



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Análisis Físicoquímicos y Bacteriológicos de la
Calidad del Agua Ramal Tláhuac 1991-1992

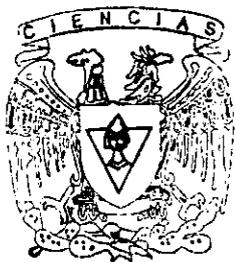
T E S I S

Que para obtener el título de:

BIOLOGO

P R E S E N T A

MARTIN CASTRO JUAREZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

México, D.F.

COMISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Director de Tesis
Dr. Alfonso Guillermo Banderas Tarabay

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

2000

277156



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA
RAMAL TLAHUAC 1991-1992"

realizado por CASTRO JUAREZ MARTIN

con número de cuenta 8120167-7 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario	DR. ALFONSO GUILLERMO BANDERAS TARABAY
Propietario	M. en C. REBECA GONZALEZ VILLELA
Propietario	M. I. PATRICIA FLORES ORDEÑANA
Suplente	ING. MAURICIO H. CHAOL ISLAS
Suplente	BIOL. VIRGINIA SALCEDO SORIANO

Consejo Departamental de Biología

Edna María Suárez Díaz

DRA. EDNA MARIA SUAREZ DIAZ

DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

A MIS PADRES CON MUCHO CARIÑO Y RESPETO:

POR TODOS SUS SACRIFICIOS
PARA LA REALIZACION DE MI
CARRERA.

A MI ESPOSA :

GABRIELA BERNAL RAMIREZ
POR QUE SIEMPRE A CREIDO EN MI
EN LAS BUENAS Y EN LA MALAS
CON CARIÑO Y RESPETO PARA ELLA.

A MIS HIJAS:

PAOLA TONANCY CASTRO BERNAL
Y
HANNIA ALEJANDRA CASTRO BERNAL

A MIS MAESTROS:

A MIS AMIGOS.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS
QUE DE UNA U OTRA FORMA
ME AYUDAROS EN TODO, CON
SU ENSEÑANZA. AMISTAD O

MI AGRADECIMIENTO AL LABORATORIO DE ANALISIS
FISICOQUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DE LA COMISION
NACIONAL DEL AGUA.
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
SUBGERENCIA DE CALIDAD DEL AGUA E IMPACTOAMBIENTAL
POR SU AYUDA DESINTERESADA PARA LA REALIZACION DE ESTA
TESIS.

I N D I C E

Página

RESUMEN	
I.INTRODUCCION	1
Problemática	2
Justificación	3
Objetivos	4
Alcances	5
Determinaciones Físicas	5
Determinaciones Químicas	5
Determinaciones Bacteriológicas	5
2.CICLO HIDROLÓGICO	6
2.1 Contaminación natural	9
2.2 Contaminación antropogénica	10
3. PROPIEDADES DEL AGUA	11
3.1 Difusión y propiedades de la solución acuosa	12
4. AGUA SUBTERRANEA	14
4.1 Calidad del agua subterránea	15
4.2 Causas de contaminación del agua subterránea	17
4.3 Actividades de agricultura y ganadería	17
4.4 Contaminación microbiológica	19
4.5 Desechos domésticos	21
4.5.1 Desechos domésticos líquidos.	21
4.5.2 Desechos domésticos sólidos	22
4.5.3 Disposición de aguas residuales	22
5. MARCO GEOLÓGICO	24
6. SISTEMAS PARA MEDIR LA CALIDAD DEL AGUA	26
6.1 Determinaciones directas de constituyentes.	27
6.2 Determinaciones directas en escalas arbitrarias.	28
6.3 Medidas de factores asociados.	29
6.4 Evaluación de los efectos de los constituyentes.	31
7. IMPORTANCIA SANITARIA	33
8. MATERIAL Y METODOS	42
8.1 Descripción de la zona de estudio	42
8.2 Métodos de muestreo para los análisis fisicoquímicos	44
8.2.1 Determinaciones físicas	45
8.2.1.1 Potencial de hidrógeno (pH)	45

8.2.1.2 Conductividad eléctrica (C.E.)	45
8.2.1.3 Temperatura (T) en grados centígrados (°C)	46
8.2.2 Determinaciones químicas	46
8.2.2.1 Sustancias activas al azul se métileno (SAAM)	46
8.2.2.2 Sulfatos (SO ₄)	47
8.2.2.3 Cloruros (Cl ₂)	47
8.2.2.4 Nitritos (NO ₂)	48
8.2.2.5 Nitratos (NO ₃)	48
8.2.2.6 Fosfatos (PO ₄)	49
8.2.2.7 Amonio (NH ₄)	49
8.2.2.8 Silice (SiO ₂)	50
8.2.2.9 Hierro (Fe)	50
8.2.2.10 Manganeso (Mn)	51
8.3 Método para los análisis bacteriológicos	51
8.3.1 Toma de muestra	52
8.3.2 Determinaciones del grupo coliforme	53
9. RESULTADOS Y DISCUSION	57
9.1 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos	57
9.2 Resultado por pozo	58
9.2.1 Pozo 1	58
9.2.2 Pozo 3	59
9.2.3 Pozo 5	60
9.2.4 Pozo 9	62
9.2.5 Pozo 14	63
9.2.6 Pozo 20 bis	63
9.2.7 Pozo 21	64
9.2.8 Pozo 23	65
9.2.9 Pozo 24	66
9.2.10 Pozo 25	67
9.2.11 Pozo 26	68
10 CONCLUSIONES	70
11 BIBLIOGRAFIA	72

I N D I C E D E F I G U R A S

Fig. 1	Sistemas de flujo del ciclo hidrológico	1
Fig. 2	El ciclo hidrológico	2
Fig. 3	Mapa del Ramal Tláhuac	43

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

Tabla No.1	Características del Pozo 1 Ramal Tláhuac	59
Tabla No.2	Características del Pozo 3 Ramal Tláhuac	60
Tabla No.3	Características del Pozo 5 Ramal Tláhuac	61
Tabla No.4	Características del Pozo 9 Ramal Tláhuac	62
Tabla No.5	Características del Pozo 14 Ramal Tláhuac	63
Tabla No.6	Características del Pozo 20 bis Ramal Tláhuac	64
Tabla No.7	Características del Pozo 21 Ramal Tláhuac	65
Tabla No.8	Características del Pozo 23 Ramal Tláhuac	66
Tabla No.9	Características del Pozo 24 Ramal Tláhuac	67
Tabla No.10	Características del Pozo 25 Ramal Tláhuac	68
Tabla No.11	Características del Pozo 26 Ramal Tláhuac	69

A N E X O A

Tablas de Resultados

A N E X O B

Gráficas de Resultados

RESUMEN

En la subcuenca de Chalco, al sur de la zona urbana de la ciudad de México, se localiza el canal de Chalco, uno de los conductores de agua superficial en el área metropolitana. En esta misma zona se encuentra un ramal de pozos que dependen de la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, estos pozos, actualmente en explotación con gastos del orden de 90 l/s, operan las 24 horas.

Debido a la cercanía del canal de Chalco, se consideró importante evaluar la calidad del agua de estos pozos. Para este propósito, se seleccionaron parámetros fisicoquímicos y parámetros bacteriológicos como indicadores, y 11 pozos que se muestrearon 10 veces cada uno durante un año. Como resultado de este trabajo de tesis, se encontró que los parámetros, cuya concentración resultó superior a las normas oficiales para agua potable, son nitratos (NO_3^-), con una concentración máxima de 0.665 mg/l, amonio (NH_4^+), con 1.20 mg/l y fierro (Fe^{+3}) con 0.50 mg/l. En cuanto a los parámetros bacteriológicos, se presentó en la prueba de cuenta total en placa, un valor máximo de 5915 col/ml de muestra, en coliformes totales, 150 NMP org/100 ml y en coliformes fecales, 75 NMP org/100 ml. Los demás parámetros solo en algunas ocasiones presentaron concentraciones superiores a las normas. Después de analizar los resultados se concluyó que las altas concentraciones de compuestos nitrogenados presentes en el agua de los pozos, indican que se han llevado a cabo reacciones de transformación de la materia orgánica infiltrada a través del terreno, cuya fuente principal debe ser las descargas de aguas negras de los asentamientos humanos que se encuentran en la zona.

En el ramal Tláhuac, se observó que el promedio general para los parámetros fisicoquímicos fue:

pH = 7.7, conductividad eléctrica = 79 μmos , temperatura = 19°C, fosfatos = 0.6 mg/l, sulfatos = 11.54 mg/l, cloruros = 95.9 mg/l, nitritos = 0.005 mg/l, amonio = 0.21 mg/l, fierro = 0.08 mg/l, manganeso = 0.60 mg/l.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

El abastecimiento del agua potable es indispensable para el ser humano, así como para el desarrollo de comunidades, centros industriales y de recreación; por esta razón, la importancia de su conservación en cantidades y calidad. El suministro aproximado de agua potable en la Ciudad de México es de $60 \text{ m}^3/\text{s}$; el cual se abastece, mediante diferentes fuentes: 70% se extrae de pozos ubicados en la cuenca del Valle de México, 25% proviene de cuencas externas, 1.66% de captaciones superficiales y 3.33% por reuso de aguas residuales (De la Vega, 1987). La principal aportación viene de fuentes subterráneas, por tal motivo es importante estudiar su calidad y disponibilidad para uso potable. En este caso, se estudiará el acuífero que se encuentra en la Subcuenca de Chalco, que está constituido por formaciones arcillosas de baja permeabilidad (acuitardo) que actúa como un acuífero semiconfinado (Rodríguez, 1987), el cual sobreyace a un acuífero confinado en la parte central y libre hacia los márgenes. El acuitardo contiene agua con mineralización mayor igual a 1100 mg/l , en tanto que en el acuífero confinado es del orden de $200\text{-}300 \text{ mg/l}$. Este acuífero actualmente en explotación presenta entre $300\text{-}400 \text{ m}$ de espesor en sus partes más profundas (Rodríguez, C.M., 1989). En 1976, se construyó en esta zona un Ramal de pozos profundos con gastos del orden de 90 l/s que operan las 24 horas.

PROBLEMÁTICA

Tomando en cuenta los antecedentes de la posible contaminación del agua de los pozos del Ramal Tláhuac, fue necesario realizar un estudio anual mediante el cual se generó, en el transcurso de la información analítica de los parámetros fisicoquímicos que pudieran ser relacionados con los procesos de contaminación asociados al tiradero de basura y al Canal de Chalco. Considerando los recursos existentes para realizar esta investigación, se seleccionaron los parámetros fisicoquímicos que se contemplan en las disposiciones del "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios". Además se determinaron otros parámetros que, aunque no se incluyen en estas disposiciones, sí se toman en cuenta en las normas oficiales de la Organización Mundial de la Salud. Sus determinaciones se utilizan como variables explicativas para relacionarlas con características de una posible contaminación en el acuífero. Para determinar si el Canal de Chalco es el factor principal en la contaminación del agua de los pozos, se seleccionaron once pozos que estuvieran funcionando y que se encontraran en la misma dirección del Canal de Chalco. En estos pozos se realizaron muestreos instantáneos aproximadamente una vez al mes. Esto dependió del autotransporte y de los señores operadores de la misma Comisión de Aguas del Valle de México.

JUSTIFICACION

En el área sur de la Ciudad de México se encuentra un Ramal de Pozos que son manejados por la Comisión Nacional del Agua (Aguas del Valle de México), además se encuentran también varios pozos que pertenecen al Departamento del Distrito Federal estos pozos están ubicados en los alrededores del Canal de Chalco. Este canal se encuentra ubicado en los límites de la Delegación de Iztapalapa y Delegación de Tláhuac, su ubicación se muestra en la figura 3 (Mapa del Ramal Tláhuac).

De noviembre de 1991 a noviembre de 1992, se inició un estudio sobre las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua de estos pozos, detectándose que la concentración de algunos iones se sobrepasan en las normas de calidad para agua potable. Con respecto a los análisis bacteriológicos, se detectaron cantidades importantes de cuenta total en placa, coliformes totales y coliformes fecales. Estos estudios fueron realizados en forma esporádica, sin embargo, sirvieron para determinar que se presentaban indicios de contaminación en el acuífero. En función de lo anterior y para el presente trabajo, fue necesario realizar en forma sistemática la determinación de los parámetros que indicaran la calidad del agua de los pozos cercanos al Canal de Chalco para evaluar su posible contaminación.

OBJETIVOS Y ALCANCES

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de los pozos del ramal Tláhuac en el periodo 1991-1992.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Discutir la adecuación de los métodos para determinar cada uno de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

2. Determinar si los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos producen efectos nocivos a la salud pública.

3. Determinar si estos parámetros producen efectos perjudiciales desde el punto de vista técnico.

4. Explorar las relaciones de los parámetros fisicoquímicos (fosfatos, nitritos, nitratos y amonio) con los bacteriológicos.

ALCANCES

Para cumplir con los objetivos anteriores, se plantean los siguientes alcances:

- ❖ Se muestrearán los pozos del ramal Tláhuac.
- ❖ Se analizarán los siguientes parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos:

Determinaciones Físicas:

1. Potencial de Hidrógeno
2. Conductividad Eléctrica
3. Temperatura

Determinaciones Químicas:

1. Sustancias Activas al Azul de Métileno
2. Sulfatos
3. Cloruros
4. Nitritos
5. Nitratos
6. Fosfatos
7. Amonio
8. Silice
9. Hierro
10. Manganeso

Determinaciones Bacteriológicas:

Cuenta Total en Placa, Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

CAPITULO 2

CICLO HIDROLÓGICO

Toda el agua del ciclo hidrológico procede de los océanos, y a los mismos retorna. Es decir, el agua se evapora desde el océano, forma aquí las nubes que son transportadas por el viento hacia los continentes, aquí se condensa y cae en forma de lluvia.

Subsecuentemente, el agua es conducida de regreso hasta el océano por medio de ríos, de arroyos y del flujo subterráneo.

Existe una pequeña aportación al ciclo hidrológico de agua proveniente de los procesos magmáticos y metamórficos y, en contrapartida, hay un retorno constante del ciclo hidrológico que se incorpora a la estructura de los minerales y de los depósitos sedimentarios. Desde el punto de vista geológico, es evidente que el volumen de agua de los océanos ha permanecido casi constante durante los últimos quinientos millones de años (Davis y Weist, 1966).

La Figura 1 presenta el concepto de sistema de flujo del ciclo hidrológico. En él se representa tanto a los términos que involucran los movimientos como los almacenajes (Freeze y Cherry, 1979).

Las principales etapas del ciclo hidrológico son: la precipitación, la evapotranspiración, el escurrimiento y la infiltración. Esto se ilustra en la Figura 2 la infiltración genera los depósitos de agua subterránea.

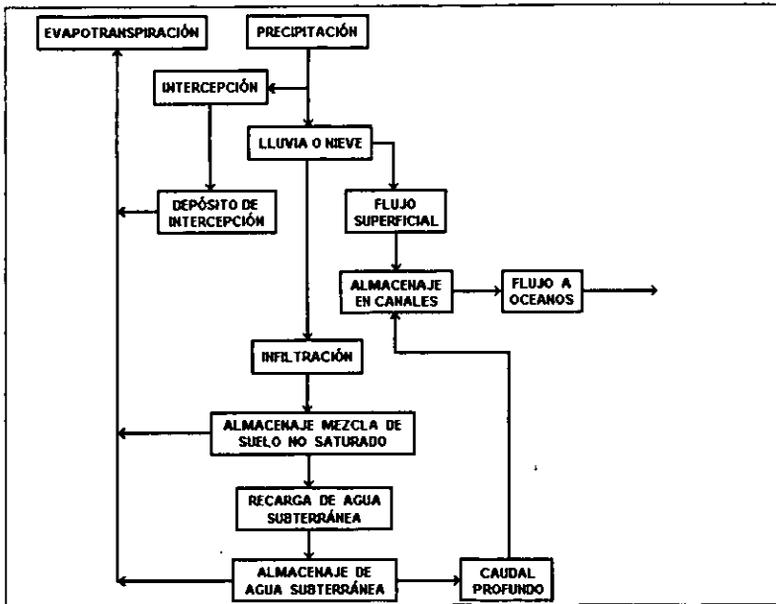


FIGURA No.1

Sistema de flujo del ciclo hidrológico (Freeze y Cherry, 1979)

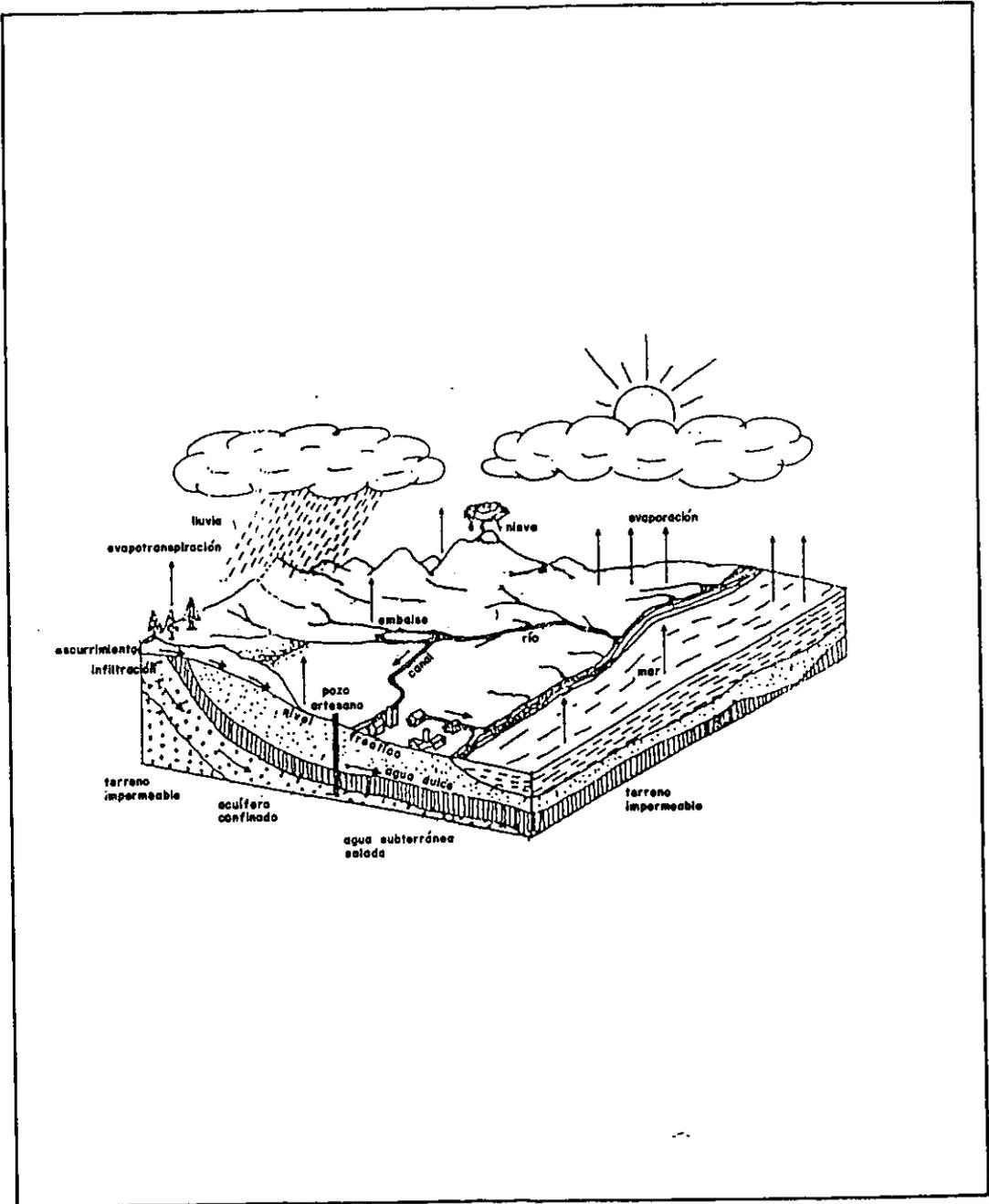


FIGURA No. 2 EL CICLO HIDROLÓGICO
(TOMADA DE CUSTODIO, 1976)

2.1 CONTAMINACIÓN NATURAL

En cuanto a causas naturales la contaminación del agua, es necesario considerar la relación que existe entre el ciclo hidrológico y el ciclo geoquímico.

El agua que se precipita de la atmósfera lleva disuelta materia mineral, compuestos de nitrógeno y bióxido de carbono. Al filtrarse a través del suelo disuelve minerales y sales, además se absorbe CO_2 , producto de la materia orgánica en descomposición, formándose ácido carbónico. Este ácido diluido capacita al agua para reaccionar químicamente con los fragmentos minerales, liberando carbonatos y bicarbonatos que pueden ir también en solución. Una vez que el agua entra en la matriz geológica se efectúan otras reacciones químicas, ocasionando que los compuestos menos solubles se precipiten conforme alcanzan los límites de solubilidad, o que las bacterias puedan reducir a los sulfatos en solución.

Finalmente, el agua regresa a la atmósfera por evaporación dejando atrás la materia mineral en el suelo, o bien, esa agua regresa al mar como descarga del agua del subsuelo o en forma de escurrimiento pluvial acarreando su contenido mineral con ella.

2.2 CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICA

En las últimas décadas, con el aumento de la población, han surgido zonas urbanas que han provocado que las fuentes superficiales de abastecimiento de agua disminuyan su volumen y lleguen a contaminarse a tal grado que no sea posible su uso, recurriéndose a la explotación de mantos acuíferos subterráneos.

Las actividades que realiza el hombre en el campo también influyen de manera importante en la degradación de la calidad del agua subterránea.

CAPITULO 3

PROPIEDADES DEL AGUA

El agua pura es un líquido incoloro, inodoro e insípido, esencial para la vida animal y vegetal. Su punto de fusión es de 0°C, a una atmósfera de presión. Es el único líquido inorgánico que se encuentra en la naturaleza y es de los compuestos que se presentan en estado líquido en un intervalo de temperatura bastante amplio (Snoeyink y Jenkns, 1987).

La molécula del agua está constituida por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno unidos mediante enlaces covalentes. En conjunto, presentan un arreglo espacial tetraédrico distorsionado debido a la hibridación sp^3 del átomo de oxígeno. En dos de los vértices del tetraedro existen dos pares de electrones libres y en los otros dos se encuentran los átomos de hidrógeno formando un ángulo de 104.45°. Debido a los dos pares de electrones libres y a la diferencia de electronegatividad entre el oxígeno (3.5) y el hidrógeno (2.1), el agua es una molécula dipolar, con un momento eléctrico de 1.845 Debyes (Sienko y Plane, 1987). Como consecuencia de esto, en estado líquido y sólido, se forman conglomerados de moléculas unidas por atracciones electrostáticas intermoleculares, denominadas puentes de hidrógeno. Este tipo de enlace de hidrógeno entre las moléculas de agua, así como su alta polaridad, son la base de las propiedades físicas del agua y explican su habilidad

para actuar como un disolvente excelente.

El enlace por puentes de hidrógeno es la causa de que el agua presente punto de ebullición y punto de congelación fuera de lo normal con respecto a compuestos de hidrógeno con elementos del grupo del oxígeno, como son: H_2S , H_2Se y H_2Te .

Debido también a éste enlace, el agua líquida a $0^\circ C$ es más densa que el hielo y alcanza su máxima densidad de 1 g/cm^3 a $3.98^\circ C$ (Fair, et.al., 1983).

La viscosidad del agua es de 1 ceintipoise a $20.2^\circ C$: su tensión superficial es apreciable cuando está en contacto con el aire (Fair, et.al., 1984). El agua químicamente iónica es conductora de la electricidad. Su constante dieléctrica es elevada (80.01 a $18^\circ C$).

3.1 DIFUSIÓN Y PROPIEDADES DE LA SOLUCIÓN ACUOSA

La difusión molecular de las sustancias en el agua dependen de la concentración de la sustancia que difunde, de su peso molecular y de la temperatura. La alta polaridad de la molécula del agua le da la capacidad para disolver sustancias iónicas e inclusive covalentes polares como HCl , HBr , NH_3 y C_2H_5OH (Snoeyink y Jenkins, 1987). Para solutos iónicos, la solubilidad en el agua depende de

la relación entre la energía reticular cristalina, la energía de hidratación y la entropía de los iones.

El proceso de disolución se lleva a cabo mediante la ruptura de la red cristalina y la estabilización de los iones al rodearse de una esfera de moléculas de agua que dirigen sus extremos positivos hacia los aniones y los negativos hacia los cationes (hidratación).

La energía requerida para la ruptura de la red cristalina aumenta con la carga de los iones y disminuye con el aumento de su tamaño (Snoeyink y Jenkins, 1987).

Si una sal resulta ser apreciablemente soluble en agua, la energía que se requiere para la ruptura de la red cristalina ha sido compensada por la energía de hidratación. Una regla general es que cuanto mayor sea la diferencia de tamaño entre el anión y el catión, mayor será la solubilidad de la sal.

Para solutos no iónicos o covalentes no polares, el agua es un disolvente pobre. En estos casos, el agua interacciona tan débilmente con el soluto molecular que no se libera suficiente energía para romper la estructura de las moléculas del soluto.

CAPITULO 4

AGUA SUBTERRÁNEA

El término "Agua Subterránea" se utiliza para referirse al agua que se encuentra bajo la superficie de la tierra. La mayoría de las rocas contienen numerosos espacios abiertos, denominados intersticios, en los cuales el agua puede ser almacenada y moverse a través de ellos cuando se encuentran conectados. En la antigüedad se tenía conocimiento de la existencia del agua subterránea, aunque era poco utilizada por las dificultades que implicaba su extracción. Sin embargo, al final del siglo XIX, se empezó a utilizar el agua del subsuelo cuando las poblaciones se hicieron numerosas y se llegó al punto en que las aguas superficiales de una región se agotaron o se contaminaron por los desperdicios humanos, animales e industriales. Indudablemente, la necesidad de disponer de agua libre de organismos patógenos y de sustancias tóxicas fue el motivo para perforar pozos y para desarrollar el abastecimiento de agua a partir del subsuelo (Fair, et.al., 1984). Actualmente, los depósitos de agua subterránea han adquirido importancia relevante debido a la necesidad de abastecer el líquido a los núcleos urbanos para diversos usos, por lo que son indispensable los estudios sobre su composición, extracción, mecanismos de contaminación, establecimientos de normas de calidad y tratamiento, que permitan su utilización sin peligro para la salud.

4.1 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La calidad del agua a menudo se relaciona con la concentración de sustancias que contiene, de tal manera que si se tienen bajas concentraciones, es decir, están suficientemente diluidas, no tendrá efectos adversos en la salud o en el uso que se le dé. En algunos casos, la presencia de estas sustancias en concentraciones bajas es condición necesaria para su uso, por lo tanto, la evaluación de la calidad del agua debe de considerar dos aspectos principales: la concentración de sus componentes y el uso o la necesidad que vaya a satisfacer.

El origen del agua es lo que determina su calidad. En este caso, se tomará en cuenta el agua subterránea como fuente de abastecimiento.

Las aguas subterráneas se originan generalmente por la infiltración de la precipitación y de los escurrimientos superficiales. Por esta razón, a menudo presentan un contenido químico similar a éstas. Sin embargo, a su paso por el suelo se pueden alterar sus características físicas, químicas y biológicas. El movimiento lento del agua incrementa la oportunidad de contacto y disolución de sustancias químicas presentes en el suelo y de reacciones biológicas y fisicoquímicas que pueden reducir o incrementar las concentraciones de algunos de los componentes. Los grandes volúmenes de aguas subterráneas con largos tiempos de retención

presentan menos variabilidad temporal que las aguas superficiales.

Las aguas subterráneas tienden a ser mucho más uniformes en cuanto a temperatura, características químicas y contenido biológico.

La filtración a través del suelo generalmente remueve toda la materia suspendida, incluyendo microorganismos, pero el contenido mineral en la mayoría de los casos es más alto que en las aguas superficiales de la misma región (Fair, et.al.,1984). En reacciones de intercambio iónico con partículas sólidas se pueden eliminar algunos constituyentes del agua, reemplazándolos por otros iones del suelo. Esto puede tener efectos buenos o malos en la calidad del agua dependiendo de qué iones son agregados o eliminados en el proceso (Fair, et.al.,1984). El carbonato de calcio en regiones calcáreas es ligeramente soluble a los valores de pH normalmente encontrados en aguas superficiales. Sin embargo, cuando el agua de lluvia penetra en la superficie del suelo, se pone en contacto con cantidades sustanciales de bióxido de carbono producido en la respiración y descomposición biológica. La disolución de este bióxido de carbono en el agua produce ácido carbónico, el cual puede reaccionar con los depósitos de carbonato de calcio y producir bicarbonato de calcio, una sustancia química mucho más soluble en agua que el carbonato.

4.2 CAUSAS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Por convención, se considera que el agua está contaminada cuando la introducción o emisión en ella de organismos patógenos o sustancias tóxicas la hacen inapropiada para el consumo humano, para uso doméstico e industrial o para la conservación de la flora y la fauna. La contaminación de aguas subterráneas pueden tener muy diversas causas que pueden ser naturales o provocadas por las actividades humanas (Fair, et, 1984).

4.3 ACTIVIDADES DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Las actividades de agricultura y ganadería requieren generalmente grandes volúmenes de agua de diversas calidades, las cuales, en su mayoría, se reintegran al medio ambiente pudiendo infiltrarse al agua fréatica con grandes cantidades de materiales contaminantes.

Generalmente, estas aguas residuales tienen un alto contenido de materia orgánica que proporciona nutrientes a las plantas, además también contiene una gran cantidad de microorganismos como bacterias, hongos y virus, los cuales encuentran condiciones favorables de crecimiento y, mediante la infiltración, causan contaminación biológica en los acuíferos del subsuelo.

A medida que se profundiza y se incrementa el contenido del agua en

el suelo, aparecen condiciones anaerobias. Bajo estas condiciones de descomposición, la materia orgánica genera CO_2 y CH_4 . El gas metano tiende a disolverse en el agua subterránea, aumentando su corrosividad.

El elemento que mayor efecto tiene sobre las aguas subterráneas es el nitrógeno, ya que se ha detectado como uno de los elementos que por su estructura molecular, en las diferentes formas que se presenta, penetra más en los estratos porosos. En las aguas residuales, sobre todo en las provenientes de usos domésticos, se presentan grandes concentraciones de compuestos nitrogenados que al ser esparcidos en el suelo mediante el riego, pueden producir condiciones severas de contaminación en los mantos acuíferos.

En la fertilización de la tierra se esparcen sobre el suelo compuestos altamente ricos en nutrientes, principalmente en nitratos y fosfatos, para que después sean aprovechados por las plantas. En países menos industrializados, los desechos animales ó humanos se usan generalmente como fertilizantes orgánicos (Freeze y Cherry, 1979).

De los principales nutrientes en fertilizantes, el N en la forma de NO_3^- , es el que más causa contaminación en las aguas subterráneas debido a su gran movilidad con que se presenta en las tierras de cultivo. En general, en áreas donde se han detectado contaminación

por nitratos, su presencia se debe a los campos sépticos; en cambio, el amonio y el nitrógeno orgánico se presentan en concentraciones más bajas. La contaminación por NO_3^- de aguas subterráneas poco profundas, a menudo se atribuyen a la lixiviación de fertilizantes. En algunas zonas la contaminación por nitratos no se debe a la presencia de fertilizantes, sino quizás la mayor cantidad de NO_3^- se deriva de la oxidación y lixiviación del nitrógeno orgánico natural del suelo (Burns y McLaren, 1975; Mosey, 1980).

4.4 CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA

Otro problema que se debe considerar es la presencia de bacterias y virus en su movimiento de flujo de agua subterránea. Las bacterias viajan en la corriente del agua a través del medio poroso y se pueden eliminar por filtración, agotamiento o por adsorción.

La migración de las bacterias es muy lenta con relación a la velocidad del flujo del agua. Las bacterias pueden vivir en estado latente en los orificios del medio poroso. Su vida es generalmente corta comparada con la velocidad del flujo del agua subterránea. En medio arenoso o de materiales finos, los organismos patógenos y coliformes generalmente no penetran más de algunos metros (Krone, et.al.1968). Sin embargo, algunos estudios han informado que en acuíferos heterogéneos de arena o grava las aguas residuales que

contienen bacterias han sido transportadas varios cientos de metros a lo largo del flujo del agua subterránea (Wesner y Baier, 1970).

Los virus son partículas orgánicas muy pequeñas (0.07-0.7 μm de diámetro) que tienen carga superficial (Garba, et.al., 1980). La adsorción es el mecanismo más importante de retardación de los virus en depósitos granulares altamente permeables. Los problemas asociados con el muestreo y la identificación de virus en los sistemas de aguas subterráneas han restringido su conocimiento en este medio (Garba, et.al.1980).

Actualmente se tienen considerables evidencias que indican que las bacterias y los virus de las aguas residuales tienen pequeñas distancias de penetración cuando viajan en las aguas subterráneas a través de materiales geológicos granulares. Esta generalización no se puede hacer cuando el transporte se efectúa a través de rocas fracturadas (Freeze y Cherry, 1979).

Se sabe que estos microorganismos pueden vivir muchos días y aun meses sobre el nivel del agua. En rocas fracturadas, donde las velocidades del agua subterránea suelen ser altas, es suficiente para transportar los varios kilómetros (Freeze y Cherry, 1979).

4.5 DESECHOS DOMÉSTICOS

4.5.1 Desechos domésticos líquidos.

La mayoría de los desechos líquidos domésticos se captan en las redes de alcantarillado que conducen las aguas hasta puntos alejados de las zonas urbanas donde se reintegran al medio ambiente, ya sean directamente o con tratamiento previo, receptores que las transportan hacia su reuso o al océano. La contaminación que se produce en estos cuerpos receptores pueden acabar con la utilidad del agua y puede presentar infiltraciones al subsuelo causando contaminación de los mantos acuíferos subterráneos.

Las condiciones ambientales normales permiten la reproducción de microorganismos en el agua, los cuales estabilizan parcialmente la materia orgánica. El grado de estabilización de la materia orgánica está en función del tiempo y de las características biológicas del sistema. En aguas residuales domésticas el nitrógeno es uno de los principales componentes debido a las altas cantidades de materia orgánica que contiene.

Los compuestos nitrogenados se encuentran en altas concentraciones, por lo que presentan un flujo relativamente rápido a través del subsuelo, contaminando así los mantos acuíferos subterráneos. De los compuestos nitrogenados los que presentan mayor peligro para la

salud son los nitritos y los nitratos. En estas condiciones los virus y las bacterias encuentran situaciones propicias para su crecimiento (Freeze y Cherry 1979).

4.5.2 DESECHOS DOMÉSTICOS SÓLIDOS

Los desechos sólidos domésticos se van acumulando en sitios sin protecciones o barreras que eviten la contaminación del subsuelo.

En estos depósitos se encuentran todo tipo de desechos químicos y materia orgánica que pueden ser arrastrados hacia el subsuelo por medio del agua de lluvia (Freeze y Cherry, 1979).

Se tiene información que en regiones donde existieron o existen tiraderos de basura a cielo abierto las aguas subterráneas se han contaminado principalmente con nitratos (Fresse y Cherry, 1979).

Por esta razón y en función de los resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis se analizará con mayor detalle este tipo de contaminación de aguas subterráneas.

4.5.3 DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales que no reciben tratamiento se deben encauzar hacia corrientes superficiales que las transporten hacia lugares

distantes, donde no causen problemas; en algunos casos es conveniente utilizarlas para riego. Cuando las aguas residuales contienen altas concentraciones de elementos tóxicos, estos inhiben la reproducción de los microorganismos encargados de la estabilización de la materia orgánica. Esto puede provocar una mayor contaminación de las aguas subterráneas; cuando esto sucede, los factores que afectan directamente la velocidad del flujo de los contaminantes hacia los mantos acuíferos subterráneos son: la concentración y solubilidad del contaminante; y la porosidad de las condiciones fisicoquímicas del suelo que pueden retrasar o acelerar el flujo del contaminante (Freeze y Cherry, 1979).

La única forma eficaz de controlar este tipo de contaminación, es mediante tratamiento o eliminación de aquellos componentes que pueden producir contaminación del agua de descarga. La eliminación de aguas residuales también se lleva a cabo mediante lagunas de infiltración y evaporación. En este caso, debido a los largos tiempos de retención, se aumenta la oportunidad de infiltración, así como también aumenta la concentración de componentes contaminantes al presentarse la evaporación. Estas condiciones incrementan la contaminación de aguas subterráneas.

Otro proceso de eliminación de aguas residuales que contribuyen a la contaminación de aguas subterráneas son las fosas sépticas y los emisores de plantas de tratamiento.

CAPITULO 5

MARCO GEOLÓGICO

La cuenca de México es una cuenca endorreica de carácter lacustre, donde la corteza ha sufrido grandes esfuerzos, produciéndose un intenso fracturamiento. Está circundada por elevadas montañas y cubierta en diferentes puntos por áreas lacustres producto de lagos que existieron al final de la época glacial. Al cerrarse la cuenca, en el cuaternario superior, las aguas pluviales quedaron encajonadas, formando un conjunto de lagos someros. Podrían mencionarse, el lago de Xochimilco y Chalco, que formaban uno solo, y al norte el de Zumpango (Rodríguez C. y González M, 1989). El área de estudio se encuentra en lo que fisiográficamente se denomina Faja Transvolcánica Mexicana, en el centro de la cuenca del Valle de México y en particular la Subcuenca de Chalco.

La Subcuenca de Chalco se localiza al sur de la Cuenca de México y de la zona urbana de la Ciudad de México (figura de pozos del Ramal Tláhuac). Queda limitada al norte por las estribaciones de la sierra de Sta. Catarina, constituida por lavas fenobasálticas y tobas del plioceno, ubicándose también en el cerro el Pino, caracterizado por rocas más antiguas que la sierra de Sta. Catarina. Presenta sucesiones de lavas basáltico-andesíticas, con intercalaciones de piroclastos. También se observan algunos depósitos calcáreos en las partes altas.

Forman parte de esta formación los conos cineríticos de San Nicolás y Xaltepec y el volcán con dos conos anillados conocidos como La Caldera, que constituye una prominente estructura que se eleva directamente del piso del antiguo lago. Estos conos parecen ser morfológicamente intermedios entre conos de escoria y anillos de tefra, pero parecen estar constituidos por material piroclástico con muchas de las características de los anillos de tefra (Francis y Thorpe, 1974).

La permeabilidad de las formaciones de Sta. Catarina es de media a alta. Al sur encontramos estructuras constituidas por tobas, andesitas, desitas y reolitas, pertenecientes al gpo Chichináutzin. Al oeste se encuentra el área chinampera de Tláhuac, sobre depósitos lacustres y aluviales. El paquete sedimentario se está compuesto por cenizas volcánicas, material piroclástico, tobas brechas y arcillas. Al este, se encuentra limitada por la sierra nevada (Rodríguez C. y González M, 1989). La Subcuenca de Chalco se ha venido formando a través de una serie de procesos geológicos (intemperismo, erosión y acumulación de sedimentos) y tectonismo que a su vez provocó vulcanismo. A grandes rasgos esta área representa un paisaje de conos cineríticos, abanicos volcánicos, laderas, colados de lavas andesítica-basálticas, todos ellos afectados por erosión reciente, así como cañadas, valles, planicies lacustres y otro tipo de paisajes de menor importancia. Una de estas planicies lacustres la constituye el área del antiguo lago de Chalco (Rodríguez C. y González M, 1989).

CAPITULO 6

SISTEMAS PARA MEDIR LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua generalmente es dinámica, es decir, está sujeta a cambios con o sin la intervención humana. Muchos parámetros se utilizan para describir y especificar las características de calidad. Sin embargo, la selección de los parámetros a considerar, la metodología para el muestreo y su periodicidad, así como la preservación de las muestras y la selección apropiada de los métodos analíticos, involucran una compleja matriz de variables.

Algunas veces, el mejor camino para tener la información deseada es determinar las concentraciones de uno o más de los constituyentes específicos. Por otro lado, puede ser más apropiado evaluar los efectos causados por ellos, sus concentraciones y las diferentes especies químicas en las que se encuentran presentes.

Ocasionalmente, el tiempo y las limitaciones analíticas pueden impedir algunas determinaciones, haciendo necesario cuantificar factores que podían no ser tan importantes por sí mismos, pero conociéndolos pueden ser asociados con los constituyentes principales o sus efectos. Los diferentes tipos de determinaciones analíticas se pueden agrupar básicamente en los cuatros grupos que a continuación se describen:

6.1 Determinaciones directas de constituyentes.

Con las técnicas analíticas actualmente disponibles se pueden hacer determinaciones de elementos presentes en el agua, como calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, manganeso, mercurio y cromo. Frecuentemente, sus concentraciones se deben de conocer específicamente debido a que son importantes en la evaluación de la calidad del agua para varios propósitos. En aguas potables, es importante conocer los límites de concentración para elementos como el cromo, hierro, mercurio y otros metales, ya que tienen un impacto potencial en la salud u otros efectos no deseables.

Las concentraciones de ciertos iones o compuestos químicos que contienen azufre, pueden tener efectos radicalmente diferentes en la calidad del agua, (sulfatos, sulfitos y sulfuros). En este caso, las determinaciones de la concentración de azufre elemental o total, no proporciona la información adecuada para establecer con certeza si el agua podría ser aceptable para algún uso particular; para esto es necesario analizar cada grupo químico presente (Lamb, 1985).

Estas técnicas se pueden utilizar en los análisis de agua para determinar su contenido microbiológico. Los procedimientos disponibles permiten determinaciones específicas del número de bacterias, algas, protozoarios o de otros organismos. Por otro

lado, permite cuantificar las poblaciones totales de ciertos grupos que tienen características comunes, incluyendo conteo en placa de bacterias, bacterias coliformes totales, bacterias de coliformes fecales, contenido de algas y otros de especial interés para evaluar la calidad del agua.

Los métodos deben de ser herramientas evaluables que por cooperación directa, den las características del agua y definan la calidad necesaria para varios propósitos.

6.2 Determinaciones directas en escalas arbitrarias.

Otra categoría de métodos para describir la calidad del agua, se basa en la medición de características que pueden ser importantes en la definición de su calidad, pero no se pueden relacionar directamente con concentraciones de uno o más elementos o grupos químicos (Lamb, 1985). Por ejemplo, "la turbiedad" se refiere a la dispersión de la luz por partículas suspendidas en el agua, las cuales causan una apariencia turbia o lechosa. Esta característica es especialmente importante para la determinación de un aspecto estético para su aceptación como agua potable. La turbiedad se puede deber a la presencia de materiales suspendidos, pero la cantidad de turbiedad producida por uno, puede ser radicalmente diferente de la que produce la misma concentración de otro, debido a sus diferentes propiedades ópticas. La medida de la turbiedad se

puede realizar en la práctica por la comparación de la apariencia de la muestra con estándares preparados que contienen concentraciones conocidas de un material específico suspendido que es similar a los que causan turbiedad en aguas naturales (SiO_2). En este caso, la turbiedad se reporta en "unidades" correspondientes al estándar que más se acerca a la apariencia del agua de la muestra que se examina. Se han desarrollado varios procedimientos analíticos basados en comparaciones con otras escalas arbitrarias para medir características importantes de calidad del agua, como son: color, alcalinidad, acidez, concentraciones de sólidos suspendidos y sólidos disueltos. Todos ellos miden los parámetros directa y cuantitativamente basándose en técnicas analíticas específicas y reproducibles (Lamb, 1985).

6.3 Medidas de factores asociados.

A menudo, es imposible o poco práctico medir las características de interés primordial de la calidad del agua, pero se pueden medir otros parámetros que estén relacionados a ellas.

Estas mediciones algunas veces se usan para aplicarles un factor de correlación determinado, con el fin de calcular una concentración estimada para el constituyente de interés.

En la contaminación de un río o en el tratamiento de aguas

residuales, la demanda de oxígeno impuesta por los microorganismos aerobios es de especial importancia por el impacto del oxígeno disuelto en el medio y en la vida acuática. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es quizá la prueba de mayor importancia para la evaluación del rendimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales y para predecir los impactos en los cuerpos receptores de agua. Desafortunadamente esta prueba de (DBO) requiere de la incubación de la muestra por cinco días y hasta entonces se obtiene el resultado. Por otro lado, la prueba de la demanda química de oxígeno (DQO) que utiliza un oxidante químico fuerte para reaccionar con la materia orgánica presente en las aguas residuales, puede llevarse a cabo en dos horas o menos, pero su resultado difiere sustancialmente de la (DBO) tanto numéricamente como en su significado físico.

El concepto básico para este grupo de análisis, es medir un parámetro que esté asociado con las características de calidad de interés pero que se pueda determinar con mayor seguridad, más fácilmente o más rápidamente.

Otras pruebas basadas en factores asociados son:

- i) Determinación de sólidos volátiles para estimar el contenido orgánico de aguas y lodos.
- ii) Determinación de la conductividad para estimar los sólidos disueltos en el agua.

iii) El uso del contenido de carbono orgánico total (COT) para correlacionarlo con la (DBO) y la demanda de carbono orgánico.

6.4 Evaluación de los efectos de los constituyentes.

Frecuentemente es necesario evaluar la calidad del agua considerando los efectos causados por algunos de los constituyentes, en lugar de tratar de determinar sus identidades y concentraciones.

La demanda de oxígeno es de vital importancia para establecer impactos sobre los peces y otras especies de la vida acuática por efecto de descargas de aguas residuales en ríos y lagos.

La prueba de la (DBO) mide directamente la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos vivos, bajo condiciones aproximadas que deben de existir en un cuerpo de agua. Su medición nos da el efecto total de varios constituyentes en las aguas residuales.

Otras pruebas analíticas que están basadas en la evaluación de los efectos de los constituyentes (Lamb, 1985) son:

- i) Demanda de cloro en agua y aguas residuales
- ii) Prueba de olor

CAPITULO 7

IMPORTANCIA SANITARIA

El análisis microbiológico del agua es de gran importancia para determinar su calidad sanitaria. Para ello se realizan pruebas de detección y recuento de microorganismos indicadores.

El grupo de bacterias coliformes es el principal indicador de la adecuación del agua para usos domésticos, industriales o de otro tipo. El grupo coliformes totales comprende un grupo de bacterias constituido por bacilos gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no formadores de esporas, oxidasa negativos, capaces de crecer en presencia de sales biliares y otros compuestos activos de superficies (surfactantes), con propiedades similares de inhibición de crecimiento y que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 34.5°C de 24 a 48 horas.

El grupo incluye los géneros siguientes: Escherichia, Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella. La razón de utilizar organismos indicadores para la determinación microbiológica del agua, es porque las bacterias patógenas son al menos igualmente sensibles que los organismos coliformes a las condiciones ambientales. De manera que, si los coliformes han desaparecido por cualquier motivo, las bacterias patógenas habrán desaparecido también. La determinación de estos organismos se realizó para determinar si el

agua cumple con las normas sanitarias vigentes, para controlar la cantidad de un cuerpo de agua natural de manera estacional, para medir la eficiencia de una planta de tratamiento, para determinar la fuente de contaminación o para calcular la densidad de la misma.

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentemente utilizada en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido-base, ablandamiento, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, dependen del pH.

El pH se utiliza en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en muchos equilibrios ácido-básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrógeno o pH. Este valor de pH tiene también marcada influencia en los tratamientos biológicos de las aguas negras.

La conductividad del agua depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición. El análisis de la conductividad permite evaluar las variaciones de la concentración de los minerales disueltos en aguas naturales y residuales, así como para determinar el efecto de la concentración total de los iones sobre equilibrios químicos, efectos fisiológicos

en plantas y animales, tasas de corrosión, etc.

La determinación de la temperatura se utiliza en el cálculo de diversas formas de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de la salinidad y en las operaciones generales de laboratorio. En los estudios limnológicos, con frecuencia se requieren temperaturas de agua en función de la profundidad. Las temperaturas elevadas, consecuencia de descargas de agua calentada, pueden tener un significado ecológico significativo.

A menudo la identificación de la fuente de aporte hídrico, como en los manantiales profundos, solo es posible efectuando medidas de temperatura, las plantas industriales suelen necesitar datos de temperatura del agua para uso sistemático o cálculos de transmisión de calor. En el Ramal Tláhuac, se observó que la temperatura en promedio general es de 19°C.

Los surfactantes entran en las aguas limpias y residuales principalmente por descargas de residuos acuosos de lavado doméstico e industrial de ropa y otras operaciones de limpieza. Un surfactante combina en una sola molécula un grupo muy hidrófobo con uno muy hidrófilo. Dichas moléculas tienden a congregarse en las interfases entre el medio acuoso y las otras fases del sistema, como aire, como líquidos oleosos y partículas, impartiendo por lo

tanto propiedades tales como formación de espumas, toxicidad para la vida acuática y crecimiento desmesurado de la flora acuática por el aporte de fosfatos.

Los sulfatos son de los aniones más abundantes en las aguas naturales. Causan varios problemas, entre los cuales se pueden enumerar los siguientes:

- En combinación con el calcio y el magnesio son responsables de las incrustaciones duras que se encuentran comúnmente en las tuberías, calderas, utensilios domésticos, etc.
- En combinación con la materia orgánica y las bacterias sulforreductoras, causan problemas de corrosión, principalmente en la corona de las tuberías y concretos de los desagües.
- En la concentración de alrededor de más de 500 mg/l, los sulfatos ejercen una acción laxante en humanos.
- Se ha notado que si el contenido de sulfatos es superior a 200 mg/l es tóxico también para los animales.
- Los sulfatos pueden contribuir a crear problemas de malos olores al ser reducidos por las bacterias reductoras, debido a que se produce ácido sulfhídrico.
- La misma acción anterior produce una disminución en el pH del agua, agravando los problemas de corrosión.

En las aguas de algunos cuerpos receptores pueden encontrarse grandes cantidades de sulfatos debido a que los residuos del

drenado de minas puede aportarlos como subproducto de la oxidación de la pirita. Los sulfatos de sodio y magnesio ejercen una acción catalítica. En el Ramal Tláhuac, se observó que los sulfatos en su promedio general es de 11.54 mg/l. El ión cloruro es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro es variable y depende de la composición química del agua. Algunas aguas con 250 mg/l pueden tener un sabor salado detectable si el catión es el sodio. En cambio, ese gusto salado típico puede estar ausente en aguas con hasta 1.000 mg/l cuando los cationes predominantes son el calcio y el magnesio. La concentración de cloruros es mayor en las aguas residuales que en las naturales, debido a que el cloruro de sodio es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo.

A lo largo de las costas el cloruro puede estar presente en concentraciones altas por el paso del agua del mar a los sistemas de alcantarillado. También puede aumentar debido a los procesos industriales. Un alto contenido de cloruros en el agua puede dañar las condiciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

El nitrito es un estado intermedio de la oxidación del nitrógeno, tanto en la oxidación del amoníaco a nitrato como en la reducción del nitrato. Puede estar presente en el agua natural como resultado

de la descomposición de materiales proteicos.

En aguas superficiales crudas, las huellas de nitritos indican contaminación. También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal o puede estar presente debido a su uso como inhibidor de la corrosión en el agua para procesos industriales.

El ácido nitroso, formado a partir del nitrito en soluciones ácidas, puede reaccionar con aminas secundarias ($RR'NH$) dando lugar a nitrosaminas ($RR'N-NO$), muchas de las cuales son agentes carcinógenos reconocidos. El nitrógeno de nitritos rara vez aparece en concentraciones $>$ a 1 mg/l aun en efluentes de plantas de tratamiento municipales. Su concentración en aguas superficiales y subterráneas es normalmente más baja de 0.1 mg/l.

El nitrato es una de las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales y residuales, se presenta generalmente como trazas en el agua de superficie, pero puede alcanzar niveles elevados en las aguas subterráneas. En cantidades excesivas, contribuye a una enfermedad infantil llamada metahemoglobinemia. Para evitarla, se ha establecido un límite de 10 mg de nitrato como N/L. El nitrato es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como el

determinante del crecimiento. Una concentración alta de nitratos es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados. En las aguas de algunos pozos suele encontrarse cantidades apreciables de nitratos, lo que es objetable desde el punto de vista sanitario.

El fósforo se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, y su origen puede ser diverso, Algunos fosfatos llegan al agua a través de los detergentes, otros se utilizan en el tratamiento de aguas de calderas.

Los ortofosfatos aplicados como fertilizantes a la tierra cultivada agrícola o residencial son arrastrados a las aguas superficiales con las lluvias. Los fosfatos orgánicos se forman en procesos biológicos y pasan al alcantarillado por residuos corporales y de alimentos y también se pueden formar a partir de los ortofosfatos durante los procesos de tratamiento biológico o por recibir la carga biológica del agua. El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser el nutriente limitador de la productividad primaria de un cuerpo de agua. En los casos en que constituye el nutriente limitador del crecimiento, las descargas de aguas residuales brutas o tratadas, drenados agrícolas o ciertos residuos industriales a esa agua puede estimular el crecimiento de microorganismos acuáticos fotosintéticos en cantidades inconvenientes.

El amoníaco se encuentra en forma natural en aguas superficiales y residuales. Su concentración suele ser baja en las aguas subterráneas debido a que es adsorbido en las partículas y arcillas del suelo y no se extraen fácilmente por lixiviación. Se produce en gran parte por desaminación de los compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea.

En algunas plantas de tratamiento de agua se añade amoníaco para que reaccione con el cloro y forme cloro residual (cloraminas). Las concentraciones de amoníaco halladas en el agua varía desde menos de 10 microgramos de nitrógeno amoniacal por litro.

Estos son elementos esenciales para el cuerpo humano a valores muy bajos, no presentan importancia sanitaria pero a valores mayores de 0.3 y 0.05 mg/l respectivamente, son objetables por que producen sabor, color, precipitados, manchas en la ropa y accesorios de plomería.

Los efectos benéficos de los metales en el agua pueden ser en algunos casos con concentraciones muy bajas, pero en concentraciones mayores los efectos son peligrosamente tóxicos. Los iones metálicos se pueden encontrar disueltos o suspendidos.

El hierro y el manganeso se encuentran en las aguas naturales, así como también en algunas aguas residuales. Estos elementos están

presentes en forma insoluble en cantidades significativas en casi todos los suelos; sin embargo, las plantas los toman del suelo en forma soluble. Ambos elementos se encuentran bajo condiciones anaerobias en estado de oxidación $+2$ y en condiciones aerobias como hierro (III) y manganeso (IV) que son los estados más estables. En la mayoría de las aguas subterráneas, estos dos elementos existen en forma reducida y en ausencia de especies, como los sulfuros y los carbonatos, la solubilidad de los dos metales está controlada por el hidróxido del metal en la fase sólida. La mayoría de los metales pesados se pueden determinar colorimétricamente mediante la formación de sustancias complejas o utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica, el cual permite detectar cantidades mínimas (rastras) de dichos metales.

CAPITULO 8

MATERIAL Y METODOS

8.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Las fuentes de abastecimiento de agua potable más importantes en la zona metropolitana de la Ciudad de México son los mantos acuíferos subterráneos.

En la zona sur del Distrito Federal, se encuentra el acuífero del Ramal Tláhuac que se encarga de abastecer la delegación de Tláhuac y los Municipios de Chalco, Los Reyes la paz, San Miguel Teotongo y parte de Cd. Nezahualcoyotl. La dotación se efectúa a través de los tanques de regulación llamados la Caldera y Uno del Departamento del Distrito Federal, junto al relleno de Sta. Catarina. La Población beneficiada es de aproximadamente por 10.000 habitantes. Este Ramal de Tláhuac se intercepta con otro Ramal de 14 pozos denominado Sta. Catarina Mixquic, ubicado en el poblado de Sta. Catarina y otros que son lineales con los del Valle de Chalco. (Ver FIGURA No.3)

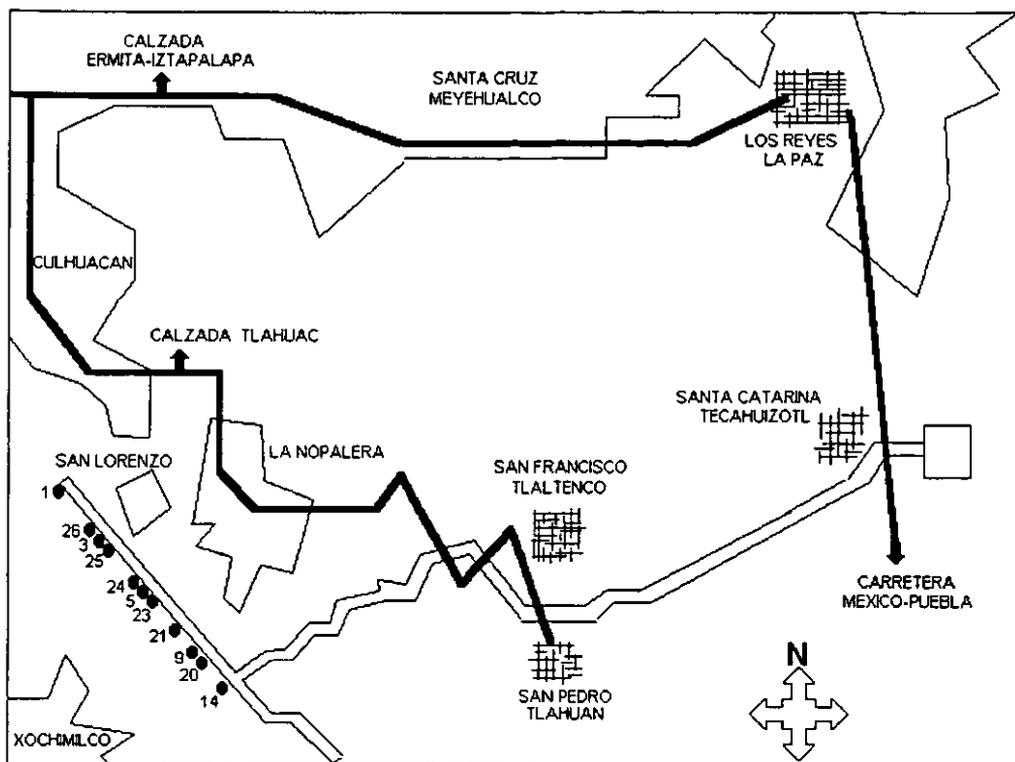


FIG. No. 3 MAPA DEL RAMAL TLAHUAC

8.2 METODOS DE MUESTREO PARA LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se obtuvo una muestra de agua de tres litros en un garrafón de plástico con tapón de rosca, enjuagado varias veces con la misma agua del sitio de colecta.

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio dependerán del método de muestreo. Para que estas muestras tuvieran valor significativo, el agua de los pozos se dejó salir algunos minutos antes de tomar la muestra significativa. Primero se tomaron las temperaturas del agua y la temperatura ambiental.

Una vez obtenidas las muestras en los garrafones y los frascos se trasladaron al laboratorio para la realización de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

La siguiente lista incluye los parámetros que se evaluaron en las muestras de agua.

FÍSICOS	QUÍMICOS		
Potencial Hidrógeno (pH)	SAAM	FOSFATOS	MANGANESO
Conductividad Eléctrica	SULFATOS	AMONIO	
Temperatura del agua (campo)	NITRITOS	SÍLICE	
Temperatura Ambiental (campo)	CLORUROS	HIERRO	

Se hará una breve descripción de los métodos utilizados para el análisis de las muestras que se encuentran perfectamente descritos en el "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater", libro aceptado y utilizado por dependencias oficiales, universidades e industrias en general para el análisis de aguas.

8.2.1 DETERMINACIONES FÍSICAS

8.2.1.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

La determinación de pH se hizo a temperatura ambiente, utilizando un potenciómetro marca Orion Research modelo 701/digital ionanalyzer con electrodo de vidrio, teniendo un rango de 0-14 para su lectura. Previamente, se calibró el instrumento con una solución buffer de pH = 7 a temperatura ambiente.

8.2.1.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E.)

Para la determinación de la C.E. se utilizó un puente de conductividad marca Hach, modelo 2510 con lectura analógica y celdas de acero inoxidable, las lecturas se hicieron a temperatura ambiente.

8.2.1.3 TEMPERATURA (T) EN GRADOS CENTIGRADOS (°C)

Para la determinación de las temperaturas se utilizó un termómetro de mercurio graduado con una escala de 0-50 °C, marca Proper.

8.2.2 DETERMINACIONES QUÍMICAS

8.2.2.1 SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE MÉTILENO (SAAM)

Para la determinación de SAAM se utilizó un matraz de bola de separación, al cual se le agregaron 100 ml de muestra más 15 ml de cloroformo y 25 ml de azul de metileno.

Se agitó suavemente y se observó si el cloroformo se teñía de azul. Esto nos indicaba que la muestra se encontraba contaminada. De ser así se proseguía recolectando el cloroformo teñido y aforándolo a 50 ml con cloroformo limpio.

Posteriormente se toma una submuestra para leer en el espectrofotómetro la intensidad del color generado a una longitud de onda de 652 nm. Se obtiene el contenido de SAAM en mg/l, por medio de una curva de calibración previamente elaborada.

8.2.2.2 SULFATOS (SO_4)

Para la determinación de sulfatos se tomaron 50 ml de la muestra y se vaciaron en un vaso de precipitado de 250 ml, agregándole 1 ml de ácido clorhídrico 1:1, 0.5 g de cloruro de bario, posteriormente agitándose en un tiempo aproximado de 5 minutos.

Transcurrido el tiempo, se toma una muestra y se mide en el espectrofotómetro con filtro verde, para tener un valor relativo del galvanómetro. El contenido de SO_4 en mg/l se obtiene mediante una curva de calibración previamente elaborada.

8.2.2.3 CLORUROS (Cl_2)

Para la determinación de cloruros se tomaron 50 ml de agua de la muestra en un matraz Erlenmeyer, agregándole de 2 a 3 gotas de cromato de potasio (indicador de color amarillo), posteriormente se titula con una solución de nitrato de plata hasta que la coloración amarilla cambie a un color rojizo ladrillo, esto nos puede indicar que la plata del nitrato ha reaccionado con los cloruros para formar cloruro de plata. Los Cl_2 en mg/l se calculan por $\text{Cl}_2 = \text{ml sol. de nitrato de plata por } 20$.

8.2.2.4 NITRITOS (NO_2)

Los nitritos se determinaron por el método de Diazotación en el cual se agrega en un tubo de Nessler 50 ml de muestra y añadiéndole 1 ml de ácido sulfanílico, se agita dejando reposar 5 minutos, después se le agrega 1 ml de alfa-naftilamina hidroclorada que produce un tinte de color rosado.

Se le agrega 1 ml de la solución reguladora (acetato de sodio), se toma una muestra para leer en el espectrofotómetro con filtro color verde a una longitud de onda de 410 nm.

Posteriormente se busca el valor de calibración en la gráfica correspondiente.

8.2.2.5 NITRATOS (NO_3)

Los nitratos se determinaron por el método de la brucina alcaloide. Se toma 1 ml de la muestra se añaden 0.33 ml del reactivo del resorcinol y 4 ml de ácido sulfúrico concentrado y se deja enfriar.

Se toma una muestra para leer en el espectrofotómetro con filtro verde a una longitud de onda de 410 nm. Posteriormente se busca el valor en la curva de calibración.

8.2.2.6 FOSFATOS (PO_4)

Para la determinación de fosfatos se toman 50 ml de la muestra para analizar en un tubo de Nessler, se le agregan 2 ml de solución de molibdato de amonio y 0.25 ml de cloruro estanoso.

Si existen fosfatos en la solución ésta tiende a tomar una coloración azul, se toma una muestra para leer en el espectro con filtro anaranjado a una longitud de onda de 650 nm, posteriormente se busca el valor en la gráfica de calibración correspondiente.

8.2.2.7 AMONIO (NH_4)

El amonio se determinó por el método de Nesslerización, se vacían 50 ml de agua para analizar en un tubo de Nessler, agregándole 1 ml del reactivo de Nessler, se deja reposar durante un tiempo de 10 a 15 minutos y se toma una muestra para leer en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 425 nm, posteriormente se busca el valor en la gráfica de calibración correspondiente.

8.2.2.8 SÍLICE (SiO_2)

Para la determinación de sílice se tomaron 50 ml de la muestra a analizar en un tubo de Nessler, agregándole 1 ml del ácido clorhídrico, 2 ml de la solución de molibdato de amonio, se deja reposar de 5 a 10 minutos, luego se añade 1 ml de la solución de ácido oxálico, se agita y se toma una muestra para leer en el espectrofotómetro con filtro azul, posteriormente se busca el valor en la gráfica de calibración correspondiente.

8.2.2.9 HIERRO (Fe)

Para la determinación de hierro, se vacían 50 ml de agua para analizar en un vaso de precipitado de 250 ml, agregándole 3 gotas de ácido clorhídrico concentrado, luego éste se pone a calentar a ebullición, agregándole 3 gotas de solución de permanganato de potasio hasta que el color morado desaparezca, inmediatamente se le agrega el sulfocianuro de potasio agitando levemente, el color leve indica presencia de Fe.

Después se toma una muestra para leer en el espectrofotómetro de filtro de color verde a una longitud de onda de 540 nm.

8.2.2.10 MANGANESO (Mn)

Para la determinación de manganeso se vacían 50 ml de muestra en un vaso de precipitado de 250 ml, agregándole 1 ml de la solución de nitrato de plata, se hace con la finalidad de precipitar los cloruros y catalizar la reacción de oxidación. Al mismo tiempo, se le agrega de 1 a 3 gramos de sulfato mercúrico para evitar interferencias, más unos cristales de persulfato de amonio y se pone a ebullición. Si existe manganeso en la muestra analizada, ésta se oxida tomando una coloración morada debido a la formación de permanganato.

Después se toma una muestra para leer en el espectrofotómetro de filtro de color verde a una longitud de onda de 540 nm.

8.3 MÉTODO PARA LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

Para la determinación de los parámetros bacteriológicos se toma una muestra de agua de 100 a 200 ml colectados en frascos de 300 ml de boca ancha y tapón esmerilado color ámbar. Estos frascos fueron lavados y enjuagados perfectamente con agua destilada, se pusieron a secar y posteriormente se le agregaron 0.5 ml de tiosulfato de sodio al 10% con el fin de neutralizar algunas sustancias que contenga el agua muestreada (ozono, cloramina ó cloro).

Previamente a la esterilización, se le colocó, una tira de papel entre el cuello y la tapa, para evitar que se pegue la tapa con el calor; encima de la tapa, cubriendo a su vez el cuello del frasco, se colocó un capuchón de papel estraza grueso.

Una vez preparado el frasco se puso a esterilizar en el autoclave a temperatura de 121°C, y 15 libras de presión atmosférica.

Durante toda su permanencia de esterilización los frascos permanecieron cerrados hasta el momento de poder tomar la muestra.

8.3.1 TOMA DE LA MUESTRA

En el momento de tomar la muestra en el pozo lo que se hizo primero fue purgar el sistema y esto consistió en abrir la llave dándole algunos minutos de salida al agua (3 a 5 minutos) con el fin de obtener una muestra homogénea del agua del pozo y no obtener solo el agua estancada en la tubería o en la llave de este pozo.

Al tomar la muestra fue necesario restringir el flujo de salida del agua para poder obtener un mejor muestreo. Después de haber obtenido la muestra se anotaron todos los datos necesarios en la etiqueta del frasco (lugar del sitio muestreado y fecha en que fue tomada la muestra bacteriológica), esto se hizo con la finalidad de tener una información adecuada sobre la muestra o el sitio que se

analizará. Una vez obtenidas las muestras en los frascos, éstos fueron trasladados lo más pronto posible con un refrigerante al laboratorio.

Una vez obtenidas las muestras bacteriológicas, lo que se hizo fue esterilizar todo el material necesario a una temperatura de 121°C por un tiempo de 15 a 30 minutos, después se prepararon los medios de cultivo que se utilizaron (Caldo Lactosado, Verde Brillante, Medio EC y Agar Nutritivo), estos a su vez también fueron esterilizados a temperaturas de 121 °C, 15 libras de presión durante un tiempo de 15 minutos. Después de haber obtenido todo estéril, lo que se hizo fue desinfectar la mesa de trabajo con alcohol al 70% y así poder empezar a trabajar.

8.3.2 DETERMINACIONES DEL GRUPO COLIFORME

(Técnicas De Identificación Del Grupo Coliforme)

8.3.2.1 TUBOS DE FERMENTACION MULTIPLE

- a) Medios: Caldo Lactosado ó Caldo Lauril Triptosa, Caldo Lactosado Bilis Verde Brillante (LBVB), Medio EC y Agar Nutritivo.
- b) Técnica de los tubos múltiples de fermentación del NMP en donde se utilizaron serie de 5 tubos por muestra.

Prueba Presuntiva:

La cantidad y concentración del medio están dadas de acuerdo con el volumen de muestra.

Lo que se hizo primero fue inocular una serie de 5 tubos de fermentación que tenían caldo lactosado estéril (10 ml) con cantidades apropiadas de las muestras (10 ml). Estos, a su vez, fueron mezclados cuidadosamente y puestos a incubar a 34.5 °C, por otro lado, se hizo la técnica de 1 ml de la misma muestra a analizar en una caja de petri estéril, después a esta misma caja de petri se le agregaron de 10 a 20 ml del medio (agar nutritivo), esta se dejó algunos minutos en reposo a temperatura ambiental mientras el agar se solidificaba, posteriormente fueron sometidas a incubación en un tiempo de 48 horas.

Al tener cumplido el tiempo de incubación, las cajas de petri fueron sometidas a un análisis que fue la cuenta total en placa, que consistió en contar el número de colonias en la caja de petri por ml y a esto se le llamó cuenta total en placa.

Los tubos sometidos a un tiempo de 48 horas posteriormente fueron examinados en una prueba presuntiva, esta prueba consistió en agitar los tubos y observar si presentaban gas y notación de una burbuja, ya que si no presentaban gas y no se notaba la burbuja en el tubo invertido de Durham se consideraban negativos, es decir, ausencia de coliformes y, por lo tanto, el análisis quedaba

concluido. Pero si estos tubos al ser agitados presentaban gas y se notaba la burbuja en el tubo invertido de Durham se consideraban como positivos y esto lleva a otras dos pruebas confirmativas:

1. Determinación de Coliformes Totales
2. Determinación de Coliformes Fecales

Prueba confirmativa:

Los tubos positivos de la prueba del caldo lactosado ó caldo lauril triptosa, se resembraron en dos medios diferentes. Por un lado en caldo lactosado bilis verde brillante (LBVB) y por otro lado en otro medio de cultivo EC, todo esto se llevó a cabo con una asa de siembra para bacterias, se trabajó bajo esterilidad cerca de un mechero. Después, cada uno de estos fueron sometidos a diferentes tratamientos. Primero los de caldo bilis verde brillante (LBVB) fueron incubados 48 horas a una temperatura de 35°C en una incubadora, los tubos que presentaron nuevamente gas o la burbuja notable se consideraron positivos y esto llevó a una prueba confirmativa de la determinación de coliformes totales.

Por otro lado, también se resembró en medio EC pero con un tratamiento diferente de incubación. Estos tubos fueron incubados en un tiempo de 48 horas a una temperatura de 45°C en un baño maria.

Los tubos que presentaron gas y notación de la burbuja se consideraron positivos y esto nos llevó a una prueba confirmativa de la determinación de coliformes fecales.

CAPITULO 9

RESULTADOS Y DISCUSION

Generalmente, al determinar la calidad del agua subterránea, es conveniente analizar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos en el transcurso del tiempo, observando así las variaciones que presentan y relacionarlos con los análisis bacteriológicos en las diferentes épocas del año.

En este estudio el periodo de muestreo abarcó de noviembre de 1991 a diciembre de 1992, obteniéndose 10 muestreos en cada uno de los pozos en los que se determinaron los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos seleccionados.

9.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

De los parámetros fisicoquímicos que se determinaron en cada muestreo, los de mayor interés en este estudio fueron: amonio, nitratos, nitritos y fosfatos, porque se puede relacionar con la transformación y degradación de la materia orgánica para los análisis bacteriológicos, cuenta total en placa (CTP), coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF), según las condiciones detectadas en el acuífero. Para ilustrar el comportamiento de los parámetros mencionados, considerándolos como indicadores de la contaminación del agua, en el anexo 1 y 2 se presentan gráficas y

tablas para cada uno de los pozos, de manera que se puedan observar las variaciones de los parámetros a lo largo del período de muestreo.

Para tener un marco de referencia más objetivo se presentan en las tablas de la 1 a la 11, valores mínimos, valores máximos y un promedio de estos valores determinados en el laboratorio y que se contemplan en las normas de calidad del agua potable para cada uno de los pozos.

9.2 RESULTADOS POR POZO

A continuación se describen las características particulares de cada pozo, para señalar aquellos parámetros que tuvieron valores mayores que los límites que marcan las normas de calidad del agua potable.

9.2.1 Pozo 1

En este pozo los valores de nitritos, nitratos, amonio y bacteriológicos, están dentro de los límites establecidos para agua potable, excepto manganeso y fosfatos que se encuentran en lecturas superiores al límite tolerable de la norma.

Es conveniente señalar que en ocho de los muestreos los valores de

manganeso fueron superiores a la norma permitida (0.1 mg/l) teniendo valores máximos de 0.60 mg/l. Por otro lado, para fosfatos, su valor máximo fue de 0.6 mg/l y su límite permitido para normas de calidad de agua es de 0.5 mg/l, pudiendo observar que solo en dos muestreos sobrepasaron las normas de calidad del agua con 0.1 mg/l. TABLA No.1 GRÁFICA No.1

TABLA No.1 CARACTERISTICAS DEL POZO 1 RAMAL TLÁHUAC*

Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
1*92	0.01		6*92	0.12	0.19
2*92	0.23	0.19	7*92	0.28	
3*92	0.50		9*92	0.12	
4*92	0.33		10*92	0.06	

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.2 Pozo 3.

Se encuentra a cuatro pozos del pozo 1 (fig. plano de pozos). Presentó valores de nitratos y amonio dentro de los límites permitidos para agua potable, mientras que para el manganeso en todos sus muestreos presenta valores fuera de normas de calidad de agua potable (0.1 mg/l) con valor máximo de 1.25 mg/l mientras que para fosfatos se sobrepasaron 8 de las muestras en el valor permitido para normas de calidad de agua (0.5 mg/l) teniendo un valor máximo de 0.9 mg/l.

Para los nitritos el valor límite por normas de calidad de agua es

de 0.05 mg/l y su valor máximo fue de 0.075 mg/l en una sola muestra, en donde se observa un valor máximo para coliformes (2 org. en 100 ml), teniendo valores permitidos por normas de calidad de agua potable (0 org. en /100 ml). TABLA No.2 GRÁFICA No.2

TABLA No.2 DEL POZO 3 RAMAL TLÁHUAC*				
Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	C.T.
11*91	0.93			
12*92	0.66	0.4		
13*92	0.55	0.3		
14*92	1.15	0.4		
15*92	0.77		0.025	
16*92	0.71	0.1		
17*92	0.60	0.2		
18*92	0.60	0.3		
19*92	0.50	0.2		
20*92	0.55	0.2		2

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.3 POZO 5.

Su ubicación se muestra en la figura del croquis de los pozos de acuerdo con la descripción del plano de este pozo, se encuentra en la misma dirección de los demás pozos Ramal Tláhuac, pudiéndose señalar nuevamente que en todos los muestreos realizados se presentó el manganeso fuera de normas de calidad de agua potable (0.1 mg/l) teniendo un valor máximo de 0.87 mg/l, mientras que, por otro lado, los valores de nitritos, nitratos y amonio se encontraron dentro de los límites tolerables para agua potable.

En cuanto se refiere a los fosfatos, se sobrepasaron en ocho de sus muestras, teniendo un valor límite de 0.5 mg/l, un valor máximo de 0.9 mg/l. Para el hierro el valor permitido es de 0.3 mg/l y su valor máximo para una muestra fue de 0.5 mg/l, pero cabe señalar que también en los análisis bacteriológicos se sobrepasaron las normas de calidad para agua potable en tres muestras teniendo un valor máximo para cuenta total en placa de 316 col./ml un valor límite de 200 col./ml; coliformes totales 23 org./100 ml, valor límite 0 org./100 ml; y para coliformes fecales un valor máximo de 2 org./100 ml y un valor límite de 0 org./100 ml. TABLA No.3 GRÁFICA No.3

Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Fe (mg/l)	C.T.P	C.T.	C.F.
21*92	0.60	0.2	0.20			
22*92	0.77	0.4				
23*92	0.77					
24*92	0.39	0.2				
25*92	0.55	0.3				
26*92	0.44	0.2				
27*92	0.33					
28*92	0.44			116	23	2
29*92	0.28				2	2
30*92	0.39	0.1			23	

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.4 POZO 9.

En este pozo se puede señalar que sobrepasan los límites para normas de calidad de agua potable para manganeso en todas sus muestras, teniendo un valor máximo de 0.7 mg/l, un valor límite para normas de calidad de agua potable (0.1 mg/l).

En cuanto a los fosfatos, se sobrepasaron en toda las muestras, teniendo un valor máximo de 0.9 mg/l, y un valor límite de tolerancia de 0.5 mg/l.

Para el amonio, su valor máximo fue de 1.2 mg/l y su límite de tolerancia es de 0.50 mg/l, esto pudo indicar que en todos sus muestreos se sobrepasaron.

Para nitritos, el valor máximo fue de 0.133 mg/l y su valor límite de tolerancia es de 0.05 mg/l. TABLA No.4 GRÁFICA No.4

TABLA No.4 POZO 9 RAMAL TLAHUAC*					
Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NH ₂ (mg/l)	C.T.P.
31*92	0.44	0.4	0.07		970
32*92	0.66	0.3	0.58		
33*92	0.60	0.1	0.07		
34*92	0.17	0.4	0.10		
35*92	0.12	0.2	0.70		
36*92	0.06	0.4	0.22		
37*92	0.28	0.1	0.36		
38*92	0.01	0.2	0.14		
39*92	0.01	0.4	0.10		
40*92	0.01		0.01	0.018	

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.5 POZO 14.

Este pozo tiene la misma ubicación y se encuentra en la misma dirección de los demás pozos, presentando muy bajos valores, para fosfatos el límite de tolerancia es de 0.5 mg/l con valor máximo de 0.9 mg/l, pero este pozo presenta en uno de sus muestras datos bacteriológicos con valores máximos de 2 org./100 ml para coliformes totales y coliformes fecales con un valor límite de tolerancia de 0 org./100 para coliformes totales y coliformes fecales. TABLA No.5 GRÁFICA No.5

TABLA No.5 POZO 14 RAMAL TLÁHUAC*			
Caso	PO ₄ (mg/l)	C. T.	C. F.
41*92	0.4		
49*92		2	2

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.6 POZO 20 BIS.

Este pozo se caracteriza por presentar parámetros que sobrepasan las normas de calidad para agua potable, presentando valores máximos en manganeso de 0.76 mg/l teniendo como límite de tolerancia 0.1 mg/l, esto es para todas sus muestras.

Los fosfatos presentan un valor máximo de 0.8 mg/l teniendo como límite de tolerancia 0.5 mg/l. También se pudo notar que existen valores para amonio en dos muestras con un valor máximo de 1.16

mg/l siendo el valor límite de tolerancia de 0.5 mg/l.

En un solo muestreo se hace notar la presencia del hierro con un valor máximo de 0.34 mg/l, teniendo su límite de tolerancia en 0.3 mg/l.

Los análisis bacteriológicos, en cuenta total en placa en cuatro de sus muestras presentaron valores superiores al límite de tolerancia, teniendo un valor máximo de cuenta total en placa de incontables, presentándose también los coliformes totales y los coliformes fecales ambos con 2 org./100 ml. TABLA No.6 GRÁFICA No.6

Fecha	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Fe (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	C.T.P.	C.T.	C.F.
51*92	0.17	0.3					
52*92	0.12	0.1					
53*92	0.33	0.1			580		
54*92	0.66	0.3		0.66			
55*92	0.33	0.2					
56*92	0.12	0.3					
57*92	0.17	0.1		0.01			
58*97	0.33				2990	2	2
59*92	0.06	0.2			INCONTABLE		
60*92	0.01	0.2	0.04		418		

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.7 POZO 21.

Este pozo presentó valores mayores al límite establecido por las

normas de calidad de agua potable para manganeso, con un valor máximo de 1.08 mg/l y su límite de tolerancia es de 0.1 mg/l. Para fosfatos el valor máximo es 0.7 mg/l y su límite de tolerancia es 0.5 mg/l, pero nuevamente se vuelven a presentar los análisis bacteriológicos, teniendo cuenta total en placa en las últimas cuatro muestras y además coliformes totales (2 org. 100/ml). TABLA No.7 GRÁFICA No.7

TABLA No.7 POZO 21 RAMAL TLÁHUAC*				
Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	C.T.P.	C.T.
61*92	0.5			
62*92	0.55	0.1		
63*92	0.98	0.2		
64*92	0.82			
65*92	0.50	0.1		
66*92	0.33			
67*92	0.55	0.1	INCONTABLES	
68*92	0.82		5715	2
69*92	0.33	0.1	1780	
70*92	0.23	0.1	213	

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.8 POZO 23.

Este pozo presentó manganeso y fosfatos, con valores máximos para manganeso de 1.9 mg/l y un valor límite de tolerancia de 0.1 mg/l; mientras que para el fosfato el valor máximo fue 2.8 mg/l con un valor límite de tolerancia de 0.5 mg/l. Nuevamente, presentó los análisis bacteriológicos valores superiores a los límites de

tolerancia para normas de calidad de agua potable.

En las últimas tres muestras se pudo observar cuenta total en placa, con un valor máximo de crecimiento extendido y en una sola muestra aparecen los coliformes totales y coliformes fecales ambos con 2 org. 10/ml. TABLA No.8 GRÁFICA No.8

TABLA No.8 POZO 23 RAMAL TLÁHUAC*				
Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	C.T.P.
71*92	0.82	0.1		
72*92	1.63	0.1		
73*92	1.80	0.1		
74*92	1.47	0.1		
75*92	1.42	0.1		
76*92	0.60	0.1		
77*92	0.98	0.1		
78*92	1.47	0.1		Cre.Ext.
79*92	1.04	0.1	0.1	Cre.Ext.
80*92	0.88	0.2	0.2	Cre.Ext.

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.9 POZO 24.

Este pozo se caracterizó por presentar en todas sus muestras el elemento manganeso con un valor máximo de 1.46 mg/l teniendo un valor límite de tolerancia de 0.1 mg/l mientras que para los fosfatos existieron dos muestras en donde no se detectó este elemento. Su valor en donde fueron detectados fue de 0.9 mg/l

teniendo un valor límite de tolerancia 0.5 mg/l.

Los análisis bacteriológicos presentaron cuenta total en placa con un valor máximo de 326 col./ml teniendo un límite de tolerancia para normas de calidad de agua potable de 200 col./ml. TABLA No.9 GRÁFICA No.9

Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	C.T.P.
81*92	0.71	0.1	
82*92	1.36	0.4	
83*92	0.82	0.1	
84*92	0.77	0.2	126
85*92	0.93		
86*92	1.31	0.3	
87*92	0.12		
88*92	0.88	0.3	86
89*92	0.66	0.3	
90*92	0.82	0.3	

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.10 POZO 25.

Este pozo, presentó en toda sus muestras manganeso y fosfatos, con un valor máximo para manganeso de 1.63 mg/l teniendo un límite de tolerancia de 0.1 mg/l, mientras los fosfatos presentaron un valor máximo de 1.1 mg/l, teniendo un límite de tolerancia de 0.5 mg/l.

Nuevamente, los análisis bacteriológicos excedieron los límites de

tolerancia, para el caso 97*92 los coliformes totales presentan un valor de 2 org./100ml; para el caso 98*92, la C.T.P. = 4290 y para C.T. = 16; el caso 99*92 presenta C.T. = 5 y C.F = 2; y para el último muestreo de este pozo encontramos C.T. = 2 y C.F. = 2. TABLA No.10 GRÁFICA No.10

TABLA No.10 POZO 25 RAMAL TLÁHUAC*					
Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	C.T.P.	C.T.	C.F.
91*92	0.44	0.2			
92*93	1.53	0.6			
93*92	0.71	0.2			
94*92	0.88	0.3			
95*92	0.77	0.3			
96*92	0.93	0.5			
97*92	0.66	0.1		2	
98*92	0.71	0.4	4090	16	
99*92	0.60	0.1		2	2
100*92	0.60	0.3		2	2

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

9.2.11 POZO 26.

Este pozo y presentó en todas sus muestras un valor máximo de manganeso de 1.19 mg/l, teniendo un límite de tolerancia de 0.1 mg/l.

Solo en una de sus muestras no se detectó fosfatos (1.0 mg/l) teniendo un límite de tolerancia de 0.5 mg/l.

Se pudo notar la presencia de bacterias en cuatro de sus muestreos, caso 102*92, C.T. = 150 y C.F. = 75, caso 103*92, C.T. = 21 y C.F. = 7, caso 106*92, C.T. = 5, C.F. = 2, y en el caso 107*92, C.T. = 2, C.F. = 2, no encontrándose elementos nitrogenados. TABLA No.11
GRÁFICA No.11

Caso	Mn (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	C.T.	C.F.
101*92	0.23	0.3		
102*92	0.55	0.2	150	75
103*92	0.39	0.2	21	7
104*92	1.09	0.5		
105*92	0.28	0.2		
106*92	0.23	0.3	5	2
107*92	0.33	0.2	2	2
108*92	0.33			
109*92	0.39	0.1		
110*92	0.33	0.1		

*LOS DATOS QUE SE PRESENTAN CORRESPONDEN A LOS (mg/l) QUE SOBREPASAN LOS VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES POR LA NOM.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CAPITULO 10

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los análisis durante el periodo 1991-1992, se encontró que la calidad del agua de los pozos del Ramal Tláhuac, presenta características particulares de contaminación con origen antropogénico, esto puede ser de lixiviados de tiraderos de basura cercanos que por arrastre hacia el Canal de Chalco pueden ser infiltrados al acuífero, evidencias de esto se puede notar en algunos pozos en su contenido de compuestos nitrogenados y su transformación de materia orgánica, que sirve como fuente principal de nutrientes para el crecimiento de bacterias detectadas en la zona, sin embargo para asegurar esto, es necesario realizar estudios más específicos.

Los parámetros que se destacaron por que sus valores se acercan ó son superiores a los establecidos en las normas para agua potable son: manganeso, fosfatos, hierro y amonio. Estos parámetros se pueden relacionar con las determinaciones bacteriológicas (cuenta total en placa, coliformes totales y coliformes fecales).

Para todos los pozos, probablemente está influyendo en el deterioro de la calidad del agua, la presencia de asentamientos humanos y suburbanos que carecen de adecuados servicios sanitarios y drenajes, las descargas de aguas negras y superficiales contaminan

el acuífero y por está razón en estos pozos aumenta otra vez la concentración de los compuestos fisicoquímicos y bacteriológicos.

De los resultados obtenidos se observa, que los parámetros que se encuentran dentro de los límites permitidos para todos los pozos son: conductividad eléctrica, temperatura ambiente, temperatura del agua, pH, SAAM, sulfatos, cloruros, nitritos, nitratos y sílice.

También se pudo observar variación en algunos de los parámetros de un pozo y otro, esto puede ser por fenómenos naturales como la temporada de lluvia en donde el arrastre de contaminantes fisicoquímicos y bacteriológicos pueden ser mayores que los de la sequía, esto puede aumentar con el paso del tiempo, llegando a cantidades que ponen en riesgo y peligro los efectos nocivos y efectos perjudiciales desde el punto de vista técnico y de salud publica a la población.

Con respecto a las concentraciones de los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos. Cuenta total en placa, coliformes totales, coliformes fecales y elementos encontrados como manganeso, hierro, fosfatos, nitritos, nitratos y amonio sus concentraciones son relativamente bajas, por lo que se considera que la calidad del agua de los pozos del Ramal Tláhuac es buena para el suministro de uso y consumo humano.

CAPITULO 11

BIBLIOGRAFÍA

- AYRES, G.H. ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO. HARLA S.A. MÉXICO 1970 (pp 249-257; 573-649)

- CUSTODIO, EMILIO Y LLAMAS, RAMÓN. HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA. (MANUAL 1976). EDICIÓN OMEGA S.A. BARCELONA (pp 180-246)

- DAVIS, S.N. AND DE WEIST R.J.M. HIDROGEOLOGY. JOHN WILEY AND SONS. NEW YORK 1966 (pp. 56-132)

- DE LA VEGA, F. PONENCIA "LAS PRINCIPALES ACCIONES DEL GOBIERNO CAPITALINO PARA PREVENIR Y CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA CD. DE MÉXICO". DIRECCIÓN GENERAL DE REORDENACIÓN URBANA Y PROTECCIÓN ECOLÓGICA (1987)

- SEMINARIO INTERNACIONAL "LA EXPERIENCIA JAPONESA EN MATERIA DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO AMBIENTAL". MÉXICO, NOVIEMBRE 16, 1987.

- DISPOSICIONES DEL "REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE CONTROL SANITARIO DE ACTIVIDADES, ESTABLECIMIENTOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS", EN LO REFERENTE AL AGUA QUE SE DESTINE AL USO Y CONSUMO HUMANO. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, MÉXICO, 16 DE ENERO, 1988.

- ENVIROMENTAL PROTECCION AGENCY. WATER QUALITY STUDIES (MANUAL) CINCINNATI, U.S.A. 1974.
- FAIR, G.M.; GEYER J.C. AND OKUN D.A. PURIFICACIÓN DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES. ED. LIMUSA. MÉXICO 1984 (pp 11-47; 107-131; 217-275)
- FRANCIS, W.P. AND THORPE, R.S. (1974). SIGNIFICANCE OF LITHOLOGIC VARIATIONS OF PYROCLASTIC CONES. GEOL. SOC. AM. BELL 85 (pp 927-930).
- FREEZE ALLAN AND CHERRY JOHN. GROWNDWATER POLLUTION. ELESEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY 1979 (pp 275-285).
- GELDREICH, E.E. WATER-BORN. PATHOGENS, WATER POLLUTION MICROBIOLOGY. JOHN WILEY AND SONS 1972.
- GERBA, CHARLES AND LANCE, CLARENCE. PATHOGEN REMOVAL FROM WASTEWATER DURING GROWNDWATER RECHARGE. CALIFORNIA, USA 1980 (pp 137-144).
- KRONE, R.B.; ORLAB, G.T. AND HODGKINSON. MOVEMENT OF COLIFORM BACTERIA THROUGH POROUS MEDIA. SEWAGE INDUSTRIAL WASTES, 1968 (pp 1-13).
- LESSER, I.J. (ET. AL. 1984). ACTIVIDADES GEOHIDROLÓGICAS EN EL VALLE DE MÉXICO. REPORTE TÉCNICO, TOMOS I-III, D.D.F. (pp 4-33, 1-676). MÉXICO, D.F.

- LESSER, I. J. (ET. AL. 1990). ASPECTOS GEOHIDROLÓGICOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO. INGENIERÍA HIDRÁULICA EN MÉXICO (VOL. V, No. 1. II ÉPOCA). ENERO/ABRIL/1990.
- MANUAL DE TÉCNICAS DE MUESTREO DE AGUAS Y DETERMINACIONES EN EL CAMPO. DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN ECOLÓGICA. SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ENTRENAMIENTO. MÉXICO, FEBRERO DE 1982 (pp 19-55).
- MILLIPORE. WATER MICROBIOLOGY LABORATORY AND FIELD PROCEDURES. MANUAL 1998.
- PULIDO CARRILLO, JOSÉ LUIS. HIDROGEOLOGÍA PRÁCTICA. EDITORIAL URMO S.A. BILBAO, ESPAÑA 1978 (pp 255-279).
- REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Y EVALUACIÓN. DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS. COMISIÓN DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO, OCTUBRE DE 1990.
- REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICO. DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS Y EVALUACIÓN. DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS. COMISIÓN DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO Y SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS, AGOSTO DE 1991.
- RODRÍGUEZ, C.R. CONSIDERACIONES PRELIMINARES, BASADOS EN RESULTADOS GEOELECTRICOS, SOBRE LA INTERFASE AGUA MINERALIZADA AGUA DULCE EN EL

ÁREA DE STA. CATARINA YECAHUIZOTL, DISTRITO FEDERAL, MÉXICO. GEOF. INT. VOL. 26-4 (pp 573-583).MÉXICO 1987

- RODRÍGUEZ, C.R. Y GONZÁLEZ, M.T. COMPORTAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA ACUIFERO DE LA SUBCUENCA DE CHALCO, MÉXICO. GEOF. INT. VOL. 28-2 (pp 207-217). MÉXICO 1989.
- RODRÍGUEZ, C.R. Y OCHOA, A.C. ESTUDIO GEOELECTRICO DEL SISTEMA ACUIFERO DE LA CUENCA DE MÉXICO. GEOF. INT. VOL. 28-2 (pp 191-205).MÉXICO 1989.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, AMERICAN PUBLIC. HEALTH ASSOCIATION, WPCF, 15 TH. ED. WASHINGTON, D.C. 1981.
- SNOEYINK, V.L.AND JENKINS D. WATER CHEMISTRY. WWILLEY. U.S.A. 1987 (pp 13-36; 273-250; 416-451).
- R.S RAMALHO. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. EDITORIAL REVERTE, S.A. 1991.
- URROZ JIMENEZ, ELOY. CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA DIVERSOS USOS. DIRECCION GENERAL DE USOS DEL AGUA Y PREVENCION DE LA CONTAMINACION. S.R.H. 1973.
- WESNER, G.M. AND BAIER D.C. (1970). INJETION OF RECLAIMED WASTEWATER INTO CONFINED AQUIFERS. J. AMER. WATER WORKS ASSOC. 1970 (pp 203-210).

ANEXO A

TABLAS DE RESULTADOS

TABLA No. 11
POZO1 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH4	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P	COLIFORMES	COLIFORMES	
		µmhos/cm	°C	°C												colonias/ml	TOTALES	FECALIS	
							mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		nmp org/100	nmp org/100 ml	
9-ENE-92	1*92	910	11.0	18.0	7.6	0.000	58.1	75.30	0.000	0.000	0.5	0.03	38.0	0.00	0.11	9	0	0	
5-MAR-92	2*92	680	13.0	18.0	7.7	0.000	69.9	71.80	0.002	0.000	0.6	0.03	33.4	0.00	0.33	0	0	0	
2-ABR-92	3*92	670	13.0	18.0	8.1	0.000	36.0	70.60	0.000	0.000	0.5	0.15	22.7	0.00	0.60	1	0	0	
7-MAY-92	4*92	760	12.0	19.0	7.7	0.000	61.0	71.00	0.000	0.000	0.4	0.09	37.4	0.00	0.43	1	0	0	
4-JUN-92	5*92	660	17.0	18.0	7.7	0.000	38.4	81.10	0.000	0.000	0.5	0.06	31.5	0.00	0.00	3	0	0	
7-JUL-92	6*92	700	15.0	17.0	7.8	0.000	55.1	75.30	0.000	0.000	0.6	0.00	39.0	0.00	0.22	3	0	0	
6-AGO-92	7*92	690	14.0	19.0	7.4	0.000	39.4	71.80	0.000	0.000	0.5	0.03	28.0	0.00	0.38	11	0	0	
4-SEP-92	8*92	690	15.0	18.0	7.8	0.000	55.1	69.50	0.003	0.080	0.4	0.03	35.2	0.00	0.05	137	0	0	
6-OCT-92	9*92	700	15.0	19.0	7.5	0.000	58.1	71.80	0.005	0.133	0.5	0.06	36.1	0.00	0.22	137	0	0	
6-NOV-92	10*92	790	10.0	18.0	7.3	0.000	55.1	71.80	0.006	0.000	0.4	0.00	33.4	0.00	0.16	25	0	0	
VALOR MAXIMO		910	17.0	19.0	8.1	0.000	69.9	81.10	0.006	0.133	0.6	0.15	39.0	0.00	0.60	137	0	0	
VALOR MINIMO		660	10.0	17.0	7.3	0.000	36.0	69.50	0.000	0.000	0.4	0.00	22.7	0.00	0.00	0	0	0	
MEDIA		725	14.2	18.2	7.7	0.000	52.6	73.00	0.004	0.106	0.5	0.06	33.5	0.00	0.29	36	0	0	

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLA No.12
POZO 3 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH4	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P	COLIFORMES	COLIFORMES	
		µmhos/cm	°C	°C												colonias/ml	TOTALES	FECALIS	
							mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		nmp org/100	nmp org/100 ml	
6-DIC-91	11*91	800	14.0	18.0	7.6	0.000	14.5	104.20	0.017	0.093	0.5	0.12	40.5	0.06	1.03	10	0	0	
9-ENE-92	12*92	1110	10.0	18.0	7.7	0.000	7.0	114.60	0.001	0.000	0.9	0.06	38.0	0.11	0.76	1	0	0	
6-FEB-92	13*92	810	6.0	18.0	8.0	0.000	6.2	108.90	0.012	0.000	0.8	0.48	29.3	0.17	0.65	1	0	0	
5-MAR-92	14*92	800	14.0	18.0	7.7	0.000	17.7	104.20	0.000	0.000	0.9	0.09	33.4	0.11	1.25	0	0	0	
2-ABR-92	15*92	760	22.0	18.0	8.3	0.000	4.6	101.90	0.075	0.133	0.4	0.21	23.9	0.00	0.87	1	0	0	
7-MAY-92	16*92	790	12.0	19.0	7.7	0.000	17.7	100.70	0.000	0.000	0.6	0.06	37.4	0.17	0.81	2	0	0	
4-JUN-92	17*92	760	17.0	18.0	7.6	0.000	16.8	99.60	0.000	0.000	0.7	0.30	36.1	0.06	0.70	0	0	0	
7-JUL-92	18*92	800	17.0	17.0	7.6	0.000	12.3	99.60	0.000	0.000	0.8	0.06	36.1	0.06	0.70	15	0	0	
6-AGO-92	19*92	780	16.0	19.0	7.5	0.000	16.8	98.40	0.000	0.000	0.7	0.09	28.0	0.28	0.60	10	0	2	
4-SEP-92	20*92	790	16.0	18.0	7.8	0.000	17.7	96.10	0.023	0.000	0.7	0.06	35.2	0.06	0.65	34	2	0	
VALOR MAXIMO		1110	22	19	8.3	0.000	17.7	114.6	0.075	0.133	0.9	0.48	40.5	0.28	1.25	34	2	2	
VALOR MINIMO		760	6	17	7.5	0.000	4.6	96.1	0.000	0.000	0.4	0.06	23.9	0.00	0.60	0	0	0	
MEDIA		820	14.4	18.1	7.75	0.000	13.13	102.82	0.0128	0.0226	0.7	0.153	33.79	0.108	0.802	7.4	0.2	0.2	

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLA No.13
POZO 5 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P	COLIFORMES	COLIFORMES
		umhos/cm	°C	°C													TOTALES	FECALES
						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	colonias/ml	nmp org/100	nmp org/100 ml
6-FEB-92	21*92	820	15.0	19.0	7.7	0.000	4.0	100.70	0.015	0.000	0.7	0.39	30.7	0.50	0.70	70	0	0
5-MAR-92	22*92	790	20.0	18.0	7.8	0.000	8.1	100.70	0.000	0.000	0.9	0.33	33.4	0.22	0.87	19	0	0
2-ABR-92	23*92	670	15.0	19.0	8.2	0.000	0.0	81.10	0.020	0.000	0.5	0.36	33.4	0.22	0.87	0	0	0
7-MAY-92	24*92	680	14.0	20.0	7.9	0.000	3.0	91.50	0.000	0.000	0.7	0.33	37.4	0.22	0.49	0	0	0
4-JUN-92	25*92	660	18.0	19.0	7.8	0.000	8.1	84.50	0.000	0.665	0.7	0.27	37.4	0.22	0.65	3	0	0
7-JUL-92	26*92	690	19.0	19.0	7.8	0.000	0.9	84.50	0.000	0.000	0.8	0.12	35.1	0.11	0.54	8	0	0
6-AGO-92	27*92	760	19.0	19.0	7.6	0.000	28.7	86.80	0.000	0.000	0.6	0.06	28.0	0.17	0.43	14	0	0
4-SEP-92	28*92	690	18.0	18.0	8.2	0.000	7.0	83.40	0.000	0.000	0.4	0.24	39.0	0.11	0.54	316	23	2
6-OCT-92	29*92	710	15.0	20.0	7.8	0.000	6.2	86.80	0.000	0.000	0.3	0.27	34.7	0.11	0.38	6	2	2
6-NOV-92	30*92	850	15.0	18.0	7.5	0.000	126.0	96.10	0.010	0.000	0.6	0.09	34.2	0.11	0.49	149	23	0
VALOR MAXIMO		850	20	20	8.2	0.000	126	100.7	0.02	0.665	0.9	0.39	39	0.5	0.87	316	23	2
VALOR MINIMO		660	14	18	7.5	0.000	0.0	81.1	0.00	0.000	0.3	0.06	28	0.11	0.38	0	0	0
MEDIA		732	16.8	18.9	7.83	0.000	19.2	89.61	0.0045	0.0665	0.62	0.246	34.43	0.199	0.596	58.5	4.8	0.4

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLA No.14
POZO 9 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P	COLIFORMES	COLIFORMES
		umhos/cm	°C	°C													TOTALES	FECALES
						mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	colonias/ml	nmp org/100	nmp org/100 ml
9 ENE-92	31*92	1030	11.0	18.0	7.6	0.000	0.0	97.30	0.000	0.000	0.9	0.57	37.4	0.17	0.54	1170	0	0
6-FEB-92	32*92	810	10.0	19.0	7.8	0.000	0.0	104.20	0.020	0.000	0.8	1.08	32.0	0.17	0.16	3	0	0
2-ABR-92	33*92	810	17.0	18.0	8.1	0.000	0.0	101.90	0.044	0.000	0.6	0.57	25.3	0.00	0.70	0	0	0
7-MAY-92	34*92	890	14.0	19.0	7.9	0.000	0.0	112.30	0.000	0.000	0.9	0.60	37.4	0.17	0.22	38	0	0
4-JUN-92	35*92	820	18.0	19.0	7.7	0.000	0.0	104.20	0.000	0.000	0.7	1.20	34.7	0.17	0.27	2	0	0
7-JUL-92	36*92	840	24.0	18.0	7.7	0.000	0.0	105.40	0.000	0.000	0.9	0.72	36.1	0.11	0.22	7	0	0
6-AGO-92	37*92	840	20.0	20.0	7.6	0.000	0.0	104.20	0.000	0.000	0.6	0.88	28.0	0.28	0.16	19	0	0
4-SEP-92	38*92	860	21.0	18.0	7.7	0.000	0.0	111.20	0.000	0.000	0.7	0.64	37.4	0.11	0.38	3	0	0
6-OCT-92	39*92	870	17.0	18.0	7.7	0.000	0.0	111.20	0.000	0.133	0.9	0.60	34.7	0.06	0.11	2	0	0
6-NOV-92	40*92	910	13.0	17.0	7.5	0.000	0.0	112.30	0.068	0.000	0.5	0.51	36.1	0.11	0.11	25	0	0
VALOR MAXIMO		1030	24	20	8.1	0.000	0.0	112.3	0.068	0.133	0.9	1.2	37.4	0.28	0.7	1170	0	0
VALOR MINIMO		810	10	17	7.5	0.000	0.0	101.9	0.000	0.000	0.5	0.51	25.3	0.00	0.11	0	0	0
MEDIA		868	16.5	18.4	7.73	0.000	0.0	106.42	0.0132	0.0133	0.75	0.737	33.91	0.135	0.287	126.9	0	0

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLA No.15
POZO14 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P colonias/ml	COLIFORMES	COLIFORMES
		umhos/cm	°C	°C													TOTALES	FECALES
																	nmp org/100	nmp org/100 ml
9-ENE-92	41*92	590	16.0	23.0	7.9	0.000	4.6	52.10	0.000	0.399	0.9	0.09	37.4	0.00	0.00	16	0	0
5-MAR-92	42*92	490	18.0	23.0	8.0	0.000	6.2	52.10	0.003	0.000	0.5	0.12	36.1	0.00	0.00	0	0	0
2-ABR-92	43*92	500	19.0	22.0	8.3	0.000	0.0	54.40	0.003	0.000	0.5	0.12	36.1	0.00	0.00	0	0	0
7-MAY-92	44*92	500	15.0	24.0	7.9	0.000	2.1	54.40	0.000	0.000	0.3	0.12	39.0	0.00	0.00	5	0	0
4-JUN-92	45*92	490	19.0	23.0	7.8	0.000	8.1	53.30	0.000	0.000	0.5	0.03	38.3	0.00	0.00	6	0	0
7-JUL-92	46*92	480	25.0	22.0	7.8	0.000	4.6	53.30	0.000	0.000	0.5	0.00	37.4	0.00	0.00	0	0	0
6-AGO-92	47*92	510	22.0	23.0	7.8	0.000	2.4	57.90	0.000	0.000	0.4	0.03	32.0	0.06	0.00	17	0	0
4-SEP-92	48*92	490	24.0	22.0	8.0	0.000	1.8	52.10	0.003	0.000	0.4	0.03	40.5	0.00	0.00	22	0	0
6-OCT-92	49*92	490	18.0	22.0	8.0	0.000	4.6	57.90	0.002	0.200	0.3	0.06	37.4	0.00	0.00	90	2	2
6-NOV-92	50*92	510	14.0	22.0	7.7	0.000	2.1	57.90	0.000	0.000	0.4	0.00	35.2	0.00	0.00	99	0	0
VALOR MAXIMO		590	25	24	8.3	0.000	8.1	57.9	0.003	0.200	0.5	0.12	40.5	0.06	0.00	99	2	2
VALOR MINIMO		480	14	22	7.7	0.000	0.0	52.1	0.000	0.000	0.3	0.00	32	0.00	0.00	0	0	0
MEDIA		505	19.33	22.56	7.92	0.000	3.54	54.81	0.0012	0.022	0.419	0.057	36.89	0.0067	0.00	25.5	0.2	0.2

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLA No.16
POZO20 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P colonias/ml	COLIFORMES	COLIFORMES
		umhos/cm	°C	°C													TOTALES	FECALES
																	nmp org/100	nmp org/100 ml
8-NOV-91	51*91	600	16.0	20.0	7.9	0.000	1.5	63.70	0.000	0.200	0.8	0.21	54.0	0.00	0.27	4	0	0
6-DIC-91	52*91	540	15.0	20.0	7.7	0.000	1.2	75.30	0.013	0.000	0.6	0.24	43.6	0.28	0.22	41	0	0
9-ENE-92	53*92	710	19.0	20.0	7.7	0.000	0.9	66.00	0.007	0.000	0.6	0.30	37.4	0.28	0.43	780	0	0
6-FEB-92	54*92	660	19.0	21.0	7.8	0.000	1.2	64.80	0.000	0.000	0.8	1.16	32.0	0.06	0.76	15	0	0
5-MAR-92	55*92	540	16.0	21.0	7.8	0.000	2.1	59.10	0.000	0.000	0.7	0.15	36.9	0.28	0.43	0	0	0
7-JUL-92	56*92	560	22.0	19.0	7.6	0.000	0.0	63.70	0.000	0.000	0.8	0.09	37.4	0.06	0.22	34	0	0
6-AGO-92	57*92	560	23.0	20.0	7.6	0.000	0.0	68.30	0.000	0.000	0.6	0.51	32.0	0.28	0.27	23	0	0
4-SEP-92	58*92	560	21.0	20.0	7.7	0.000	0.0	61.40	0.004	0.000	0.5	0.33	40.5	0.00	0.43	3120	2	2
6-OCT-92	59*92	560	17.0	20.0	7.7	0.000	0.0	67.20	0.000	0.067	0.6	0.36	37.4	0.11	0.16	-2	0	0
6-NOV-92	60*92	680	15.0	20.0	7.6	0.000	0.0	81.10	0.023	0.000	0.6	0.39	35.2	0.34	0.11	680	0	0
VALOR MAXIMO		710	23	21	7.9	0.000	2.1	81.1	0.023	0.200	0.8	1.16	54	0.34	0.76	3120	2	2
VALOR MINIMO		540	15	19	7.6	0.000	0.0	59.1	0.000	0.000	0.5	0.09	32	0.00	0.11	-2	0	0
MEDIA		597	18.3	20.1	7.71	0.000	0.69	67.06	0.0047	0.0267	0.66	0.374	38.64	0.169	0.33	469.5	0.2	0.2

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLA No.17
POZO21 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH4	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P	COLIFORMES	COLIFORMES
		umhos/cm	°C	°C													mg/l	mg/l
																	nmp org/100	nmp org/100 ml
6-DIC-91	61°91	710	14.0	20.0	7.6	0.000	2.4	86.80	0.004	0.000	0.5	0.39	0.0	0.00	0.60	18	0	0
9-ENE-92	62°92	850	14.0	20.0	7.7	0.000	0.3	90.30	0.000	0.067	0.6	0.12	39.0	0.11	0.65	56	0	0
6-FEB-92	63°92	740	8.0	21.0	7.8	0.000	0.0	92.60	0.015	0.000	0.7	0.24	30.7	0.06	1.08	13	0	0
2-ABR-92	64°92	700	16.0	21.0	8.0	0.000	0.0	92.60	0.044	0.000	0.4	0.24	25.3	0.17	0.92	0	0	0
7-MAY-92	65°92	740	14.0	21.0	7.8	0.000	0.0	92.60	0.000	0.000	0.6	0.45	39.0	0.11	0.60	32	0	0
4-JUN-92	66°92	690	18.0	18.0	7.6	0.000	2.1	84.50	0.000	0.000	0.5	0.12	38.3	0.06	0.43	32	0	0
6-AGO-92	67°92	890	20.0	20.0	7.6	0.000	0.0	86.80	0.000	0.000	0.6	0.09	32.0	0.28	0.65	-2	0	0
4-SEP-92	68°92	760	20.0	20.0	7.7	0.000	1.5	95.00	0.007	0.000	0.5	0.24	39.0	0.00	0.92	5915	2	0
6-OCT-92	69°92	760	17.0	20.0	7.6	0.000	0.0	98.40	0.003	0.000	0.6	0.24	36.1	0.06	0.43	1980	0	0
6-NOV-92	70°92	810	13.0	20.0	7.5	0.000	0.0	106.50	0.000	0.000	0.6	0.12	35.2	0.06	0.33	413	0	0
VALOR MAXIMO		850	20	21	8	0.000	2.4	106.5	0.044	0.067	0.7	0.45	39	0.28	1.08	5915	2	0
VALOR MINIMO		690	8	18	7.5	0.000	0.0	84.5	0.000	0.000	0.4	0.09	25.3	0.00	0.33	-2	0	0
MEDIA		745	15.4	20.1	7.69	0.000	0.63	92.61	0.0073	0.0067	0.56	0.225	31.46	0.091	0.661	845.7	0.2	0

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLA No.18
POZO23 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH4	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P	COLIFORMES	COLIFORMES
		umhos/cm	°C	°C													mg/l	mg/l
																	nmp org/100	nmp org/100 ml
5-MAR-92	72°92	830	15.0	20.0	7.8	0.000	8.1	110.00	0.003	0.000	0.7	0.06	33.4	0.11	1.73	1	0	0
2-ABR-92	73°92	840	17.0	20.0	8.3	0.000	0.0	110.00	0.016	0.000	2.8	0.39	23.9	0.11	1.90	1	0	0
7-MAY-92	74°92	910	14.0	20.0	7.7	0.000	4.6	117.00	0.000	0.000	0.6	0.27	37.4	0.11	1.57	3	0	0
4-JUN-92	75°92	790	18.0	18.0	7.6	0.000	6.2	104.20	0.000	0.000	0.6	0.09	33.4	0.06	1.52	10	0	0
7-JUL-92	76°92	820	19.0	18.0	7.6	0.000	6.2	104.20	0.000	0.000	0.6	0.00	37.4	0.00	0.70	23	0	0
6-AGO-92	77°92	830	19.0	19.0	7.6	0.000	6.2	104.20	0.000	0.000	0.6	0.00	28.0	0.11	1.08	16	0	0
4-SEP-92	78°92	910	20.0	18.0	7.9	0.000	7.0	111.20	0.000	0.000	0.6	0.06	36.1	0.00	1.57	-1	0	0
6-OCT-92	79°92	850	15.0	14.0	7.9	0.000	8.1	106.50	0.000	0.000	0.6	0.60	32.0	0.06	1.14	-1	2	2
6-NOV-92	80°92	840	12.0	18.0	7.7	0.000	4.9	99.60	0.007	0.000	0.7	0.70	30.7	0.11	0.98	-1	0	0
VALOR MAXIMO		910	20	20	8.3	0.000	8.1	117	0.016	0.000	2.8	0.70	37.4	0.11	1.9	23	2	2
VALOR MINIMO		790	12	14	7.6	0.000	0.0	99.6	0.000	0.000	0.6	0.00	23.9	0.00	0.7	-1	0	0
MEDIA		846.67	16.56	18.33	7.79	0.000	5.7	107.43	0.0029	0.000	0.87	0.241	32.48	0.074	1.354	5.67	0.2	0.2

(-2 INCONTABLES)
(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

TABLE No.21
POZO26 RAMAL TLAHUAC

TIEMPO	CASO	C.E	T.AMB	T.AGUA	PH	SAAM	SO ₄	Cl ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄	NH ₄	SiO ₂	Fe	Mn	C.T.P	COLIFORMES	COLIFORMES
		µmhos/cm	°C	°C		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	colonias/ml	TOTALES	FECALIS
																	nmp org/100	nmp org/100 ml
9-ENE-92	101*92	780	15.0	18.0	7.8	0.000	16.8	96.10	0.000	0.000	0.8	0.12	34.7	0.06	0.33	9	0	0
6-FEB-92	102*92	780	15.0	18.0	7.8	0.000	3.6	90.30	0.000	0.000	0.7	0.15	26.9	0.11	0.65	21	150	75
2-ABR-92	103*92	760	13.0	18.0	8.1	0.000	7.3	86.80	0.003	0.000	0.7	0.09	21.4	0.00	0.49	1	0	0
5-MAR-92	104*92	760	13.0	19.0	7.8	0.000	29.7	88.00	0.000	0.000	1.0	0.00	29.3	0.11	1.19	3	21	7
7-MAY-92	105*92	760	12.0	18.0	7.8	0.000	21.4	84.50	0.000	0.000	0.7	0.15	32.0	0.11	0.38	8	0	0
7-JUL-92	106*92	760	16.0	17.0	7.6	0.000	21.4	84.50	0.000	0.000	0.8	0.00	30.1	0.06	0.33	10	0	0
6-AGO-92	107*92	780	15.0	19.0	7.7	0.000	17.7	89.20	0.000	0.000	0.7	0.03	25.8	0.11	0.43	13	5	2
4-SEP-92	108*92	790	16.0	18.0	7.8	0.000	21.4	83.40	0.000	0.000	0.5	0.18	32.0	0.00	0.43	7	2	2
6-OCT-92	109*92	870	15.0	18.0	7.8	0.000	19.5	89.20	0.000	0.000	0.6	0.09	30.7	0.11	0.49	3	0	0
6-NOV-92	110*92	770	11.0	18.0	7.6	0.000	18.5	83.40	0.000	0.000	0.6	0.00	31.2	0.06	0.43	4	0	0
VALOR MAXIMO		870	16	19	8.1	0	29.7	96.1	0.000	0.000	1.0	0.18	34.7	0.11	1.19	21	150	75
VALOR MINIMO		760	11	17	7.6	0	3.6	83.4	0.000	0.000	0.5	0.00	21.4	0.00	0.33	1	0	0
MEDIA		781	14.22	18.11	7.78	0	17.73	87.62	0.000	0.000	0.71	0.06	29.41	0.081	0.52	7.9	17.8	8.6

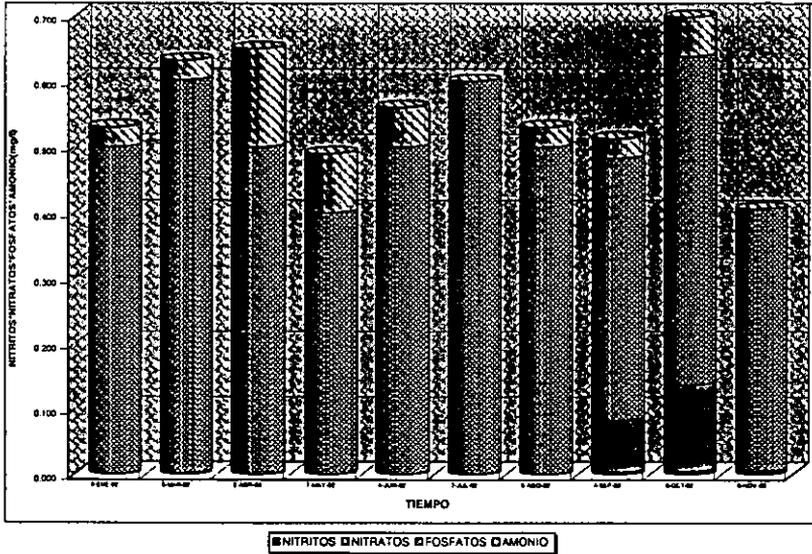
(-2 INCONTABLES)

(-1 CRECIMIENTO EXTENDIDO)

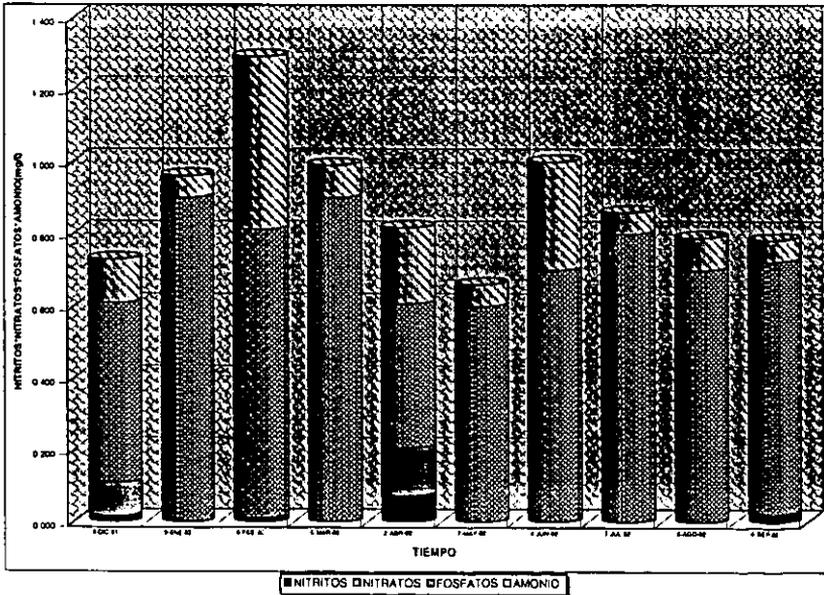
ANEXO B

GRAFICAS DE RESULTADOS

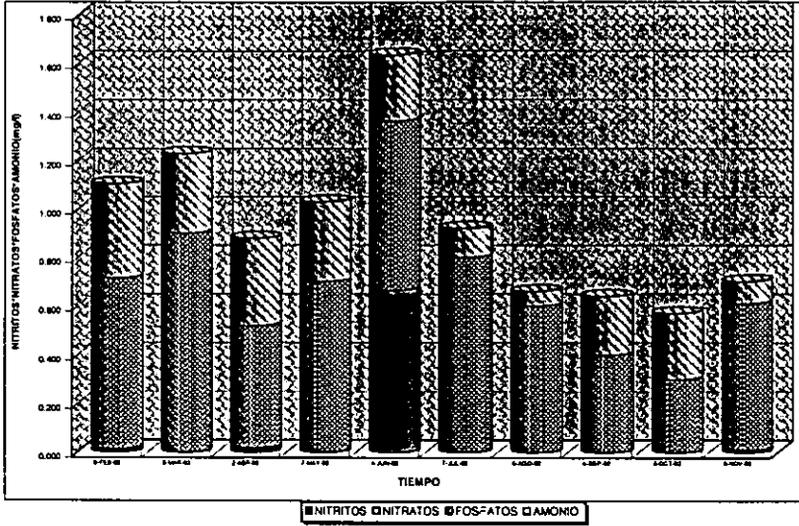
GRAFICA 1
POZO 1 RAMAL TLAHUAC



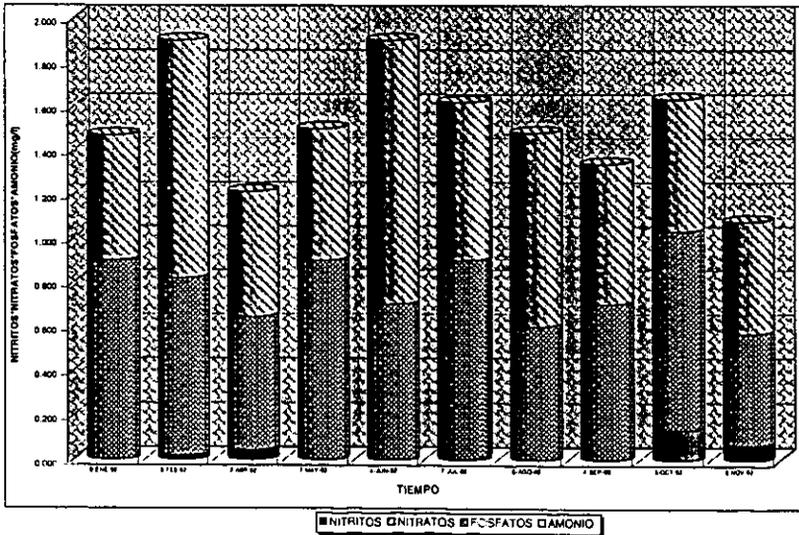
GRAFICA 2
POZO 3 RAMAL TLAHUAC



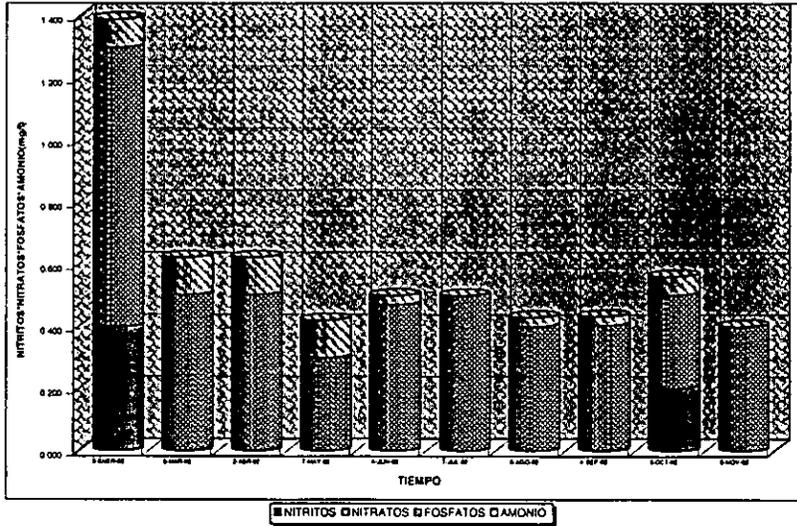
GRAFICA 3
POZO 8 RAMAL TLAHUAC



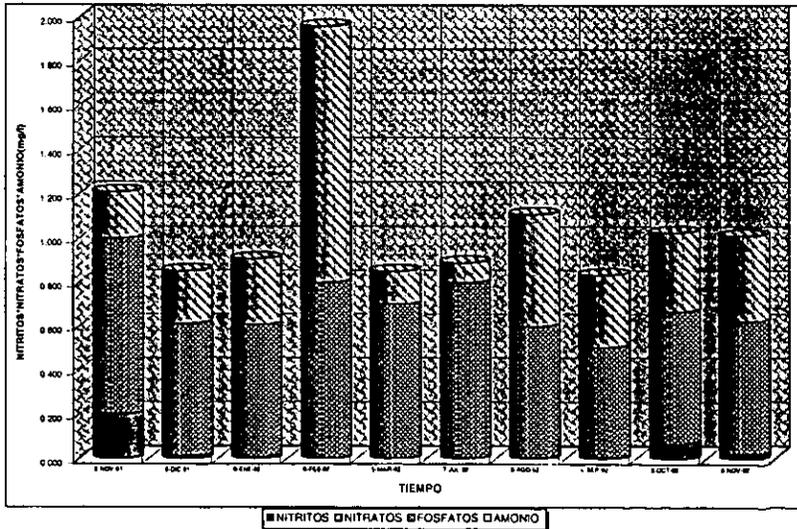
GRAFICA 4
POZO 8 RAMAL TLAHUAC



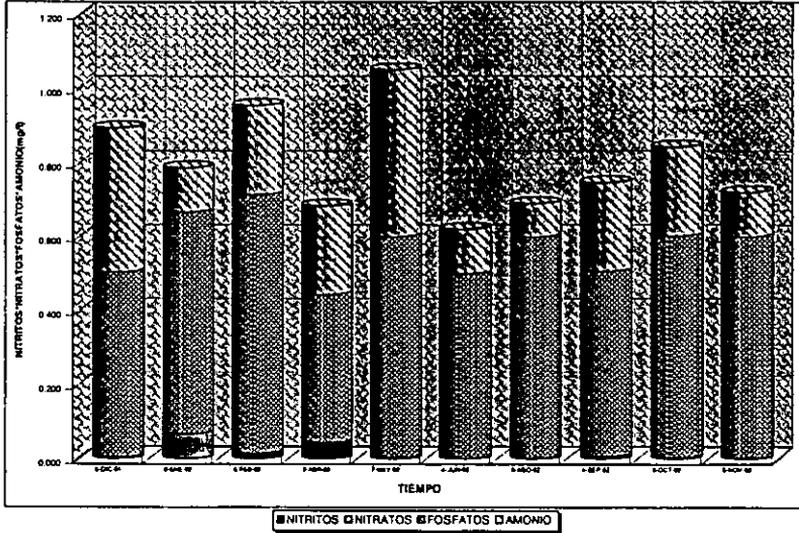
GRÁFICA 6
POZO 14 RAMAL TLAHUAC



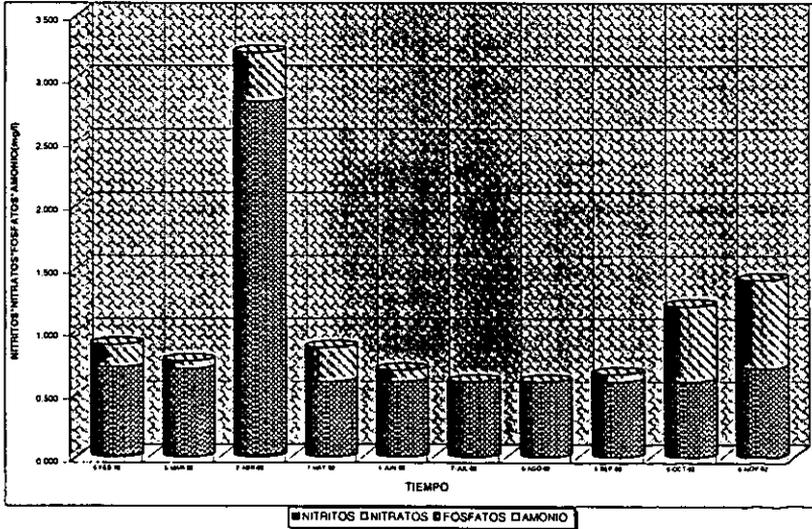
GRÁFICA 6
POZO 20 RAMAL TLAHUAC



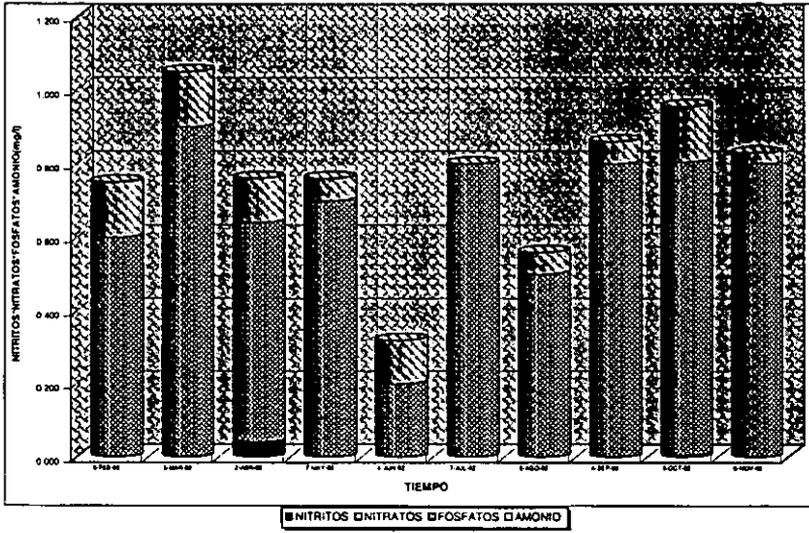
GRAFICA 7
POZO 21 RAMAL TLAHUAC



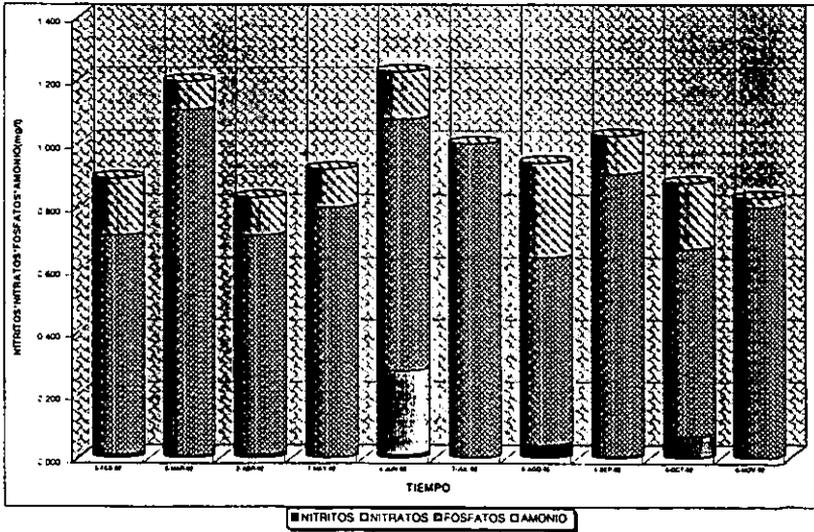
GRAFICA 8
POZO 23 RAMAL TLAHUAC



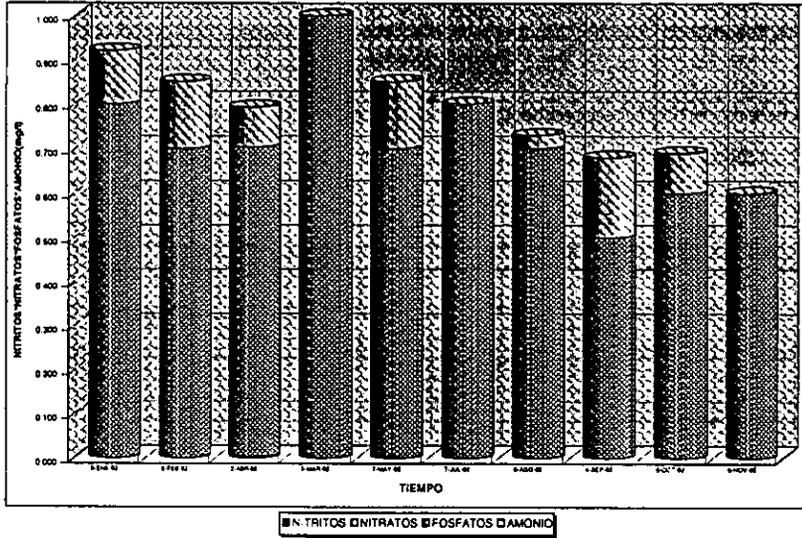
GRÁFICA 9
POZO 24 RAMAL TLAHUAC



GRÁFICA 10
POZO 25 RAMAL TLAHUAC



GRANCA Y TRESA
POZO 28 RAMAL TLAHUAC



■ N-TRITOS ■ NITRATOS ■ FOSFATOS ■ AMONIO