.8235	70.5882	78.4314	58.8235	62.7450	58.8235	50.9804	50.9803	58.8235
D5	54.9019	50.9804	47.0588	78.4314	47.0588	58.8235	58.8235	50.9803	58.8235

Tabla 5.8 DUREZA DE MAGNESIO
Concentración en ppm, expresada como $CaCO_3$

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No.1	70.5883	98.0392	90.1961	58.8235	78.4314	78.4314	78.4314	70.5883	78.4314
D1	90.1961	98.0392	78.4314	70.5883	74.5099	78.4314	82.353	105.8824	78.4314
D2	74.5098	78.4314	70.5883	78.4314	105.8824	90.1961	78.4314	78.4314	90.1961
D3	105.8823	70.5883	58.8235	78.4314	105.8824	78.4314	70.5883	70.5883	82.353
D4	90.1961	70.5883	58.8235	78.4314	74.5099	78.4314	90.1961	90.1961	78.4314
D5	98.0393	90.1961	90.1961	58.8235	90.1961	78.4314	78.4314	90.1964	78.4314

Tabla 5.9 HIERRO
Concentración en ppm

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No.1	0.0095	0.0095	0.0273	0.0095	0.0095	0.0273	0.0635	0.0273	0.0273
D1	0.0273	0.0095	0.0273	0.0273	0.0273	0.0095	0.0635	0.0453	0.0273
D2	0.0273	0.0273	0.0273	0.0453	0.0095	0.0273	0.0453	0.0453	0.0095
D3	0.0273	0.0273	0.0095	0.0273	0.0273	0.0095	0.0453	0.0273	0.0635
D4	0.0273	0.0273	0.0095	0.0273	0.0273	0.0095	0.635	0.0273	0.0635
D5	0.0273	0.0095	0.0095	0.453	0.0095	0.0095	0.635	0.0273	0.0453

Tabla 5.10 ION SULFATO
Concentración en ppm

FECHA	11/07/94	14/07/94	18/07/94	21/07/94	25/07/94	28/07/94	1/08/94	4/08/94	8/08/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No.1	5.0505	5.8807	5.8807	5.8807	5.8807	6.7198	6.7198	5.8807	5.8807
D1	5.8807	6.7198	5.8807	5.0505	6.7198	7.5679	7.5679	6.7198	8.4251
D2	5.8807	7.5679	7.5679	5.8807	6.7198	6.7198	5.8807	7.5679	8.4251
D3	6.7198	7.5679	8.4251	7.5679	7.5679	8.4251	7.5679	7.5679	7.5679
D4	5.0505	8.4251	6.7198	8.4251	8.4251	8.4251	8.4251	7.5679	6.7198
D5	5.8807	6.7198	5.8807	7.5679	7.5679	7.5679	6.7198	6.7198	7.5679

5.2. Pozo No. 2

a) Análisis microbiológicos:

No se encontraron coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* presuntiva en las muestras de agua tomadas.

b) Parámetros físicos:

Color: Para el pozo y los depósitos, se obtuvo un valor de: 0 en la escala de cobalto-platino en forma de cloroplatino.

Olor: El olor fue característico a cloro en todas las muestras.

Sabor: En todas las muestras fue ligeramente a cloro.

Tabla 5.11 CONDUCTIVIDAD (mhos/cm)

FECHA	05/09/94	08/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	03/10/94
DEPOSITO /MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	445.53	447.08	436.68	447.08	454.74	438.37	447.078	470.00	415.89
C1	445.53	457.475	436.68	457.47	454.74	438.37	436.68	470.00	415.89
C2	445.53	457.475	447.07	457.47	433.08	457.47	436.68	470.00	436.68
C3	445.53	467.87	436.68	457.47	442.23	436.68	424.31	470.00	426.28
C4	456.14	467.87	436.68	467.87	445.53	436.68	445.53	470.00	426.28
C5	477.35	447.08	447.08	467.87	443.91	447.07	456.14	470.00	415.89

tabla 5.12 pH

FECHA	05/09/94	07/09/94	09/09/94	12/09/94	14/09/94	16/09/94	19/09/94	2109/94	2309/94
DEPOSITO /MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	7.0	7.0	6.7	7.0	7.1	6.9	7.0	7.0	7.0
C1	7.0	6.9	6.8	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.2
C2	7.2	7.0	6.8	7.2	7.2	7.0	7.0	6.9	6.9
C3	7.0	7.0	7.0	7.2	7.2	7.0	7.2	7.2	6.9
C4	6.9	6.9	6.9	7.1	7.1	6.8	6.8	7.0	7.0
C5	6.9	6.9	6.9	7.0	7.1	6.9	6.9	7.0	7.0

c) Parámetros químicos:

Tabla 5.13 ALCALINIDAD POZO No. 2
Concentración en ppm, Expresada como $CaCO_3$

FECHA	5/09/94	8/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	3/10/94
DEPOSITO /MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	232.2	232.2	225.75	232.2	234.35	230.05	232.2	232.2	232.2
C1	232.2	230.05	227.9	232.2	232.2	232.2	232.2	232.2	236.5
C2	236.5	232.2	227.9	236.5	236.5	232.2	232.2	230.05	230.05
C3	232.2	227.9	232.2	236.5	236.5	232.2	236.5	236.5	230.05
C4	230.05	232.2	230.05	234.35	234.35	227.9	227.9	232.2	232.2
C5	230.05	234.35	230.05	232.2	234.35	230.05	230.05	232.2	232.2

Tabla 5.14 CLORO RESIDUAL
Concentración en ppm

FECHA	5/09/94	8/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	3/10/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	1.5173	1.1379	1.8966	1.8966	1.1379	1.5173	1.5173	1.1379	1.8966
C1	1.5173	1.1379	1.5173	1.1379	1.1379	1.1379	1.5173	1.1379	0.7586
C2	1.5173	1.1379	1.8173	1.5173	1.5173	1.1379	1.5173	1.1379	1.8966
C3	1.5173	1.1379	1.1379	1.5173	1.1379	1.1379	1.5173	1.1379	1.8966
C4	1.5173	1.1379	1.1379	1.8966	1.1379	1.1379	1.1379	1.1379	1.1379
C5	1.5173	1.1379	1.1379	1.8966	0.7586	1.1379	1.1379	1.1379	1.8966

Tabla 5.15 CLORUROS
Concentración expresada en ppm

FECHA	5/09/94	8/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	3/09/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	6.4496	4.8372	4.8372	4.8372	4.8372	4.8372	4.8372	4.8372	6.4496
C1	6.4496	4.8372	4.8372	5.6434	5.6434	6.4496	4.8372	4.8372	6.4496
C2	6.4496	5.6434	4.8372	4.8372	4.8372	6.4496	4.8372	6.4496	5.6434
C3	6.4496	6.4496	5.6434	6.4496	5.6434	6.4496	4.8372	4.8372	6.4496
C4	6.4496	5.6434	4.8372	6.4496	4.8372	4.8372	4.8372	4.8372	5.6434
C5	6.4496	5.6434	4.8372	6.4496	4.0310	4.8372	4.8372	4.0310	5.6434

Tabla 5.16 DUREZA TOTAL
Concentración en ppm. Expresada como $CaCO_3$

FECHA	05/09/94	08/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	03/10/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	160.7843	156.8627	160.7843	164.7058	160.7843	160.7843	160.7843	164.7058	156.8627
C1	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843
C2	160.7843	160.7843	164.7058	164.7058	160.7843	160.7843	160.7843	156.8627	160.7843
C3	164.7058	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843
C4	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	164.7058	156.8627	160.7843
C5	164.7058	160.7843	156.8627	160.7843	160.7843	160.7843	160.7843	164.7058	160.7843

Tabla 5.17 DUREZA CALCICA
Concentración en ppm. Expresada como $CaCO_3$

FECHA	05/09/94	08/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	03/10/94
DEPOSITO/ MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	70.5882	78.4313	74.5098	74.5098	74.5098	70.5882	74.5098	74.5098	74.5098
C1	70.5882	70.5882	74.5098	70.5882	70.5882	70.5882	74.5098	70.5882	74.5098
C2	70.5882	70.5882	78.4313	78.4313	74.5048	70.5882	70.5882	74.5098	78.4313
C3	74.5098	70.5882	70.5882	74.5098	70.5882	70.5882	74.5098	74.5098	78.4313
C4	70.5882	70.5882	74.5098	74.5098	70.5882	70.5882	78.4313	70.5882	74.5098
C5	78.4313	74.5098	78.4313	70.5882	70.5882	70.5882	78.4313	74.5098	78.4313

Tabla 5.18 DUREZA DE Mg
Concentración en ppm. Expresada como $CaCO_3$

FECHA	05/09/94	07/09/94	09/09/94	12/09/94	14/09/94	16/09/94	19/09/94	2109/94	2309/94
DEPOSITO /MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	90.1961	78.4313	86.2745	90.1961	74.5098	70.5882	74.5098	74.5098	82.3529
C1	90.1961	90.1961	86.2745	90.1961	70.5882	70.5882	74.5098	70.5882	86.2745
C2	90.1961	90.1961	86.2745	86.2745	74.5048	70.5882	70.5882	74.5098	82.3529
C3	90.1961	90.1961	90.1961	86.2745	70.5882	70.5882	74.5098	74.5098	82.3529
C4	90.1961	90.1961	86.2745	86.2745	70.5882	70.5882	78.4314	70.5882	86.2745
C5	86.2745	86.2745	78.4313	86.2745	70.5882	70.5882	78.4314	74.5098	82.3529

Tabla 5.19 HIERRO
Concentración en ppm

FECHA	05/09/94	08/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	03/10/94
DEPOSITO /MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No. 2	0.0635	0.0453	0.0635	0.0635	0.0453	0.0273	0.0635	0.0453	0.0635
C1	0.0453	0.0273	0.0273	0.0453	0.0095	0.0273	0.0273	0.0635	0.0095
C2	0.0453	0.0453	0.0453	0.0453	0.0635	0.0273	0.0273	0.0635	0.0635
C3	0.0453	0.0273	0.0273	0.0453	0.0273	0.0273	0.0453	0.0453	0.0273
C4	0.0273	0.0273	0.0453	0.0095	0.0453	0.0453	0.0453	0.0273	0.0273
C5	0.0273	0.0095	0.0453	0.0095	0.0453	0.0273	0.0273	0.0273	0.0635

Tabla 5.20 ION SULFATO
Concentración en ppm

FECHA	5/09/94	8/09/94	12/09/94	15/09/94	19/09/94	22/09/94	26/09/94	29/09/94	3/09/94
DEPOSITO /MTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pozo No.2	9.2947	11.05359	9.2917	9.2917	15.6382	11.0536	8.4251	5.0505	10.1677
C1	8.4251	11.95021	10.1677	5.0505	8.4251	11.0536	8.4251	6.7198	9.2917
C2	10.1672	8.4251	8.4251	5.0505	13.7725	10.1677	10.1677	7.5679	8.4251
C3	8.4251	5.8807	7.5679	7.5679	14.6999	9.2917	7.5679	7.5679	8.4251
C4	9.2917	7.5679	11.0536	9.2917	12.8558	8.4251	8.4251	8.4251	8.4251
C5	7.5679	9.2917	11.0536	8.4251	13.7725	7.5679	7.5679	5.8807	8.4251

VI. ANALISIS DE RESULTADOS.

6.1. Tratamiento de datos e interpretación.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un tratamiento estadístico por análisis de varianza y comparación de medias (prueba de Tukey pruebas a posteriori).

a) Para el primer estudio (pozo No.1) se empleo un diseño completamente al azar de comparación de medias independientes.

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo de cuando un grupo de datos no presenta diferencia entre sus medias:

Cuadro 1

Procedimiento del análisis de Varianza
Información del nivel de clase

Clases	Niveles	Valores
DEP	6	1 2 3 4 5 6
REP	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Número de observaciones en el grupo de datos = 54
Variable dependiente: Y= CLORUROS

Fuente de variación	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	5	6.02169219	1.20433844	1.01	0.4248
Error	48	57.49466142	1.19780545		
Total	53	63.51635361			

R-Cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de Y
0.094805	22.349440	1.0944430	4.89695926

Prueba del rango estudentidizado de Tukey (HSD) para la variable: Y
$\alpha = 0.05$ gl= 48 CME= 1.197805
Valor crítico del rango estudentidizado= 4.197
Diferencia mínima significativa= 1.5312

Agrupación deTukey	Media	N	DEP
A	5.285	9	4
A	5.196	9	5
A	5.016	9	2
A	4.927	9	3
A	4.658	9	6
A	4.300	9	1

El ejemplo anterior se resume en la siguiente tabla:

Tabla 6.1

Variable: Cloruros	No. de depósitos: 6	Repeticiones: 9	Fc: 1.01	Pr > Fc: 0.4248	DMS: 1.5312
PRUEBA DE TUKEY					
COMPARACION		DIFERENCIA		SIGNIFICANCIA	
D4 - D5		0.089		ns	
D4 - D2		0.269		ns	
D4 - D3		0.358		ns	
D4 - D6		0.627		ns	
D4 - D1		0.985		ns	
D5 - D2		0.18		ns	
D5 - D3		0.269		ns	
D5 -D6		0.538		ns	
D5 - D1		0.896		ns	
D2 - D3		0.089		ns	
D2 - D6		0.358		ns	
D2 - D1		0.716		ns	
D3 - D6		0.269		ns	
D3 - D1		0.627		ns	
D6 - D1		0.358		ns	

El cuadro número 2 muestra un ejemplo de cuando las medias presentan diferencia significativa:

Cuadro 2

Procedimiento del análisis de varianza
Información del nivel de clase

Clases	Niveles	Valores
DEP	6	1 2 3 4 5 6
REP	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Número de observaciones en el grupo de datos = 54
Variable dependiente: Y= ION SULFATO

Fuente de variación	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	5	17.1467945	3.42935892	4.71	0.0014
Error	48	34.9166987	0.7274312		
Total	53	52.06349329			

R-Cuadrada	C.V.	Raiz CME	Media de Y
0.329344	12.253279	62 0.8528	6.96056111

Prueba de Rango estudentidizado de Tukey (HSD) para la variable: Y
α = 0.05 gl= 48 CME= .7274312
Valor crítico del rango estudentidizado= 4.197
Diferencia mínima significativa= 1.1933

Agrupación de Tukey		Media	N	DEP
	A	7.664	9	4
	A	7.576	9	5
B	A	6.912	9	3
B	A	6.910	9	6
B	A	6.726	9	2
B		5.975	9	1

Lo anterior se resume a continuación:

Tabla 6.2

Variable: Ion sulfato	No. de depósitos: 6	Repeticiones: 9	F: 4.71	Pr > F: 0.0014	DMS: 1.1933

PRUEBA DE TUKEY

COMPARACION	DIFERENCIA	SIGNIFICANCIA
D4 - D5	0.88	ns
D4 - D3	0.752	ns
D4 - D6	0.754	ns
D4 - D2	0.938	ns
D4 - D1	1.689	*
D5 - D3	0.664	ns
D5 - D6	0.666	ns
D5 - D2	0.85	ns
D5 - D1	1.601	*
D3 - D6	0.002	ns
D3 - D2	0.186	ns
D3 - D1	0.937	ns
D6 - D2	0.184	ns
D6 - D1	0.935	ns
D2 - D1	0.751	ns

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados del análisis estadístico de las variables experimentales para el pozo No. 1, con el próposito de una mejor visualización de los resultados.

TABLA 6.3. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO DE LAS VARIABLES EXPERIMENTALES PARA EL POZO No. 1

Variable	No. de depósitos	Repeticiones	F	Pr > F	Significancia	DMS
Conductividad	6	9	0.50	0.7720	ns	13.273
pH	6	9	1.45	0.2224	ns	0.12808
Alcalinidad total	6	9	0.27	0.9295	ns	6.3663
Cloro	6	9	0.41	0.8383	ns	0.74667
Cloruros	6	9	1.01	0.4248	ns	1.5312
Dureza total	6	9	0.77	0.5771	ns	6.6392
Dureza de magnesio	6	9	0.41	0.8378	ns	16.969
Dureza calcica	6	9	0.77	0.5760	ns	13.14
Hierro	6	9	0.22	0.9525	ns	0.02457
Ion sulfato	8	9	4.71	0.0014	*	1.1933

b) Para el segundo estudio (pozo No.2) se empleo un diseño completamente al azar de comparación de medias independientes. En los siguientes cuadros se muestran dos ejemplos de los resultados del análisis.
El cuadro número 3 muestra cuando un grupo de datos no presenta diferencia entre sus medias, y el cuadro número 4 muestra cuando las medias presentan diferencia significativa.

Cuadro 3

Procedimiento del análisis de varianza
Información de los niveles de clase

Clases	Niveles	Valores
DEP	2	1 2
REP	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Número de observaciones in el grupo de datos = 18
Variable dependiente: Y= ION SULFATO

Fuente de variación	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	1	5.2898118	5.28981180	0.86	0.3674
Error	16	98.36817844	6.14801115		
Total	17	103.65799025			

R-Cuadrada	C.V.	Raíz del CME	Media de Y
0.051031	26.444200	2.4795183	9.37641667

Prueba del rango estudentidizado de Tukey (HSD) para la variable: Y
α = 0.05 gl = 16 CME= 6.148011
Valor crítico del rango estudentidizado= 2.998
Diferencia mínima significativa = 2.4779

Agrupación de Tukey	Media	N	DEP
A	9.919	9	1
A	8.834	9	2

Lo anterior puede resumirse como sigue:

Tabla 6.4

Variable: ION SULFATO				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	0.86	0.3674	2.4779	ns

Cuadro 4

Procedimiento de análisis de varianza
información del nivel de clase

Clases	Niveles	Valores
DEP	2	1 2
REP	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Número de observaciones en el grupo de datos = 18
Variable dependiente: Y= CLORO

Fuente de variación	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	1	0.39173051	0.39173051	4.56	0.0486
Error	16	1.37514798	0.08594675		
Total	17	1.76687848			

R-Cuadrada	C.V.	Raiz del CME	Media de Y
0.221708	21.403026	0.29316676	1.36974444

Prueba del rango estudentidizado de Tukey (HSD) para la variable: Y
Alfa= 0.05 gl= 16 CME= .0859467
Valor crítico del rango estudentidizado= 2.998
Diferencia mínima significativa= .29298

Agrupación de Tukey	Media	N	DEP
A	1.517	9	1
B	1.222	9	2

El cuadro anterior puede resumirse como sigue:

Tabla 6.5

Variable: CLORO				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	4.56	0.0486	0.29298	*

A continuación se presentan las tablas de resumen de resultados del análisis estadístico de las variables experimentales para el pozo No. 2, con el próposito de una mejor visualización de los resultados.

TABLAS DE RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO DE LAS VARIABLES EXPERIMENTALES PARA EL POZO No. 2

Tabla 6.6

Variable: CONDUCTIVIDAD				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	0.03	0.8749	15.294	ns
2	0.46	0.5060	13.505	ns
3	0.00	0.9456	15.644	ns
4	0.60	0.4500	15.251	ns
5	0.90	0.3560	16.59	ns

Tabla 6.7

Variable: pH				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	0.19	0.6702	0.10858	ns
2	0.81	0.3825	0.13115	ns
3	4.12	0.0592	0.116	ns
4	0.18	0.6806	0.11235	ns
5	0.06	0.8058	0.09422	ns

Tabla 6.8

Variable: ALCALINIDAD TOTAL				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	0.19	0.6702	2.3346	ns
2	0.81	0.3825	2.8197	ns
3	2.02	0.1749	2.6536	ns
4	0.04	0.8366	2.4156	ns
5	0.06	0.8141	2.1186	ns

Tabla 6.9

Variable: CLORO				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	4.56	0.0486	0.29298	*
2	0.12	0.7292	0.30658	ns
3	1.39	0.2554	0.30303	ns
4	3.20	0.0926	0.29972	ns
5	1.56	0.2293	0.35743	ns

Tabla 6.10

Variable: CLORUROS				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	1.08	0.3131	0.72934	ns
2	1.08	0.3131	0.72934	ns
3	4.65	0.0465	0.70418	*
4	0.29	0.5971	0.70418	ns
5	0.00	1.0000	0.8168	ns

Tabla 6.11

Variable: DUREZA TOTAL				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	0.00	1.0000	1.9595	ns
2	0.13	0.7241	2.5716	ns
3	0.15	0.6993	2.1712	ns
4	0.00	0.9998	2.3999	ns
5	0.47	0.5024	2.6931	ns

Tabla 6.12

Variable: DUREZA DE CALCIO				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	4.46	0.0507	2.1574	ns
2	0.00	9997	3.0636	ns
3	0.52	0.4829	2.5716	ns
4	1.13	0.3046	2.6127	ns
5	0.36	0.5550	3.0637	ns

Tabla 6.13

Variable: DUREZA DE MAGNESIO				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	0.05	0.8272	8.3265	ns
2	0.01	0.9065	7.7423	ns
3	0.05	0.8197	7.9731	ns
4	0.05	0.6197	7.9731	ns
5	0.07	0.7927	6.9126	ns

Tabla 6.14

Variable: HIERRO				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	9.13	0.0081	0.01546	**
2	0.88	0.3623	0.01366	ns
3	11.20	0.0041	0.01147	**
4	10.86	0.0046	0.01292	**
5	9.13	0.0081	0.01546	**

Tabla 6.15

Variable: ION SULFATO				
CASA	Valor de Fc	Pr > Fc	DMS	Significancia
1	0.86	0.3674	2.4779	ns
2	0.42	0.5269	2.5934	ns
3	1.20	0.2901	2.6422	ns
4	0.32	0.5795	2.2931	ns
5	0.79	0.3865	2.5704	ns

6.2 Gráficos e interpretación.

En los gráficos de los resultados obtenidos tanto para la red de distribución del pozo No.1 como para la red de distribución del pozo No. 2 se observa que todos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos estudiados se encuentran dentro de las especificaciones, a excepción del cloro residual que esta por encima de los límites establecidos en ambas redes de distribución.

En estos gráficos se observa que las variaciones son constantes y no hay una diferencia muy grande entre los valores promedio de los parámetros análizados del pozo No. 1 y los depósitos comparados a excepción del ión sulfato que presenta diferencias entre los depósitos 1 y 4 y 1 y 5. Así mismo, se observan las variaciones constantes entre el pozo No. 2 y las casas comparadas con éste, a excepción del cloro que presenta diferencia significativa entre el pozo No. 2 y la casa No. 1.

Tabla 6.16 Comparación de valores promedio encontrados para la red de distribución de los pozos No. 1 Y No. 2 con los valores establecidos por la S.S.A. de las variables analizadas.

Variable	*Valores promedio para la red del pozo No. 1*	*Valores promedio para la red del pozo No. 2*	*Valores establecidos por la S.S.A.*
Color	0 u	0 u	0 - 20 u
Olor	A cloro	A cloro	Característico
Sabor	Ligeramente a cloro	Ligeramente a cloro	Característico
Conductividad	383.4237 mhos/cm	447.8700 mhos/cm	50 - 1500mhos/cm
pH	6.6	7.4	6.5 - 8.9
Alcalinidad total	187.8148 ppm	232.0600 ppm	400 ppm
Cloro residual	1.1951 ppm	1.3486 ppm	0.2 ppm 1.0 ppm en agua sobre clorada
Cloruros	4.8969 ppm	5.4642 ppm	250 ppm
Dureza total	140.7578 ppm	161.1468 ppm	300 ppm
Dureza de calcio	59.3743 ppm	73.4930 ppm	300 ppm
Dureza de magnesio	81.3835 ppm	87.6538 ppm	300 ppm
Hierro	0.0284 ppm	0.03868 ppm	0.30 ppm
ion sulfato	6.9605 ppm	9.0972 ppm	250 ppm
Coliformes totales	0	0	2 organismos/100 ml
Coliformes fecales	0	0	0 organismos

Gráfico 6.1 Conductividad

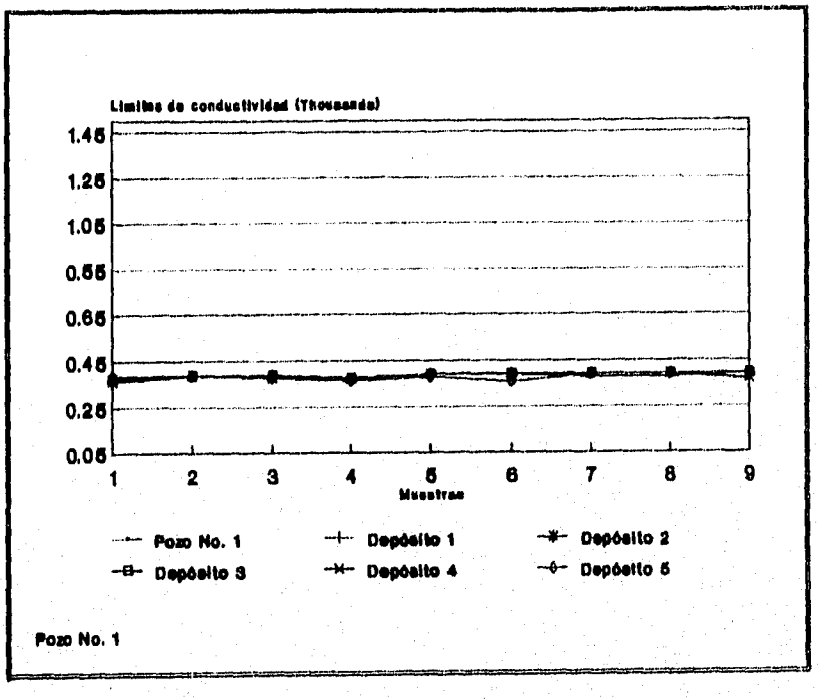


Gráfico 6.2 pH

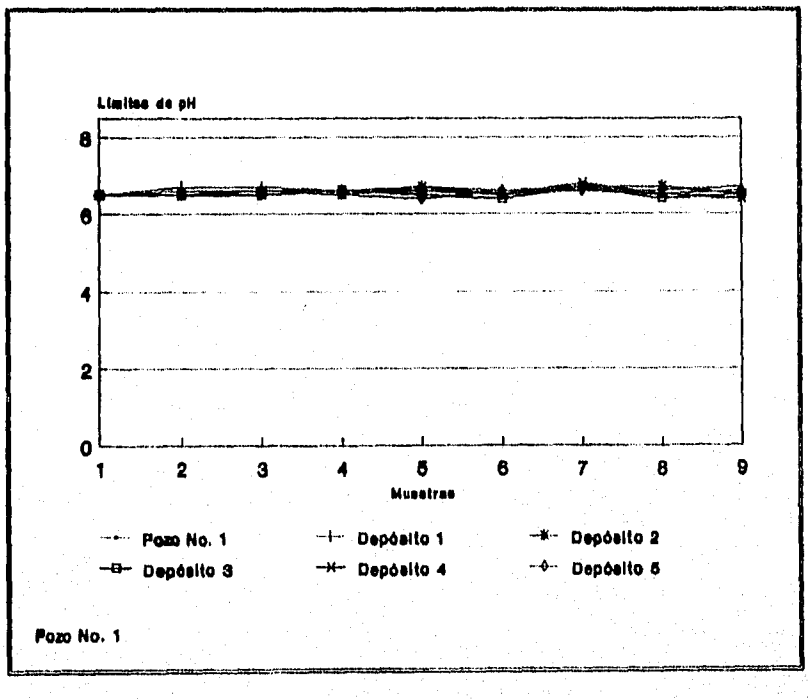


Gráfico 6.3 Alcalinidad Total

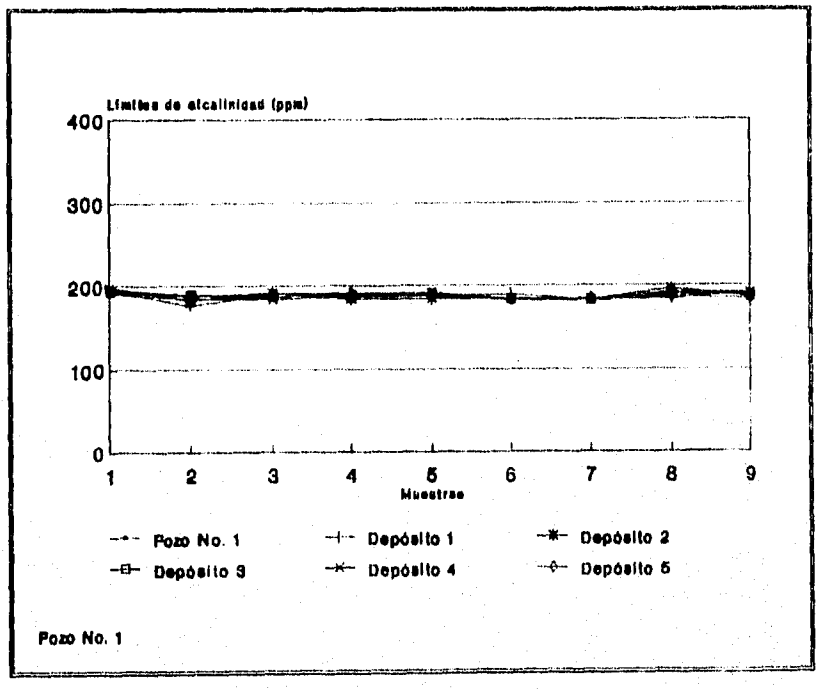


Gráfico 6.4 Cloro residual

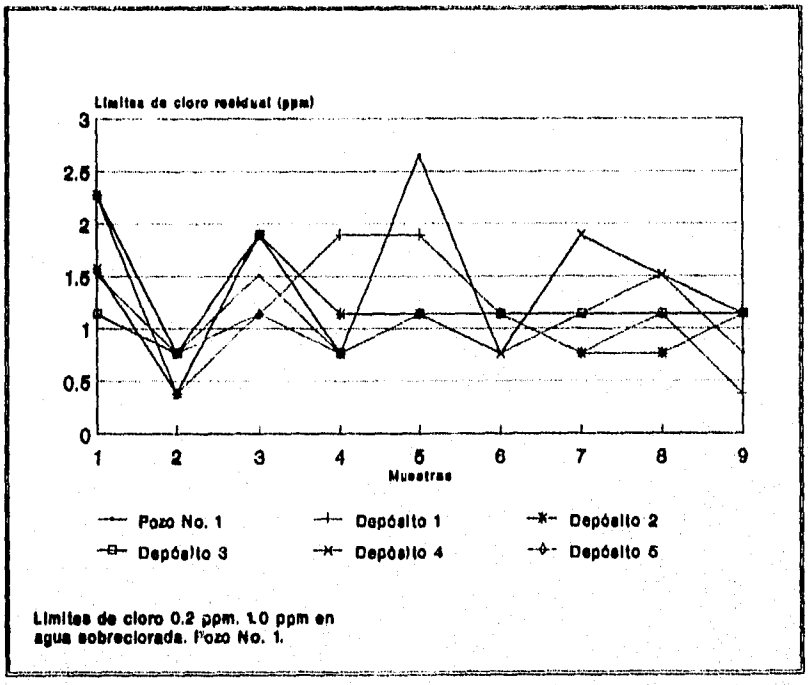


Gráfico 6.5 Cloruros

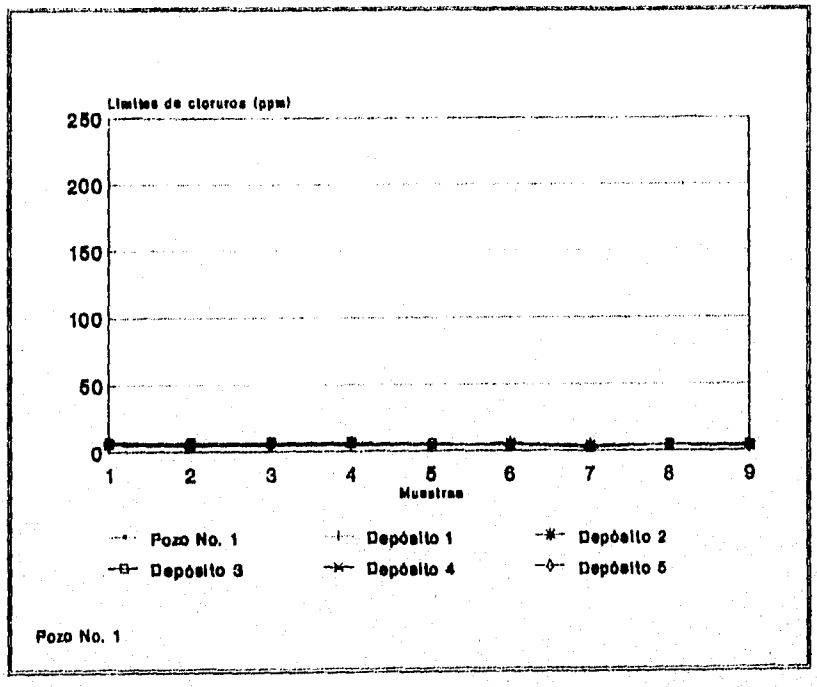


Gráfico 6.6 Dureza Total

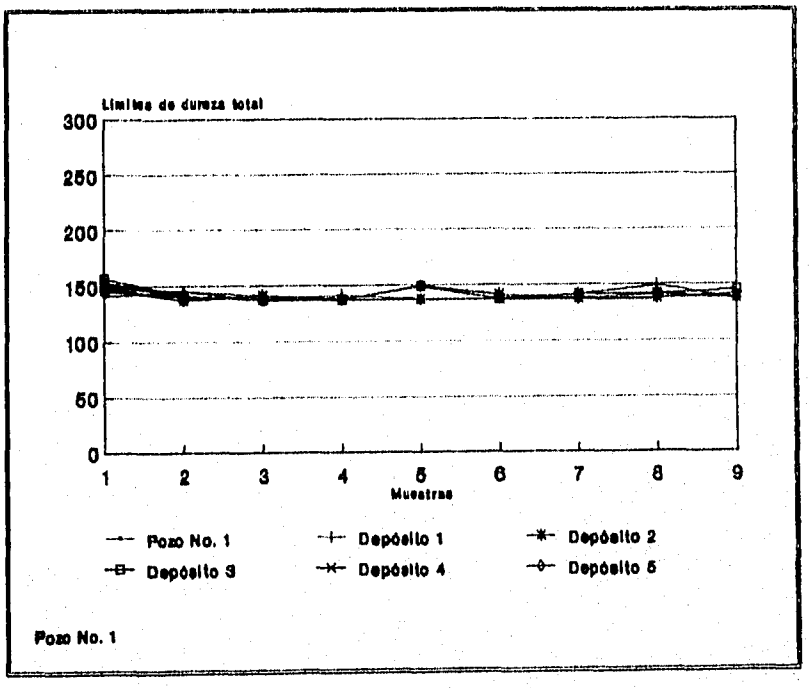


Gráfico 6.7 Dureza Cálcica

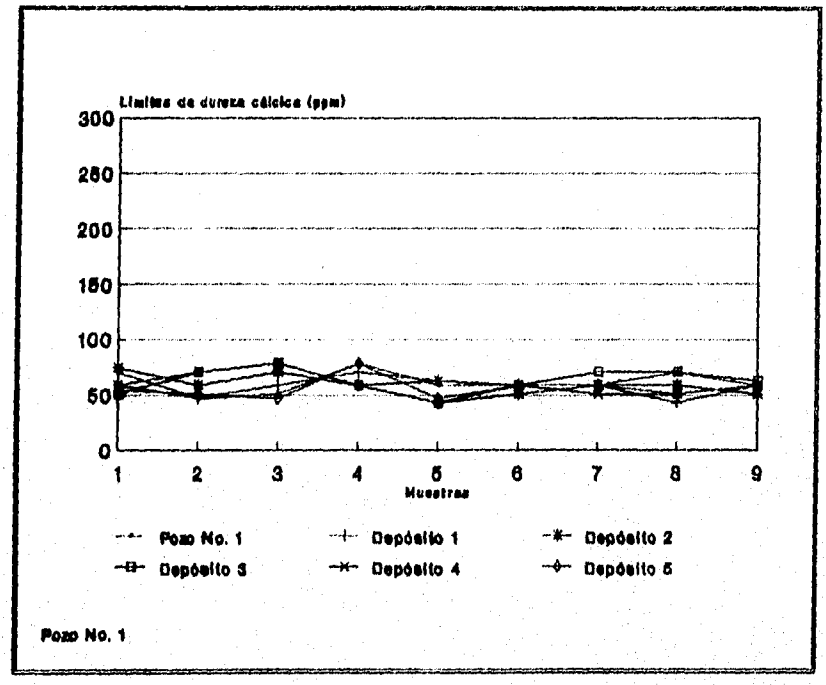


Gráfico 6.8 Dureza de Magnesio

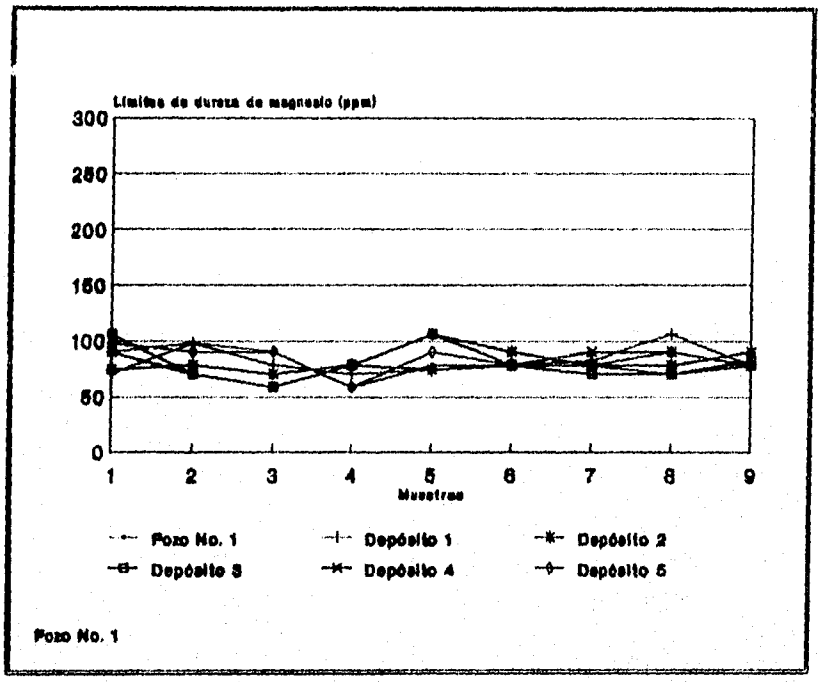


Gráfico 6.9 Hierro

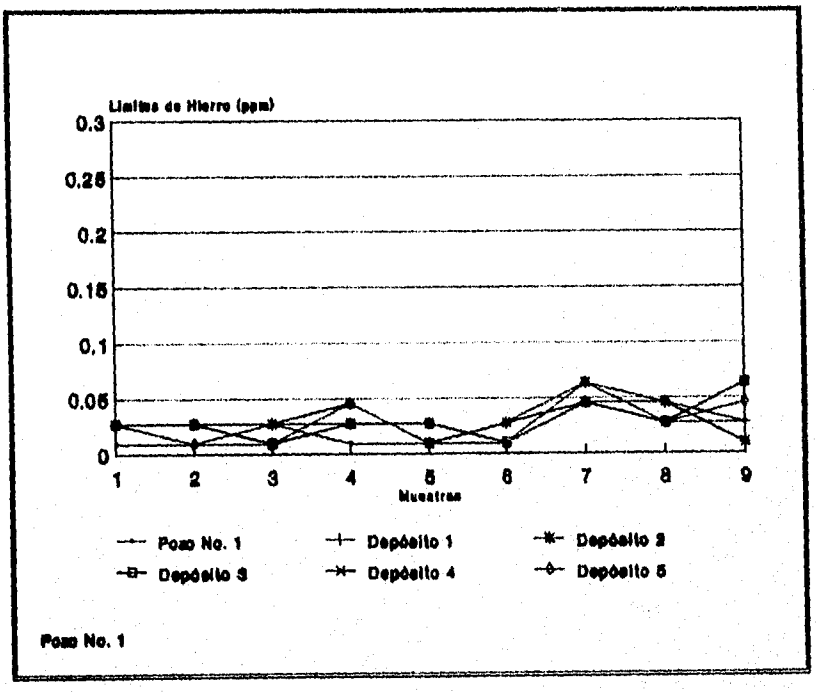


Gráfico 6.10 Ion Sulfato

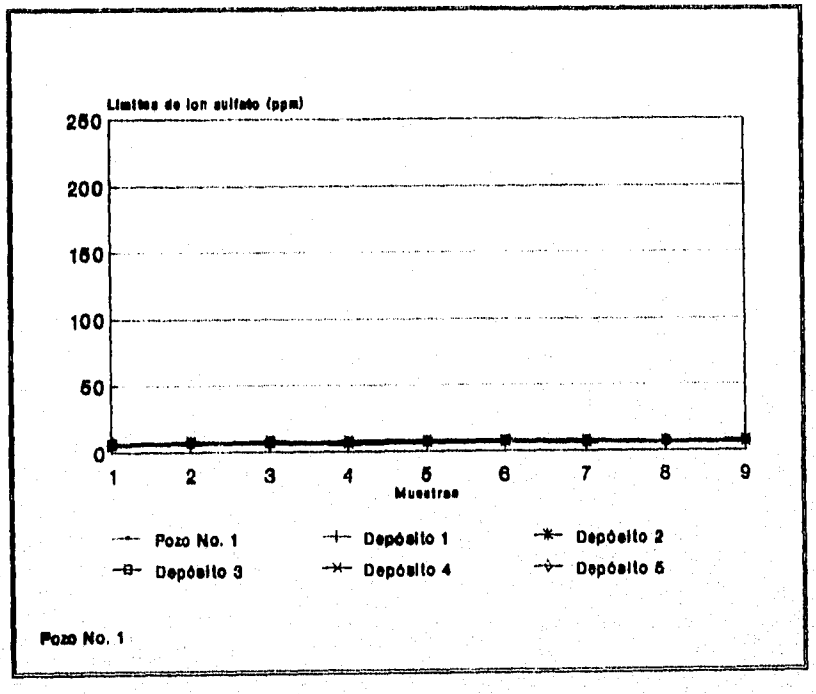


Gráfico 6.11 Conductividad

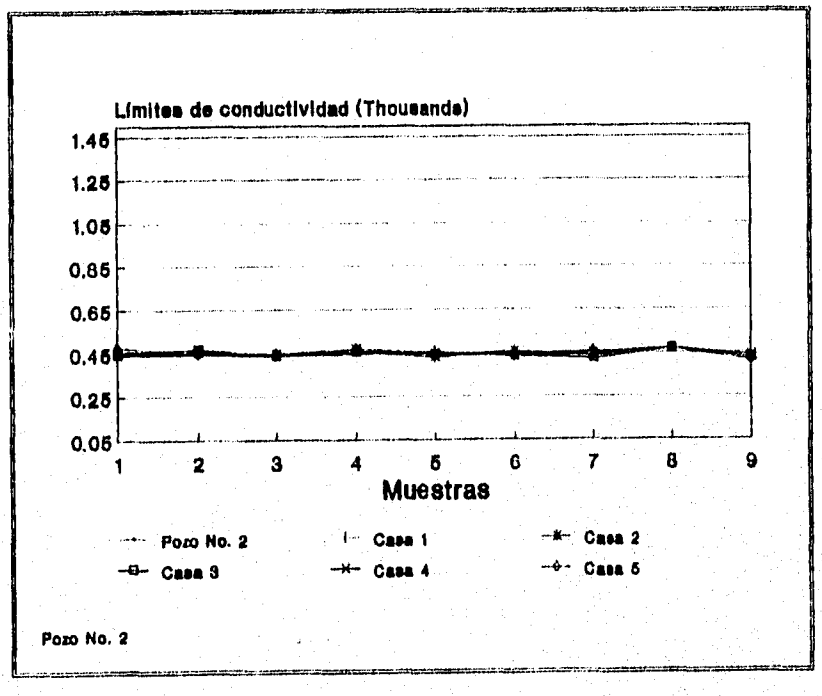


Gráfico 6.12 pH

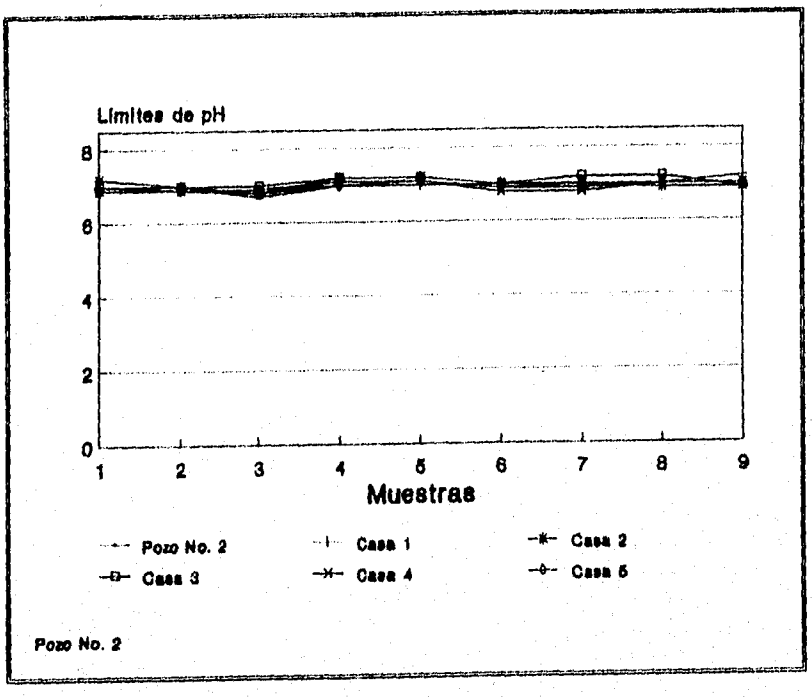


Gráfico 6.13 Alcalinidad Total

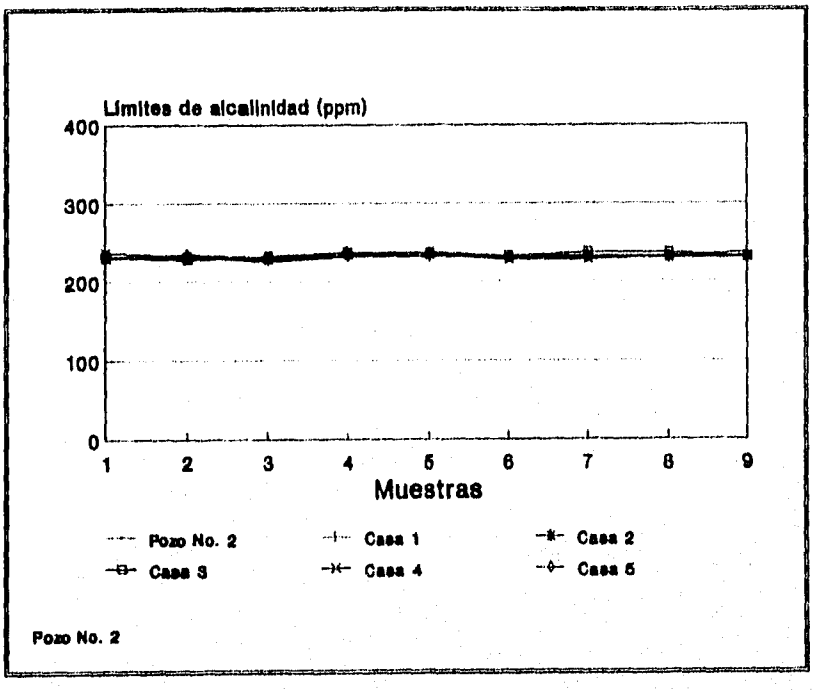


Gráfico 6.14 Cloro residual

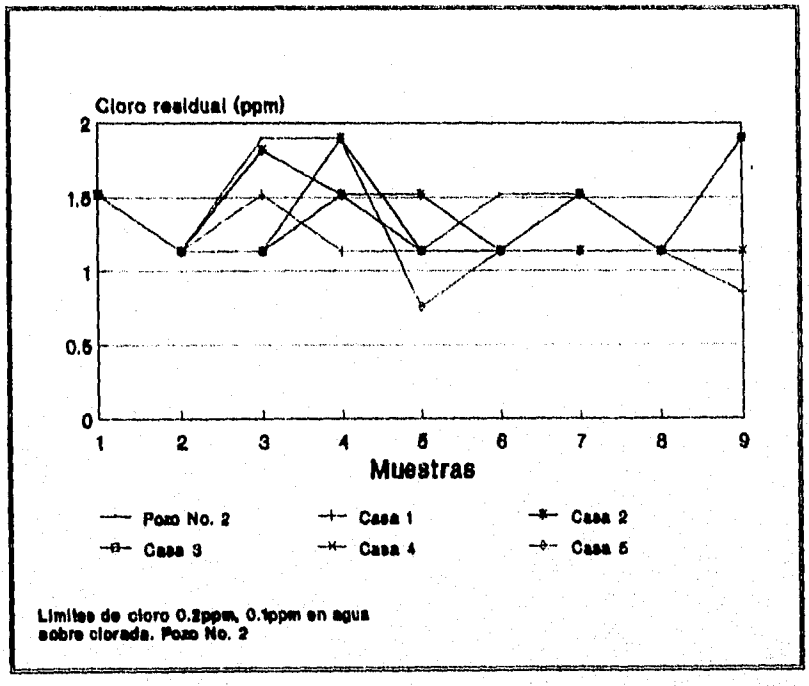


Gráfico 6.15 Cloruros

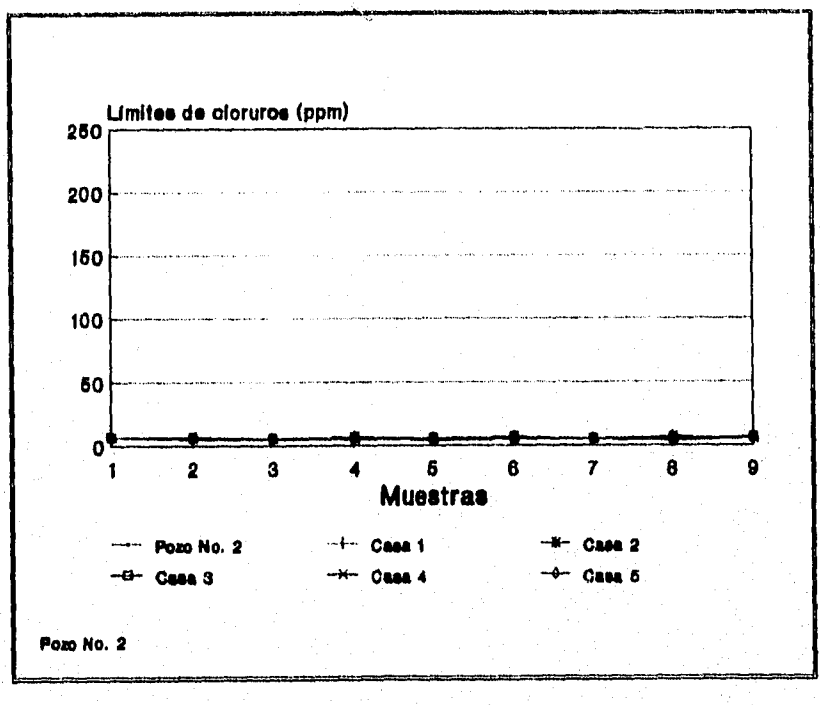


Gráfico 6.16 Dureza Total

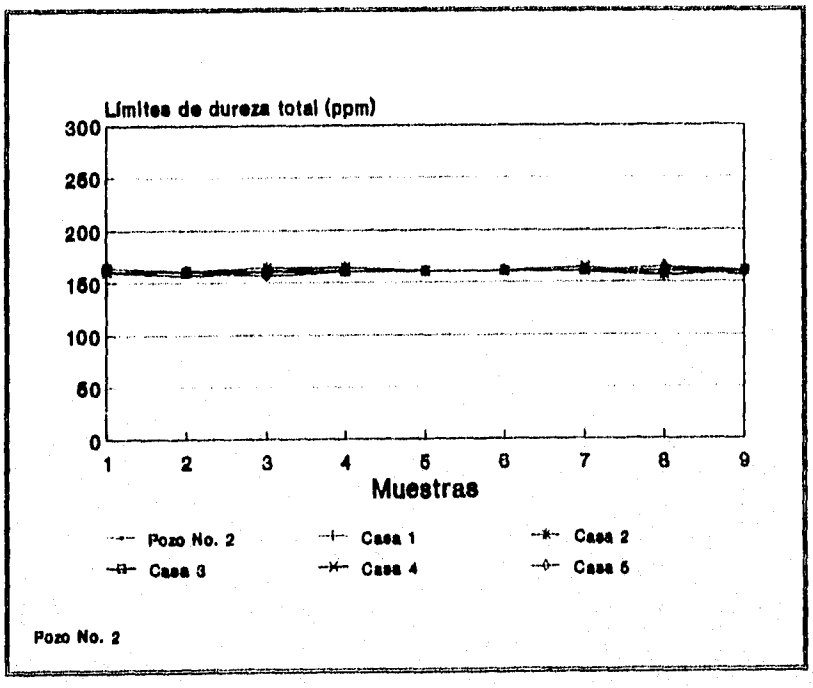


Gráfico 6.17 Dureza Cálcica

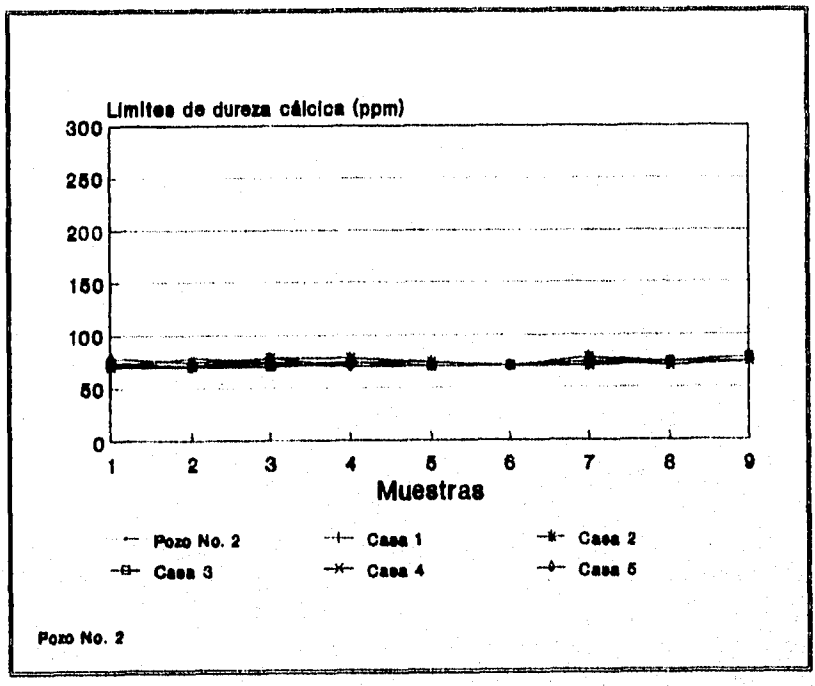


Gráfico 6.18 Dureza de Magnesio

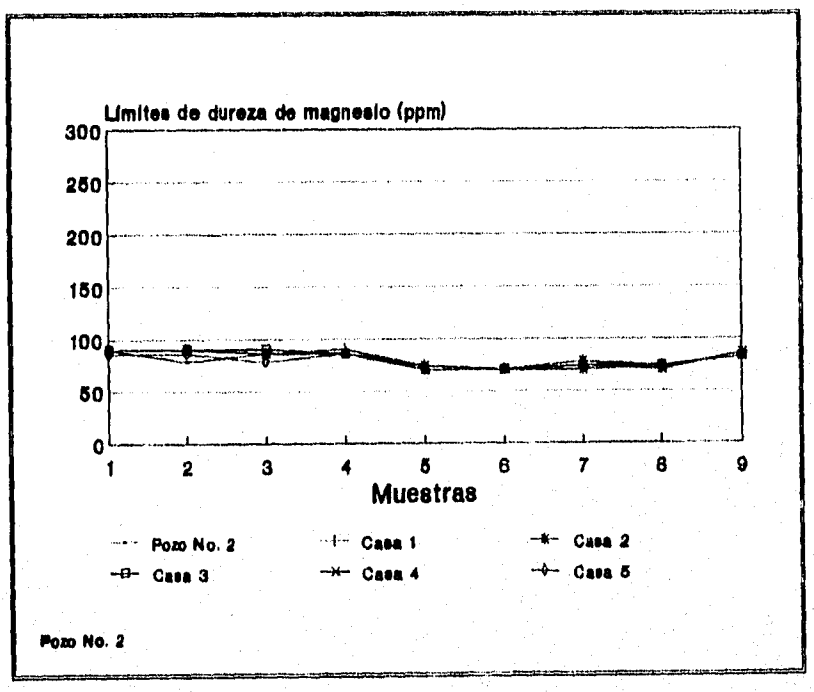


Gráfico 6.19 Hierro

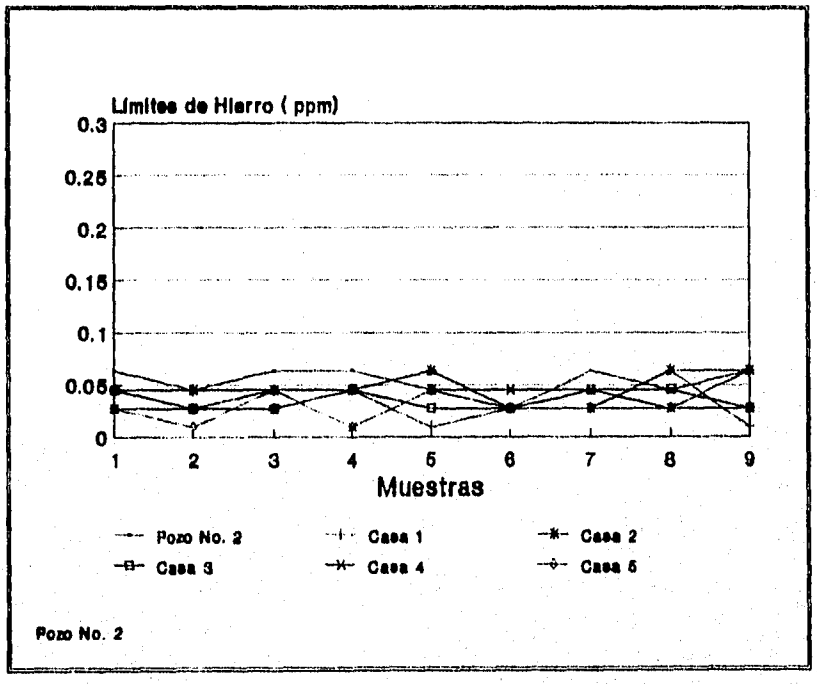
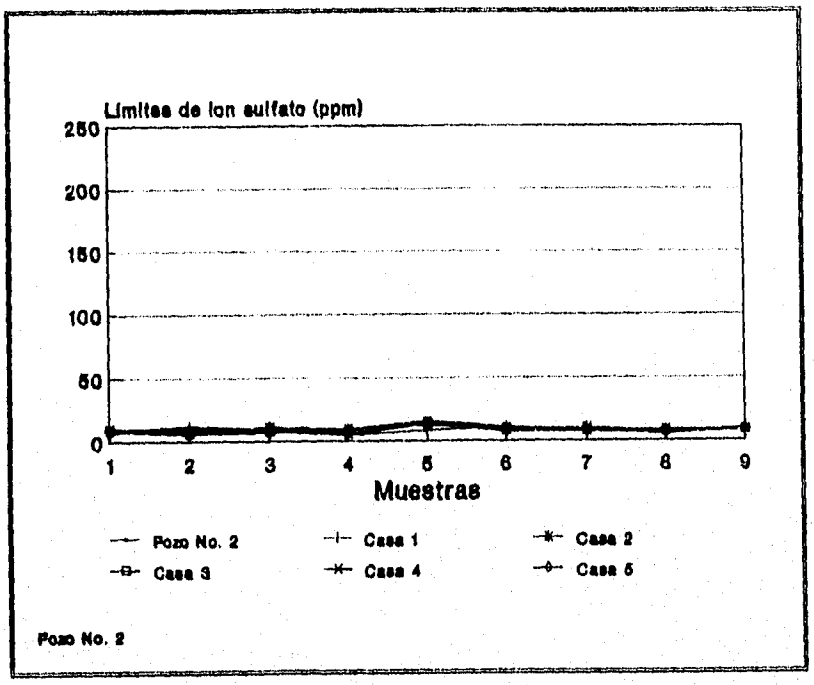


Gráfico 6.20 Ion Sulfato



VII. DISCUSION

7.1. Efecto de la calidad del agua sobre la salud de la población del Municipio de Tepotzotlán.

De los parámetros físicos, químicos y microbiológicos estudiados sólo algunos de ellos tienen efecto sobre la salud. Los parámetros físicos estudiados no tienen mucho significado sanitario, sin embargo, son muy importantes ya que de ellos depende la aceptación del agua por los consumidores. Si ésta no ofrece las propiedades organolépticas (color, olor y sabor) que la definen se rechaza fácilmente por la población, aunque en muchas ocasiones no cause problemas reales de salud. De las propiedades físicas y organolépticas estudiadas el olor fue a cloro y el sabor fue ligeramente a cloro por lo que se encontraron fuera de los límites establecidos por la S.S.A. El color, la conductividad y pH están dentro de los límites permisibles.

Respecto a los parámetros químicos de la calidad del agua, el valor promedio de alcalinidad obtenido para la red de distribución del pozo No. 1 fue de 187.8147 ppm y para la red de distribución del pozo No. 2 fue 232.06 ppm, tales valores se encuentran dentro de los límites establecidos por la S.S.A. que son de 250 ppm (ver gráficos 6.3 y 6.13). La alcalinidad del agua no tiene un significado sanitario relevante, no obstante, se establecen límites para evitar daños en las tuberías de la red de distribución.

El hierro no tiene significado toxicológico ya que la dosis peligrosa de hierro es de 30 mg/Kg,[14] lo cual no es significativo si se considera que en las fuentes de agua subterránea el hierro puede estar ausente o hasta concentraciones de 20 a 30 ppm, aunque en la mayoría de las fuentes se encuentra en concentraciones de 10 ppm. Sin embargo, el hierro se rechaza en concentraciones arriba de 0.3 ppm, pues le imparte un color amarillo-café al agua,

un sabor a herrumbre y un olor característico a hierro, además provoca problemas en el lavado ya que puede manchar la ropa. Los valores promedio encontrados para la red de distribución del pozo No.1 y la red de distribución del pozo No. 2 fueron 0.02838 y 0.03868 respectivamente, se encuentran dentro de los límites establecidos por la S.S.A. (ver gráficos 6.9 y 6.19).

Los cloruros tampoco tienen un efecto toxicológico significativo, pues existen poblaciones en el mundo que consumen agua con concentraciones de cloruros de hasta 2000 ppm sin que haya algún efecto nocivo en la salud. El inconveniente es el sabor salino que imparten al agua si esta presente el cloruro de sodio en grandes cantidades.[22] Los valores encontrados tanto para la red de distribución del pozo No. 1 como la red de distribución del pozo No. 2 se encuentran dentro de los límites establecidos para cloruros que es de 250 ppm. (ver gráficos 6.5 y 6.15)

En cuanto al ión sulfato, éste si tiene efectos en la salud, pués en concentraciones mayores de 250 ppm, puede causar efectos catárticos (laxantes) sobre los humanos. Los valores promedio encontrados para la red de distribución del pozo No. 1 y No. 2, fueron 6.9505 y 9.0972 respectivamente (ver gráficos 6.10 y 6.20), y están dentro de los límites establecidos por la S.S.A.

Otro parámetro importante para medir la calidad del agua es la dureza. Se ha encontrado que el consumo de agua blanda puede incrementar el riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares, mientras que las aguas duras ejercen el efecto contrario, pero su control se ha hecho necesario por los daños que puede causar a tuberías de la red de distribución.[23, 30] Los valores de dureza total, dureza de calcio y dureza de magnesio del agua analizada se encontraron dentro de los límites permisibles de 400 ppm. (ver gráficos 6.6 6.7, 6.8, 6.16, 6.17 y 6.18)

Por otro lado, la determinación de bacterias coliformes es de los parámetros más importantes para establecer la calidad del agua, ya que es una

de las causas principales de transmisión de enfermedades gastrointestinales las cuales a su vez son una de las mayores causas de muerte en la población.[4] De los resultados de los análisis bacteriológicos realizados no se obtuvo evidencia de contaminación con coliformes en el agua, lo cual lo atribuimos a la alta concentración de cloro encontrada. (ver gráficos 6.4 y 6.14 y tabla 6.16)

El cloro es el agente desinfectante del agua más empleado por ser el más barato y fácil de aplicar. Además, es muy efectivo para reducir la población bacteriana. Pero el exceso de cloro en agua también trae consecuencias graves para la salud ya que irrita piel, ojos y mucosas y provoca alergias, sin contar con que se han encontrado evidencias de que después de la cloración pueden formarse compuestos organoclorados potencialmente carcinógenos por la reacción de cloro con contaminantes orgánicos o propios del agua producto de la degradación de la vegetación, como lo son los trihalometanos, cloraminas, dicloraminas y tricloraminas, que producen efectos nocivos (cáncer de colon, recto y vejiga).[3, 16, 18, 21, 29, 31] De aquí que sea importante hacer un balance de riesgos-beneficios sobre el proceso de cloración.

En todo el mundo las enfermedades causadas por la contaminación de agua juegan un papel importante ya que las enfermedades diarreicas son la mayor causa de muerte en países subdesarrollados. El promedio de mortalidad de niños de 5 años es de 193 por 1000 niños nacidos vivos y el promedio de vida es de 50 años.[3] Por ello la desinfección del agua debe ser una prioridad, si comparamos esos daños con los que pueden causar los subproductos de la cloración.

Considerando los riesgos de cáncer que trae consigo la cloración del agua, el tratar de reducir éste probrema mediante la aplicación de otros desinfectantes u otros tratamientos, resultarían incosteables para países pobres donde existen otras necesidades también importantes, además no se aseguraría la ausencia de subproductos carcinógenos o un agua de alta calidad. Por lo tanto la desinfección

de las causas principales de transmisión de enfermedades gastrointestinales las cuales a su vez son una de las mayores causas de muerte en la población.[4] De los resultados de los análisis bacteriológicos realizados no se obtuvo evidencia de contaminación con coliformes en el agua, lo cual lo atribuimos a la alta concentración de cloro encontrada. (ver gráficos 6.4 y 6.14 y tabla 6.16)

El cloro es el agente desinfectante del agua más empleado por ser el más barato y fácil de aplicar. Además, es muy efectivo para reducir la población bacteriana. Pero el exceso de cloro en agua también trae consecuencias graves para la salud ya que irrita piel, ojos y mucosas y provoca alergias, sin contar con que se han encontrado evidencias de que después de la cloración pueden formarse compuestos organoclorados potencialmente carcinógenos por la reacción de cloro con contaminantes orgánicos o propios del agua producto de la degradación de la vegetación, como lo son los trihalometanos, cloraminas, dicloraminas y tricloraminas, que producen efectos nocivos (cáncer de colon, recto y vejiga).[3, 16, 18, 21, 29, 31] De aquí que sea importante hacer un balance de riesgos-beneficios sobre el proceso de cloración.

En todo el mundo las enfermedades causadas por la contaminación de agua juegan un papel importante ya que las enfermedades diarreicas son la mayor causa de muerte en países subdesarrollados. El promedio de mortalidad de niños de 5 años es de 193 por 1000 niños nacidos vivos y el promedio de vida es de 50 años.[3] Por ello la desinfección del agua debe ser una prioridad, si comparamos esos daños con los que pueden causar los subproductos de la cloración.

Considerando los riesgos de cáncer que trae consigo la cloración del agua, el tratar de reducir éste probrema mediante la aplicación de otros desinfectantes u otros tratamientos, resultarían incosteables para países pobres donde existen otras necesidades tembién importantes, además no se aseguraría la ausencia de subproductos carcinógenos o un agua de alta calidad. Por lo tanto la desinfección

VIII. CONCLUSIONES

- El agua de los pozos de abastecimiento, de los depósitos de almacenamiento y distribución y de las casas de los pobladores en el Municipio de Tepotzotlán no cumple con los parámetros de olor, sabor y concentración de cloro residual.
- Con base a los análisis estadísticos el agua no sufre cambios en la calidad durante su trayectoria desde los pozos a depósitos y casas.
- La calidad del agua del municipio de Tepotzotlán cumple con la mayoría de los requisitos para ser potable, ya que no se encuentran presentes bacterias coliformes, las cuales son el parámetro más importante para determinar la calidad del agua, pero es importante señalar que esto es debido a las altas concentraciones de cloro aplicado en el proceso de desinfección del agua. Los pozos, (en especial el pozo No. 1) se ubican en sitios con un riesgo muy alto de contaminación, por ello el proceso de desinfección con cloro es inprescindible, sin embargo no se justifican las cantidades tan elevadas de este desinfectante en el agua. Esto último indica varias cosas:

  -No se tiene un control adecuado sobre la dosificación de cloro

  -No se cuenta con el personal capacitado para realizar este proceso

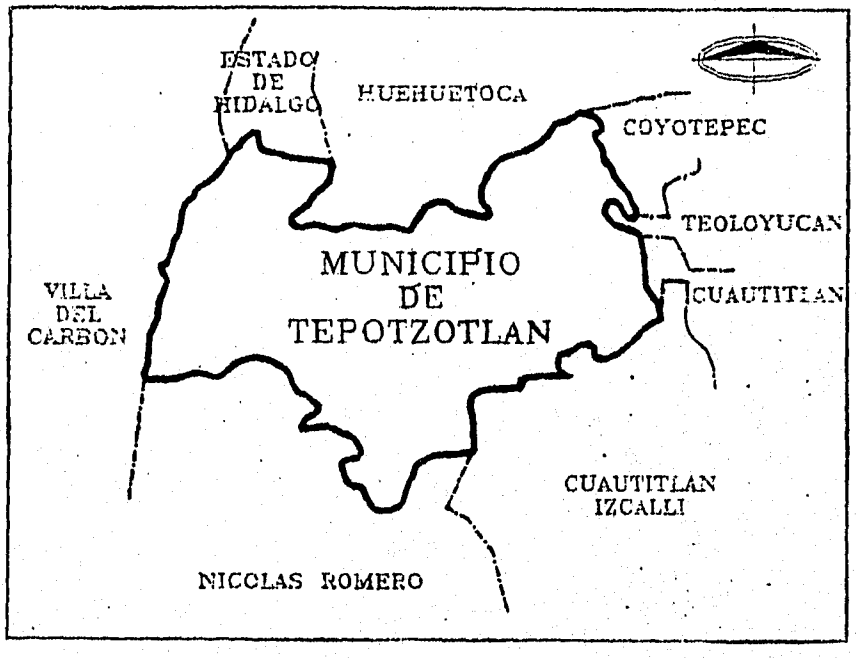
  - Las concentraciones de microorganismos pátogenos es tan significativa que es necesario aplicar concentraciones de cloro muy altas para poder acabar con esta población de microorganismos.

En Tepotzotlán se observa un gran descuido de sus fuentes de abastecimiento, así como de sus depósitos de almacenamiento, pues algunas veces tienen orificios por donde es fácil la contaminación por bacterias, no tienen un proceso de sanitización, por lo que su limpieza es dudosa. Además el agua es muy escasa para la mayoría de la población.

El abastecer agua de calidad es indispensable para disminuir el alto índice de mortalidad en países subdesarrollados como México, por ello es necesario emplear más recursos en la construcción de fuentes de abastecimiento adecuadas y para dar mantenimiento a toda su red de distribución y depósitos los cuales pueden resultar un foco de diseminación de enfermedades si no se les da el mantenimiento adecuado.

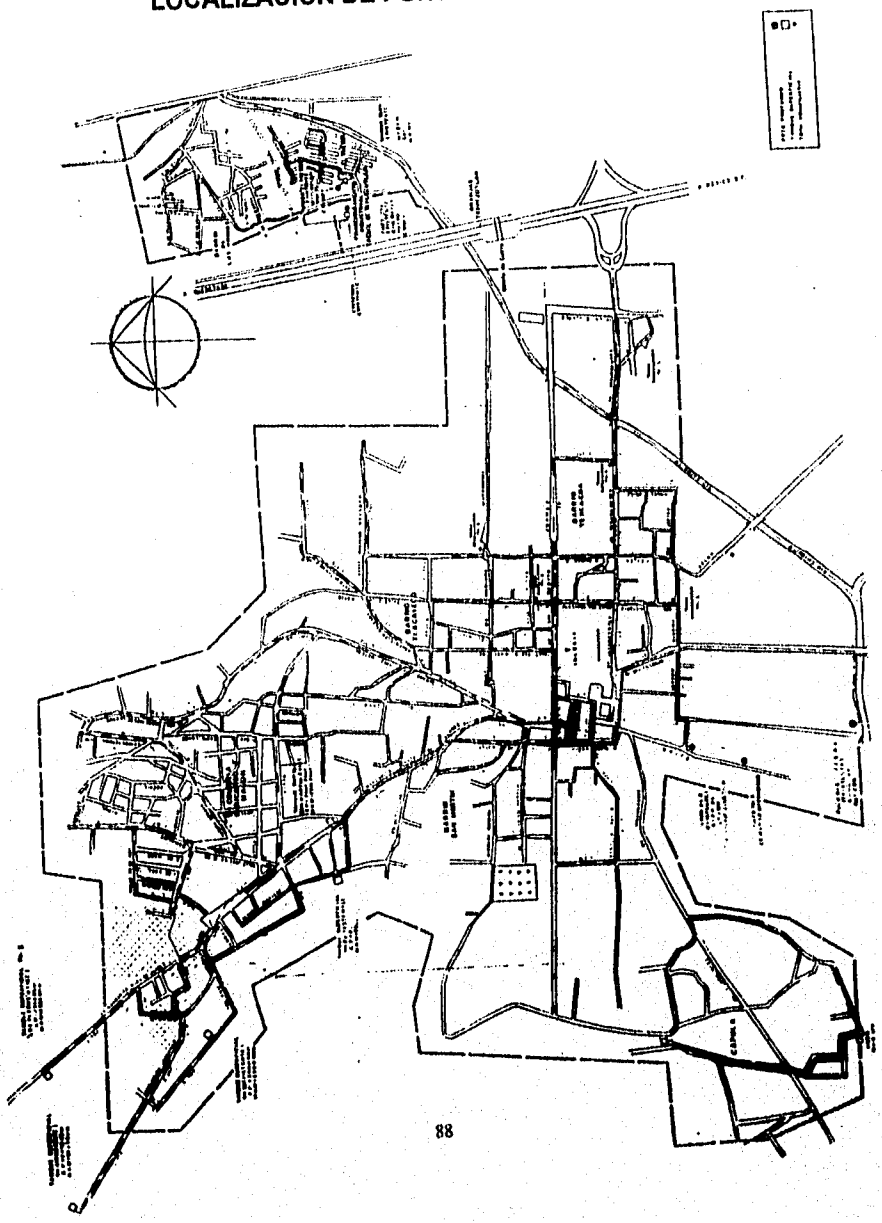
ANEXO A

PLANO DE LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE TEPOTZOTLAN ESTADO DE MEXICO



ANEXO B

PLANO DE LA RED Y DEPÓSITOS DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TEPOTZOTLAN ESTADO DE MEXICO LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO



X. BIBLIOGRAFIA

1. APHA,AWWA,WPCF. METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES. Díaz de santos. Madrid, España, 1992.

2. Ayres, Gilbert. ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO. 2a. edición. Harla, México, 1970.

3. Craun, G.F. et. al. BALANCING CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL RISKS OF DRINKING WATER DISINFECTION, PART I. BENEFITS AND POTENTIAL RISKS. PART II. MANAGING THE RISKS. Aqua. Vol. 43, No. 4 pp 192-199 y No. 5 pp. 207-218, 1994.

4. Charles E., Gilbert & Calabrese, J. REGULATING DRINKING WATER QUALITY. Publishers. U. S. A. 1992.

5. Diario Oficial de la Federación. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE CONTROL SANITARIO DE ACTIVIDADES, ESTABLECIMIENTOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS. TITULO TERCERO: AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA REFRIGERAR, CAPITULO I: AGUA. Lunes 18 de enero de 1988.

6. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA, ECONOMICA, FINANCIERA E INSTITUCIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, MUNICIPIO DE TEPOTZOTLAN. Gobierno del estado de México, Secretaría de desarrollo urbano y obras públicas, Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, Dirección de estudios y proyectos. Septiembre, 1992.

7. Eugene Mc, Junkin. AGUA Y SALUD HUMANA. Organización mundial de la salud. Limusa, 1982.

8. EVALUACION EPIDEMIOLOGICA DE RIESGOS CAUSADOS POR AGENTES QUIMICOS AMBIENTALES.. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. O. M. S. Limusa, México, 1988.

9. Fernández, A. M. A. BIOLOGIA DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DULCE. Alhambra. México, 1987.

10. Fowlw-J Health. EFFECTS OF DRINKING WATER CONTAMINANTS. Fedrip database, National Technical Information Service. (NTIS), 1992.

11. G.Capuccino, James & Sherman Natalie. MICROBIOLOGY. A. LABORATORI MANUAL. 3a. edition. New York, U. S. A. 1992.

12. Gibson, Ulric y Singer, Rexford. MANUAL DE LOS POZOS PEQUEÑOS. Limusa. México. 1987.

13. Gracev, Michael.ENFERMEDAD DIARREICA Y DESNUTRICION. Médica Panamericana. Argentina, 1987.

14. H. Drisbach, Robert y O. Robertson, William. MANUAL DE TOXICOLOGIA CLINICA, PREVENCIÓN DIAGNOSTICA Y TRATAMIENTO. 6a. edición. Manual Moderno. México, 1988.

15. Hernández Muñoz, Aurelio. ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCION DEL AGUA. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España, 1987.

16. Jansson, Kristian & M. T. Hittinen, Juha. INDUCTION OF GENE MUTATION IN MAMMALIAN CELLS BY 3-CHLORO-4-(DICHLOROMETYL)-5-HIDROXY-2(5H)-FURANONA (MX), A CHLORINE DISINFECTION BY-PRODUCTS IN DRINKING WATER. Mutation Research. 322 (1994) 129-132.

17. Jenkins, David. et. al. QUIMICA DEL AGUA. MANUAL DE LABORATORIO. Limusa. México, 1993.

18. Kolvusala-Mt. JJ. Jakkola, T., Vertiainen. DRINKING WATER MUTAGENICITY IN PAST EXPOSURE ASSESSMENT OF THE STUDIES ON DRINKING WATER AND CANCER: APPLICATION AND EVALUATION IN FINLAND. Environment Research. Vol. 64, No. 1. 1994, pp. 90-101.

19. L. Snoeyink, Vernon y Jenkins, David. QUIMICA DEL AGUA. Limusa. México, 1990.

20. MANUAL DEL CURSO ANALISIS DE AGUA Y AGUAS DE DESECHO. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subdirección del área de investigaciones y entrenamiento. Volúmen I y II.

21. MEMORIAS, REUNION ANUAL DE ROGRAMA UNIVERSITARIO DE MEDIO AMBIENTE. UNAM. Octubre, 1992.

22. N. Sawyer, Clair. CHEMISTRY FOR SANITARY ENGINEERS. Mc Graw Hill. U.S.A. 1960.

23. National Academy of Sciences. GEOCHEMISTRY OF WATER IN RELATION TO CARDIOVASCULAR DIASEASE. National Research Council. Washington. 1979, 106 pp. 32920.

24. Orozco, Fernando. ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO. 6a. edición. Porrúa. México, 1985.

25. Rheinheimer, Gerhard. MICROBIOLOGIA DE LAS AGUAS. Acribia. México, 1988.

26. RIESGOS DEL AMBIENTE HUMANO PARA LA SALUD. Organización Mundial de la Salud, 1976.

27. San Martín, Hernán. SALUD Y ENFERMEDAD. La prensa médica mexicana. México, 1981.

28. Sepulveda A. , J.; Valdespino Gómez, J. L. PREGUNTAS Y RESPUESTAS SOBRE COLERA PARA PERSONAL DE SALUD. S. S. A. 1991.

29. Suárez-Varela, Morales, M. M. et. al. CHLORINATION OF DRINKING WATER AND CANCER INCIDENCE. Journal of environmental pathology, toxicology and oncology. 13 (1):39-41, 1994.

30. THIRD DOMESTIC WATER QUALITY SYMPOSIUM (FOR INDIVIDUAL WATER SYSTEMS). St. Louis Missori. American Society Of Agricultural Engineer. U. S. A. Frebrero 27-Marzo 1, 1979.

31. Ullah Khan, Ahsan & Kasha, Michael. SINGLET MOLECULAR OXYGEN EVOLUTION UPON SIMPLE ACIDIFICATION OF AQUEOUS HYPOCLORITE: APPLICATION TO STUDIES ON THE DELETERIOUS HEALTH EFFECTS OF CHLORINATED DRINKING WATER. Proceedings of the national academy of science of United Sates of America. 91 (26), 12362-12364,1994.

32. W. Daniel, Wayne. BIOESTADISTICA BASE PARA EL ANALISIS DE LA SALUD. Limusa. México, 1977.

33. W. Snedecor, George y G. Cochrar William. METODOS ESTADISTICOS. C.E.C.S.A. México, 1970.

34. Zielhvis R., L. STANDARS FOR CHEMICAL QUALITY OF DRINKING WATER VALVES AND CALIDITY. Agua, 1981. Vol. 14, No. 13, pp. 290-293.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS CONSULTADAS:

35. ALCALINIDAD TOTAL. NOM-AA-36-1980.

36. CLORUROS. NOM-AA-73-1981.

37. CLORO TOTAL MÉTODO YODOMÉTRICO. NOM-AA-100-1987.

38. COLOR. NOM-AA-17-1980.

39. CONDUCTIVIDAD. NOM-AA-93-1984.

40. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y *E. coli* PRESUNTIVA, POR EL MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE. NOM-AA-042-M87.

41. DUREZA, METODO DEL EDTA. NOM-AA-072-1981.

42. ION SULFATO. NOM-AA-074-1981.

43. OLOR. NOM-AA-83-1982.

44. pH. NOM-AA-8-1980.

45. TEMPERATURA. NOM-AA-7-1980.

46. TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. NOM-AA-14.