

1998-A

696004532

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**



**"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA E IDENTIFICACIÓN  
DE RIESGOS A LA SALUD EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE  
CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
(MARZO DE 1998 A FEBRERO DE 1999)"**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA  
YOLANDA LÓPEZ ILLÁN**

**ZAPOPAN, JALISCO, DICIEMBRE DE 2001**

**DIRECTOR**

DR. FRANCISCO TRUJILLO CONTRERAS

**ASESORES**

MC. JAVIER GARCÍA VELASCO  
DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA  
MC. RICARDO NUÑO ROMERO  
MC. RICARDO ALANIZ DE LA O

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Guadalajara por darme la oportunidad de ser profesionista.

Al Dr. Arturo Curiel Ballesteros por ser un pilar importante de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental y por ser un ejemplo a seguir.

A la Dra. Guadalupe Garibay Chávez, por tener una carácter sin limitaciones para el conocimiento, por todo su apoyo como persona y profesionista.

A la Dra. Martha Georgina Orozco Medina, por su manera de ser: paciente, positiva y alegre y contribuir con sus conocimientos.

Al Dr. Agustín Ramírez Álvarez, por su apoyo para la realización de este trabajo de tesis.

Al M.C. Javier García Velasco, por ser clave en la realización y culminación de este trabajo.

Al Dr. Francisco Trujillo Contreras, por su amabilidad, paciencia y todas sus valiosas aportaciones que hicieron que este trabajo se enriqueciera.

Al M.C. Ricardo Nuño Romero, por ser mi asesor, por su dedicación y esmero.

Al M.C. Ricardo Alaniz de la O, por su amistad y por las contribuciones para mejorar este trabajo.

A la M.C. Patricia Landeros Ramírez, por su amistad y apoyo para superarme día con día.

A Ana Luz Torres Sandoval por ser mi amiga y apoyarme en este trabajo.

**CUCBA**



**BIBLIOTECA CENTRAL**

*A mis padres: Juan y Guadalupe por todo el amor  
que me dieron.*

*A mis hijos: Rocío y Alejandro, que  
son mi vida.*

*A Miguel Ángel a quien quiero como a  
un hijo.*

*A mis hermanos: Gloria, Flavio, Juan y  
Carmina por ser mis amigos, guías y confidentes.*

## CONTENIDO

Agradecimientos.....	
Dedicatorias.....	
Lista de Tablas.....	I
Lista de Figuras.....	II
I. RESUMEN.....	III
II. INTRODUCCIÓN.....	1
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	9
4.1. Antecedentes.....	9
4.2. El Agua.....	11
4.3. El agua disponible y el agua que consumimos.....	12
4.4. El agua en la tierra.....	14
4.5. El agua en México.....	16
4.6. Fuentes y tipos de contaminantes.....	20
4.6.1. Fuentes de contaminación.....	20
4.6.2 Tipos de contaminantes.....	22
4.7. Agua subterránea.....	24
4.8. Calidad de las aguas subterráneas.....	25
4.8.1. Contaminación de las aguas subterráneas.....	26
4.8.2. Calidad natural del agua subterránea en México.....	28
4.8.3. Problemática en el Estado de Jalisco.....	29
4.8.4. Problemática en la Zona Metropolitana de Guadalajara...	29
4.8.5. La contaminación del agua y los problemas de la salud humana.....	30
4.9. Índice de calidad del agua (ICA).....	32
4.10 Parámetros fisicoquímicos y su relación con la salud.....	33
V. OBJETIVOS.....	45
Objetivo general.....	45
Objetivos particulares.....	45
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	46
6.1. Localización del área de estudio .....	46
6.2. Estaciones de muestreo.....	46
6.3 Muestreo.....	50
6.3.1 Muestreo para análisis fisicoquímico .....	50
6.3.2. Muestreo para <i>Salmonella</i> y <i>Shigella</i> .....	50
6.3.3. Muestreo para plaguicidas.....	50
6.4. Metodología.....	51
6.5. Riesgos a la salud .....	51
6.6. Fase de laboratorio.....	51

6.6.1. Materiales y reactivos.....	53
6.6.2. Equipo.....	53
6.7. Índice de calidad del agua (ICA).....	54
6.7.1. Estimación del índice de calidad del agua (ICA).....	54
6.8. Análisis estadístico.....	61
6.8.1. Análisis de Varianza.....	61
6.8.2. Análisis de Cluster.....	61
VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
VIII CONCLUSIONES.....	77
IX. RECOMENDACIONES.....	78
X BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXO 1.....	83
ANEXO 2.....	88

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Propiedades del agua.....	11
2	Usos, presencia y aspectos biológicos del agua .....	12
3	Agentes vehiculizables por el agua y responsables de patología humana.....	31
4	Agentes patógenos que tienen como huéspedes intermediarios seres vivos que se desarrollan y/o viven en el agua.....	32
5	Parámetros determinados y Norma Oficial Mexicana.....	52
6	Rangos del índice de calidad del agua (agua potable para consumo humano).....	54
7	Parámetros utilizados para el cálculo del índice de calidad del agua.....	56
8	Valor porcentual asignado a los parámetros de arsénico, cadmio, cobre y hierro.....	57
9	Valor porcentual asignado a los parámetros de manganeso, mercurio, plomo y níquel.....	57
10	Valor porcentual asignado a los parámetros de turbiedad, color, pH y conductividad.....	58
11	Valor porcentual asignado a los parámetros de cloruros, dureza total, alcalinidad y nitrógeno de nitritos.....	58
12	Valor porcentual asignado a los parámetros de nitrógeno amoniacal, sólidos disueltos totales y coliformes totales.....	59
13	Valor porcentual asignado a los parámetros coliformes fecales, <i>Salmonella ssp</i> , <i>Shigella ssp</i> y plaguicidas.....	59
14	Peso asignado a los parámetros.....	60
15	Índice de Calidad del Agua del CUCBA por Estación.....	63
16	Índice de Calidad del Agua del CUCBA por Campaña.....	65
17	Estaciones con parámetros que exceden los límites permisibles establecidos en la NOM-127-SSA1-1994.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización del área de estudio .....	47
2	Diagrama de la red de distribución de agua del CUCBA.....	48
3	Estaciones de muestreo ubicadas en el CUCBA.....	49
4	Análisis de Cluster para la Campaña 1 (Marzo).....	70
5	Análisis de Cluster para la Campaña 2 (Abril).....	71
6	Análisis de Cluster para la Campaña 3 (Mayo).....	71
7	Análisis de Cluster para la Campaña 4 (Junio).....	72
8	Análisis de Cluster para la Campaña 5 (Julio).....	73
9	Análisis de Cluster para la Campaña 6 (Agosto).....	73
10	Análisis de Cluster para la Campaña 7 (Septiembre).....	74
11	Análisis de Cluster para la Campaña 8 (Octubre).....	74
12	Análisis de Cluster para la Campaña 9 (Noviembre).....	75
13	Análisis de Cluster para la Campaña 10 (Diciembre).....	75
14	Análisis de Cluster para la Campaña 11 (Enero).....	76
15	Análisis de Cluster para la Campaña 12 (Febrero).....	76



## RESUMEN

La calidad del agua es importante, cuando la relacionamos con los posibles riesgos a la salud de los organismos vivos. La problemática actual derivada de la contaminación del recurso hídrico es amplia y compleja, tanto de aguas superficiales como subterráneas.

Cuando los cuerpos de agua están contaminados, se presentan consecuentes afectaciones a la salud pública, a los recursos naturales así como a la reducción de la disponibilidad del vital líquido.

El agua no se encuentra naturalmente en estado puro y siempre contiene cierto número y cantidad de sustancias que provienen de diversas fuentes: la precipitación, su propia acción erosiva, el viento, su contacto con la atmósfera, y así en las aguas que no han recibido vertidos artificiales se encuentran sólidos y coloides en suspensión (que afectan a la transparencia), sólidos disueltos (que se reflejan en la alcalinidad, valor de pH, dureza, conductividad), oxígeno disuelto (que influye decisivamente en la vida acuática), etc., los cuales constituyen los caracteres y cualidades del agua.

En el presente trabajo se evaluó la calidad del agua del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara durante el ciclo anual de marzo de 1998 a febrero de 1999, mediante la determinación de parámetros, físicos, químicos y biológicos, aplicando las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

El CUCBA, se encuentra ubicado en el predio Las agujas en Nextipac, Zapopan en el Estado de Jalisco. La fuente de agua que abastece al CUCBA, proviene de un pozo construido en el año de 1976, con una profundidad de 200 metros, cuenta con dos cisternas de almacenamiento con capacidad de 60000 y 30000 litros, de las que se bombea a la red de distribución del Centro Universitario.

La pertinencia de realizar este trabajo está fundamentada en el incremento de la población (estudiantil, académicos, administrativos y de servicio) que utiliza el agua del CUCBA y conocer la calidad de la misma y los requerimientos de los usuarios.

La finalidad de este trabajo es conocer la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua y tomar medidas que tiendan a corregir las principales deficiencias que se presenten en la fuente de abastecimiento de agua y en los sistemas de almacenamiento e identificar los riesgos a la salud de la población del CUCBA.

Los puntos de muestreo se establecieron en 10 estaciones diferentes en el CUCBA con la finalidad de caracterizar la calidad del agua en toda la extensión de la red de distribución y en sus tanques de almacenamiento.

Los resultados se reportan como Índice de Calidad del Agua (ICA), los cuales tienen un valor en una escala de 0 a 100, considerándose 100 como un agua de buena calidad. El Índice de Calidad del Agua (ICA), proporciona un valor global de la calidad del agua. Los ICAS tuvieron un valor promedio anual mínimo de 86.52 (Estación 10) y un máximo de 97.62 (Estación 1). Se detectó la presencia de cadmio, manganeso, hierro y plomo en algunas estaciones aunque con baja frecuencia, sin representar un riesgo a la salud; además, las evaluaciones respecto a organismos coliformes totales y fecales resultaron con valores que sobrepasaron los límites máximos permitidos establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 también se detectó la presencia de *Salmonella spp* en algunos sitios, lo cual representa un riesgo para la población del CUCBA. Por lo tanto la calidad del agua es deficiente y permite considerar al agua como no potable.

## II INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la Salud Ambiental como parte de la Salud Pública se ocupa de las formas de vida, las sustancias, las fuerzas y condiciones del entorno del hombre que pueden ejercer una influencia sobre su salud y bienestar, las áreas que involucran su estudio y desarrollo son muy variadas puesto que la salud del hombre depende de innumerables factores ambientales con los que continuamente está interaccionando para el desarrollo de sus funciones y actividades cotidianas en cada una de las esferas en las que se conduce (Orozco en Garibay, 1997).

La contaminación ambiental y en particular la contaminación del agua están relacionadas a los riesgos hacia la salud de la población, por lo cual el agua con una calidad aceptable para consumo, constituye una necesidad primordial para la salud y la supervivencia de la humanidad, por lo que no es exagerado considerarla como uno de los derechos humanos básicos.

La enfermedad es una de las primeras consecuencias del déficit de agua, pero una cantidad suficiente de agua no basta por sí misma para proteger la salud. Desde un punto de vista cuantitativo, la inexistencia de agua, independientemente de su calidad, constituye una grave amenaza para la propia supervivencia. En las zonas urbanas, su escasez se asocia a una higiene personal insuficiente y secundariamente, a un aumento de las enfermedades transmitidas por vía fecal-oral o por contacto.

Aún disponiéndose de una cantidad de agua suficiente, el consumo de agua de calidad dudosa es causa directa de enfermedades que afectan a cientos de millones de personas, principalmente en los trópicos pero también en países desarrollados. Sus características físico-químicas, la mayor o menor dureza, la existencia de microorganismos o contaminantes físico-químicos, tienen o pueden tener graves repercusiones para la salud.

Entre las enfermedades de transmisión hídrica más conocidas figuran el cólera y otras enfermedades diarreicas, mientras que las parasitosis relacionadas con el agua

comprenden las esquistosomiasis, la dracunculosis, la oncocercosis y el paludismo (Mariscal, 1995)

Además de la contaminación bacteriológica del agua, aparece de manera importante, la contaminación química. Dentro de ella, se sitúa el gran aumento de los nitratos en las aguas de consumo debido, sobre todo, a una intensiva utilización en el abonado de los suelos por la agricultura, otro de los riesgos químicos no menos importante que pueden estar presente en el agua es la presencia de cromo, cianuro, plomo, arsénico, por falta de sistemas adecuados de vertido y depuración de agua residuales. Esta contaminación, en especial la debida a metales pesados, es particularmente peligrosa para la salud, con dosis tóxicas bajas y asociada a toxicidad hepática y efectos cancerígenos. También debería controlarse la posible presencia de pesticidas (Ballester, 1995)

Actualmente podemos añadir una nueva categoría: las enfermedades causadas por nitratos, metales pesados y plaguicidas que se han convertido en el "humor vital" de nuestras sociedades industriales y a menudo, por desgracia, en contaminantes del agua que bebemos. Los trastornos sanitarios se plantean al beber el agua contaminada, consumir productos preparados con ella, o al utilizarla en la propia higiene, agricultura, industria o incluso, con fines recreativos (Mariscal, 1995)

- ✦ El agua constituye un recurso natural que condiciona prioritariamente el desarrollo socio-económico de los pueblos y la mejora del bienestar de la población. La salud de la comunidad ha mejorado cuando ésta ha podido vivir en un ambiente sano y con unas prácticas higiénicas adecuadas, gracias al empleo suficiente de agua potable. Además el saneamiento de las aguas y la disponibilidad de hacer un uso continuo de ellas ha contribuido al crecimiento demográfico de los pueblos .

La evolución de las estadísticas internacionales a lo largo de nuestro siglo muestra como, en países desarrollados, la disminución de las tasas de morbi-mortalidad por enfermedades infecciosas se asocia estrechamente al desarrollo de los abastecimientos de agua potable y sistemas de evacuación y tratamiento de aguas residuales. Sin

embargo, la OMS puso de manifiesto en 1962 que el 41% de la población urbana de los países en desarrollo carecía de acceso a sistema de agua canalizada a distancia razonable de la vivienda. Una encuesta efectuada 10 años más tarde evidenció que la dotación de sistemas de abastecimiento de agua para las zonas rurales estaban muy por debajo de la destinada a las zonas urbanas, y que cerca de dos terceras partes de la población rural de los países en desarrollo no disponían de agua potable ni de instalaciones adecuadas para la evacuación de excretas (Mariscal, 1995)

Todo ello hizo que en 1980, la Asamblea General de las Naciones Unidas, proclamase la década 1980- 1990 como el *Decenio Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento Ambiental*. El objetivo a alcanzar para el año 1990 era "que todas las poblaciones deberían disponer de cantidades suficientes de agua potable y que la contaminación de los ríos, lagos y mares no debería ser una amenaza para la salud humana" (Mariscal, 1995)

- En cuanto al saneamiento, el agua puede contaminarse con aguas residuales y ser vehículo de organismos infecciosos o bien por sustancias químicas tóxicas vertidas principalmente por la industria, los hospitales y los laboratorios químicos. Por falta de suministro de agua a la población y/o medidas deficientes de higiene, pueden aparecer en los individuos enfermedades de la piel por ectoparásitos como *Sarcoptes scabiei* (sarna), *Pediculus humanus* var. *Capitis* (piojos de la cabeza); o bien enfermedades transmitidas por hongos dermatofitos patógenos (Chávez, 1995)

Por lo anterior, evidentemente el recurso agua, constituye un elemento directamente relacionado con la salud de la población y del planeta en general y las medidas que busquen su conservación deben ser elementales en las políticas y acciones de todos los países a sus diferentes niveles de participación (Chávez, 1995)

- Este trabajo evaluó la calidad del agua en un periodo comprendido de marzo de 1998 a febrero de 1999, analizando parámetros fisicoquímicos y biológicos; para después obtener el valor del Índice de Calidad del Agua (ICA) que proporciona un valor global de la calidad del agua, incorporando los valores individuales de una serie de

parámetros y se identificaron los riesgos a la salud considerando los parámetros que excedieron los límites máximos permisibles de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 y la afectación de éstos en la salud.

**CUCBA**



**BIBLIOTECA CENTRAL**

### III JUSTIFICACIÓN

La contaminación es un tema que atrae la atención de la sociedad, por una parte, por estar relacionada a los riesgos hacia la salud de la población y por la otra, al estar ligada a los procesos de degradación de los recursos naturales. En la actualidad ha quedado definido que se requiere de una calidad ambiental y de la conservación de los recursos naturales, para mantener una posibilidad de desarrollo y una calidad de vida; considerándose como un derecho y una obligación, el mantener la calidad ambiental sostenida (Plan Estatal de Protección al ambiente, 1993).

La contaminación del agua, se origina principalmente por descargas de aguas residuales sin tratar de origen: industrial, doméstico, comercial, agropecuario y de retorno agrícola. Además hay otras fuentes de contaminación externas, por ejemplo, los tiraderos de basura a cielo abierto, las descargas ocasionales e indebidas de materias y sustancias químicas y petroquímicas, subproductos agropecuarios y escombros de construcción que se hacen sin control en distintos sitios (Plan Estatal de Protección al ambiente, 1993).

Conforme a la naturaleza del agente contaminante, se suele distinguir entre contaminación biológica (virus, bacterias, protozoarios, hongos), contaminación física (calor) y contaminación química (plaguicidas, metales e hidrocarburos) (Vallejo, 1992)

Las Naciones Unidas a través de su Programa para el Medio Ambiente (PNUMA, 1993) han identificado las sustancias de mayor uso en el mundo que tienen graves problemas para la salud humana y medio ambiente, entre ellas figuran:

- Plaguicidas y fertilizantes
- metales pesados
- solventes
- materiales plásticos.
- detergentes.

Los recursos acuíferos a escala mundial permanecen sometidos a una presión ambiental grave y ascendente, los problemas de escasez, suministro, abastecimiento, reutilización y potabilización requieren de programas a largo plazo con metas concretas y eficaces que de no cumplirse significarían un paulatino agotamiento de este recurso con las consecuencias indeterminables que representarían para el desarrollo de las actividades elementales en los núcleos de población (Orozco en Garibay, 1997).

La problemática actual derivada de la contaminación del recurso hídrico es amplia y compleja, tanto de aguas superficiales como subterráneas. Cuando los cuerpos de agua están contaminados, trae consecuentes afectaciones a la salud pública, daños a la ecología y reducción de la disponibilidad del vital líquido.

Cerca de 3000 millones de personas siguen utilizando agua contaminada por microorganismos patógenos. Entre las enfermedades de transmisión hídrica destacan por sus efectos mortíferos el cólera, la disentería, la hepatitis y la fiebre tifoidea. La epidemia de cólera que estalló hace años en América Latina ha recordado al mundo que no existe ninguna línea divisoria entre la calidad del agua y la salud pública. Por otra parte, cada vez suscita más preocupación el riesgo de contaminación de los manantiales por plaguicidas y desechos industriales (Vallejo, 1992).

La Universidad de Guadalajara, máxima casa de estudios de nuestro Estado, inició desde 1989 una reforma institucional y académica. Con la aprobación de una nueva Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara por el H. Congreso del Estado el 31 de Diciembre de 1993, se establecieron las condiciones para que se adoptara un nuevo modelo académico que, bajo la estructura orgánica de Red Universitaria del estado de Jalisco, funcionase a través de los Centros Universitarios y del Sistema de Educación Superior (García *et al*, 1996).

Dentro del marco del desarrollo de la Red Universitaria se conformó el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), integrado por las Facultades de Agronomía, Biología, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Los Institutos de Botánica, de Limnología y de Neurociencias, el Laboratorio Bosque de la Primavera y el Centro de Investigaciones en Comportamiento.



El CUCBA es un área circundada por tierras de cultivo de maíz en las cuales se tiene una cosecha al año, en donde se utilizan fertilizantes, herbicidas y plaguicidas para el mejoramiento de la cosecha.

En el Centro Universitario se cuenta con fosas sépticas y algunas tienen una antigüedad de más de veinte años lo cual puede ser un riesgo potencial para la contaminación bacteriológica del agua; debido quizá a posibles rupturas e infiltraciones de agua residual.

En el desarrollo que el CUCBA ha presentado en los últimos años, ha incluido la realización de nuevos edificios, tanto administrativos como de investigación y docencia y por consiguiente, un aumento considerable del personal que labora en sus instalaciones y de estudiantes (aproximadamente 3500) que se concentran en cada una de las carreras ofertadas, incrementando la demanda de servicios (agua, electricidad, alimentación etc.) así como la generación de residuos sólidos y aguas residuales.

El servicio de agua para uso y servicios que en el CUCBA opera, proviene de un pozo profundo construido en el año de 1976, el cual tiene 200 metros de profundidad, se cuenta con dos cisternas o tanques de almacenamiento con capacidad de 60000 y 30000 litros, de los cuales se bombea a la red de distribución del Centro Universitario.

Los usos del agua en el CUCBA son:

- Consumo humano
- Consumo animal
- Riego
- Limpieza
- Higiene personal
- Servicios sanitarios

Tomando en consideración lo antes expuesto, se hace necesaria la evaluación de la calidad del agua de consumo de la red de abastecimiento en este Centro Universitario.

El presente trabajo de investigación se realizó con el antecedente de un diagnóstico de la calidad del agua como parte de una evaluación de riesgos que se llevó a cabo en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias en Julio de 1996.

Esta investigación pretende contribuir de manera importante en la evaluación de la calidad del agua y prevención de riesgos a la salud en el CUCBA.

Dentro del estudio de la evaluación de la calidad del agua del CUCBA las preguntas a contestar fueron:

1. ¿Los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de la norma?
2. ¿Los parámetros biológicos se encuentran dentro de la norma?
3. ¿El Índice de la Calidad del Agua tiene un valor aceptable para consumo humano? y
4. ¿Cuáles son los posibles riesgos a la salud generados por la mala calidad del agua?

## IV MARCO TEÓRICO

### 4.1 Antecedentes

La distribución de las poblaciones humanas está definida en gran medida por la disponibilidad de agua para el desarrollo de sus diversas actividades cotidianas, de producción de alimentos, de bienes y servicio y de esparcimiento. La combinación de las características ambientales y de las culturales, originadas en el desarrollo de la civilización, determina un marco socioeconómico que puede llegar a ser de gran influencia negativa en el ambiente y en las comunidades naturales que lo componen (Guzmán y Merino, 1992).

El grado de desarrollo poblacional alcanzado por diversas comunidades ha ocasionado problemas de contaminación de agua. Las grandes urbes, las medianas y las pequeñas utilizan agua para evacuar desechos y en su mayor parte no cuentan con sistemas de tratamiento para aguas residuales, de modo que éstas al ser vertidas crudas o parcialmente tratadas a los cuerpos receptores, los contaminan (Guzmán y Merino, 1992).

Al incrementarse la población humana, se ha acentuado aún más la contaminación del agua, ocasionando perjuicio a la salud pública. En poblaciones cercanas a nuestra área de estudio existe también contaminación ya que se han reportado diversos parámetros que exceden los valores máximos permitidos por la norma, como se detalla a continuación:

En Nextipac existen evidencias de un análisis fisicoquímico de agua el cual se reportó como agua no potable por la presencia de nitritos y cobre con valores que excedieron los límites máximos permitidos por la norma (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1973).

En zonas como la Primavera, Nextipac, Tesistán y Nuevo México, se reportó la calidad de agua como agresiva (INEGI carta Hidrológica de aguas subterráneas Guadalajara F13-12, 1980).

En Tesistán en marzo de 1990, el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Zona Metropolitana determinó que existe contaminación ya que se encontró una cuenta bacteriana elevada.

En Zapopan en el predio San Rafael se reportó en enero de 1996, nitrógeno amoniacal con valor arriba de la norma (Gobierno del estado de Jalisco, laboratorio ambiental y agrícola).

Del mismo modo en Paraíso Los Pinos, los fluoruros y la turbidez obtuvieron valores arriba de la norma (Laboratorio profesional de análisis, mayo 1997).

En el Km 1 carretera Villa de la Primavera de la UdG, algunas de las determinaciones de análisis fisicoquímico se encontraron con valores fuera de norma como: el color, aluminio, fierro y manganeso, así también como los organismos coliformes totales (Análisis industriales febrero/98).

En un monitoreo llevado a cabo por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) de la Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de los pozos del sistema de Tesistán, que comprende el acueducto Tesistán y Acueducto Periférico Norte, en un periodo entre 1990 y 1998, se obtuvo como resultado que algunos parámetros como la turbiedad, color, nitritos, hierro, arsénico, mercurio, manganeso, aluminio, coliformes fecales y coliformes totales, estaban con valores que exceden los límites permisibles.

Asimismo, la Dirección General de Epidemiología de la Jurisdicción X de la Secretaría de Salud, que comprende las zonas de: Tesistán, Venta del Astillero, San Juan de Ocotán, Sta Margarita y Zapopan, durante los años de 1997 y 1998 reportaron 23246 casos de enfermedades gastrointestinales.

En julio de 1996 se llevó a cabo una evaluación de riesgo en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, en donde se hizo un diagnóstico de la Calidad del Agua, en donde se reportó la presencia de organismos coliformes totales y fecales y plomo con valores que exceden la norma (García *et al*, 1996).

La contaminación del agua ocasionada por diversas fuentes, trae como consecuencias alteraciones en la salud humana, por lo tanto es importante conocer la calidad del agua en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad del Guadalajara.

## 4.2 El Agua

Origen y sustento de todo tipo de vida en la tierra.

Ocupa 75% de la Corteza Terrestre.

Constituye el 60% de los Seres Vivos.

Las propiedades del agua se describen en la tabla 1, de la misma manera el uso, la presencia y los aspectos biológicos del agua se mencionan en la tabla 2.

Tabla 1. Propiedades del agua

<b>PROPIEDADES</b>	
Punto de Fusión	0°C
Punto de Ebullición	100°C
Estados Físicos (en forma natural)	sólido, líquido y gas
Calor de Fusión	1,44 Kcal/Mol
Calor de Vaporización	540 Kcal/g.
Densidad	1.0000

Fuente: Fernández, 1992.

Tabla 2. Usos, presencia y aspectos biológicos del agua.

<b>USOS DEL AGUA</b>	<b>PRESENCIA DEL AGUA EN LA MATERIA</b>	<b>ASPECTOS BIOLÓGICOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domestico: Bebida, higiene, limpieza.</li> <li>• Industrial: Fuente de energía, refrigeración, etc.</li> <li>• Agrícola: Riego, lavado de terrenos etc.</li> <li>• Público: Contra incendios, limpieza, riego de jardines etc..</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de constitución (unión química)</li> <li>• Agua de hidratación o de cristalización</li> <li>• Agua de adsorción.</li> <li>• Agua combinada fisiológicamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juega un papel vital en la existencia y desarrollo de los seres vivos.</li> <li>• Es el componente mayoritario en los organismos vivos.</li> <li>• Es el vehículo utilizado por la naturaleza como portador de nutrientes.</li> <li>• Es el medio universal y único en el que se realizan las reacciones organobiológicas.</li> <li>• Su calidad condiciona la calidad de los alimentos.</li> <li>• Su elevado calor específico y de vaporización le permite actuar como regulador térmico de los seres vivos.</li> <li>• Su elevada cohesión interna (capilaridad) permite el transporte de nutrientes en las plantas.</li> </ul>

Fuente: Fernández, 1992.

### 4.3 El Agua Disponible y el Agua que Consumimos

Si consideramos el agua en su conjunto ( mares, ríos, lagos, hielos, glaciares y aguas subterráneas), el problema no es de escasez. En virtud del "ciclo hidrológico" (océano-atmósfera-tierra-océano), a diferencia de otros recursos naturales, posee la propiedad de que, por mucho que se consuma, no presenta pérdidas cuantitativas respecto del

volumen total existente en la Tierra. Sin embargo la calidad se deteriora cada vez más. El agua sin duda es abundante. Los mares y océanos contienen el 94% del agua total del mundo; las aguas subterráneas son solo el 4% del total y el 20% del agua dulce, y el agua contenida en hielos y glaciares es el 79% del agua dulce, y apenas el 1% del agua dulce es agua de superficie accesible, especialmente la de los ríos, que aportan el 80% de los recursos del agua. Otra parte está en los seres vivos, en la humedad del suelo y en la atmósfera, pero no la vemos "como agua".

Ander-Egg (1995), menciona que siendo tan abundante el agua y considerándola en la totalidad del planeta, se puede señalar que es un recurso escaso por la disponibilidad de ésta que es sólo el 3% de toda el agua que hay en el mundo, pero de esta ínfima cantidad más de las tres cuartas partes se encuentran congeladas en los casquetes polares y glaciares, y el resto en ríos y aguas subterráneas. Esto significa que solo el 0,65% del total del agua que hay en el planeta es directamente utilizable.

Como el número de habitantes y las necesidades de agua en los procesos industriales y en la producción de alimentos aumenta constantemente, el agua dulce apta para el consumo es cada vez más escasa. Y a esta escasez natural, se agregan dos importantes problemas ecológicos: el derroche y la contaminación. El derroche de agua es una expresión más de la mentalidad consumista de nuestra sociedad, y la contaminación de ríos y acuíferos es consecuencia de la agregación ecológica que sufre el planeta.

No basta con disponer de agua, sino que es necesario disponer de agua en condiciones de ser utilizada. Algunos ecologistas afirman que los ecosistemas acuáticos son precisamente los más afectados por el deterioro del medio ambiente. Así pues la disponibilidad del agua es cada vez más escasa (Ander-Egg, 1995).

#### 4.4 El agua en la Tierra

A la Tierra se le llama el planeta azul porque esa impresión da cuando se mira desde el espacio. Esto se debe a que 1360 millones de kilómetro cúbicos de agua la cubren en un 70%, aunque ésta sólo represente el 0,07% de su masa y el 0.04% de su volumen. Si se repartiera entre los habitantes del mundo, a cada uno le tocarían 300 millones de metros cúbicos que, aunque es una gran cantidad, el 98% de ella no es apta para el consumo humano o riego, ya que es agua salada y la tecnología actual para tratarla es todavía restringida debido a sus altos costos (Arreguín, 1997).

La mayor parte del 2% restante, es decir el agua dulce, se localiza en los casquetes polares o en los acuíferos, por lo que sólo queda disponible el 0.014% en los lagos y ríos de la superficie terrestre. Si se repartiera esta cantidad de agua entre los habitantes de la Tierra, ahora correspondería solamente tres millones de metros cúbicos a cada uno, dotación suficiente para vivir a plenitud. Sin embargo, la distribución de este vital líquido en nuestro planeta no es uniforme en el espacio ni en el tiempo. Existen regiones que cuentan con grandes cantidades de agua, mientras otras sufren tal escasez, que restringe cualquier clase de vida. Además en la mayoría de los países sólo llueve durante unos cuantos meses (Arreguín, 1997).

Según Arreguín (1997) el problema de la disponibilidad se vuelve más elocuente, si la cantidad de agua se relaciona con la población, por ejemplo, Canadá cuenta anualmente con 109 000 metros cúbicos de agua por habitante, Rusia con 15000, los Estados Unidos de América con 10000, México con 5200 y Arabia Saudita o Jordania con 160.

Se considera que cuando un país tiene 1700 metros cúbicos anuales por habitante sufrirá problemas de agua ocasionalmente; cuando tiene menos de esta cantidad está estresado hidráulicamente, cuando el volumen cae por abajo de los 1000 metros



cúbicos, se considera que el país sufre una escasez crónica, y cuando cuenta con menos de 500 metros cúbicos se establece como escasez absoluta. En general se acepta que 1000 metros cúbicos por habitante y por año, es la cantidad mínima de agua para una adecuada calidad de vida y un desarrollo moderado para un país. En 1990, 28 países cuya población total era de 335 millones de personas se encontraban en nivel de estrés o escasez. Se estima que en el año 2025 de 46 a 52 países se encontrarán en esta categoría y su población variará de 2782 millones a 3 290 millones de habitantes, dependiendo de las tasas de crecimiento que puedan tener en las siguientes décadas (Arreguín, 1997).

El incremento constante en la demanda de agua se debe al crecimiento poblacional y a la elevación en el nivel de vida. La población mundial fue de cinco mil millones en 1988, casi el doble de la de 1950. Para el año 2 000 es probable que se incremente a más de seis mil millones. Se espera que el total del agua consumida se incremente casi diez veces, de 520 kilómetros cúbicos por año en 1990 a aproximadamente 5400 kilómetros cúbicos para el año 2000 (Arreguín, 1997).

El sector agrícola es el mayor consumidor en la mayoría de los países, utiliza más del 80% del agua extraída. Desde 1950, el área regada en el mundo se ha incrementado al triple, es decir, aproximadamente a 275 millones de hectáreas. Actualmente, casi la mitad del alimento que se consume en el planeta se produce en sólo el 18% de las tierras regadas. No obstante, en el afán de incrementar el área de riego, se ha puesto poca atención en la eficiencia con que operan los sistemas. Se pierde mucha agua en la conducción desde las presas o pozos hasta las parcelas. Se estima que en promedio, la eficiencia mundial de los sistemas de riego es del 37%. Mucho del volumen perdido se vuelve improductivo o se ve severamente degradado en su calidad al arrastrar sales, pesticidas y elementos tóxicos del suelo. Por lo tanto, el problema no es siempre de recursos hidráulicos adicionales. En muchos casos, los recursos hidráulicos existen pero su manejo es ineficiente (Arreguín, 1997).



Pero si los retos en el campo son grandes, también lo son en las ciudades. A principios de este siglo no había ninguna ciudad cuya población ascendiera a los cinco millones de habitantes; en 1950 ya aparecían seis; en 1980, veintiséis y en el año 2000, se calcula que serán sesenta, hasta alcanzar en el año 2025 la cifra de 90 ciudades con cinco millones de habitantes o más.

Los principales problemas de abastecimiento a los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades se presente un elevado número de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se rehúsa el recurso, los sistemas de facturación y cobranza son deficientes, las tarifas por el servicio frecuentemente no cubren los costos del suministro y existe poca conciencia ciudadana. Por otra parte las maquinarias, los procesos y los servicios accesorios de las industrias demandan grandes cantidades de agua (Arreguín, 1997).

#### **4.5 El agua en México**

Partiendo de que la precipitación media anual del país es de 777 milímetros, equivalente a un volumen de 1 530 kilómetros cúbicos, pero dada la orografía y las características propias de las latitudes de nuestro territorio, el informe de la Comisión Nacional del Agua (CNA) señala que la distribución espacial y temporal de la lluvia es muy irregular. Reconoce que existen en todo el país fuertes variaciones mensuales de la precipitación que en general se concentra en unos meses. Un régimen con alrededor del 80% de lluvias en verano no ocurre en la mayor parte del país. Señala además otro régimen de invierno con un 30% o más de la lluvia anual, ocurre en la costa de Baja California y en algunas porciones del Norte y Noreste. Finalmente, el de lluvia en cualquier época del año ocurre en el Norte del país, Norte de Chiapas y una parte de Tabasco (CNA, 1995).

La CNA (1995) informa además que el 27% del agua que se precipita anualmente se transforma en el escurrimiento superficial que alimenta las 320 cuencas que conforman el país. Estos 410 kilómetros cúbicos de agua que transportan los ríos, constituyen la disponibilidad de agua superficial renovable. Señala que los mayores escurrimientos se localizan en las cuencas del Sureste, pero también en las regiones costeras del Centro en el Pacífico y Golfo de México, destacando las cuencas de los ríos Grijalva, Usumacinta, Balsas, Santiago, Papaloapan y Pánuco.

En la actualidad, el 95% del almacenamiento se concentra en 59 presas con capacidad mayor de 100 millones de metros cúbicos. El 42% de la capacidad total se destina a la agricultura, 39% a la generación de energía eléctrica, otro 9% al suministro de agua potable y el 10% restante corresponde a la capacidad de azolves. Además de la generación de escurrimientos superficiales, otra parte de la lluvia se infiltra y recarga los acuíferos, cuyo volumen de renovación natural se estima en poco más de 45 mil millones de metros cúbicos anuales. El 79% de la recarga natural se localiza en el Sureste del país. Los acuíferos que subyacen las zonas de riego se alimentan por una recarga inducida estimada en 15 000 millones de metros cúbicos (CNA, 1995).

La disponibilidad permanente de agua subterránea que es susceptible de aprovechamiento, es algo menor que la recarga natural, debido a que no es posible extraer la totalidad de ésta sin inducir efectos colaterales tales como el agrietamiento del suelo o la migración de aguas fósiles con altos contenidos de sales tóxicas. La sobreexplotación del agua subterránea es un problema que se ha generalizado durante los últimos veinte años, principalmente en las zonas áridas y semiáridas, lo que ha ocasionado perjuicios prácticamente irreversibles, tales como intrusión salina, hundimiento del terreno y bombeos a profundidades, prácticamente incosteables, especialmente para la agricultura.

En la actualidad, 80 de los 425 acuíferos que se han estudiado conforman una problemática caracterizada por los factores antes citados. Respecto a la infraestructura hidráulica, el informe señala que el patrimonio hidráulico de la Nación incluye:

1. 2200 presas de almacenamiento con más de 50000 metros cúbicos de capacidad, entre las cuales destacan 535 presas con más de 15 metros de altura o un volumen mayor de diez millones de metros cúbicos, que las ubica internacionalmente dentro de la categoría de grandes presas.
2. 2597 presas derivadoras, 50775 kilómetros de canales; 29450 kilómetros de drenajes y desagües; 60826 kilómetros de caminos de operación y enlace de zonas agrícolas, 3350 plantas de bombeo; 61405 pozos profundos y 210 mil estructuras en canales, drenes y caminos. Todo esto, para regar más de seis millones de hectáreas y colocar a nuestro país en el séptimo lugar entre los países que cuentan con infraestructura de riego.
3. Más de 2700 kilómetros de acueductos para entregar casi 2840 millones de metros cúbicos al año de agua en bloque a las poblaciones del país.
4. Infraestructura para regular y distribuir agua potable a 77.2 millones de habitantes, así como la que se requiere para el servicio de alcantarillado que beneficia a 62.4 millones de habitantes.
5. 818 plantas de tratamiento de aguas residuales de origen municipal, con una capacidad instalada total de 37980 litros, equivalentes al 24% del caudal total de aguas residuales de origen municipal.
6. Más de un centenar de plantas hidroeléctricas con una capacidad instalada total de 8171 megawatts, las cuales producen el 21% de la energía que genera el Sistema Eléctrico Nacional.

Los registros destacan que a nivel nacional, considerando una población que ya supera a los 87 millones de personas, los recursos hidráulicos disponibles representan un volumen cercano a 5200 metros cúbicos anuales por cada mexicano. Las aguas residuales que retornan a las corrientes con mayor o menor grado de carga contaminante suman menos de 20 mil millones de metros cúbicos. El sector agrícola

genera el 54% de este volumen con contenido de residuos agroquímicos que descargan en los ríos o se infiltran a los acuíferos. La industria genera el 31% con contenido de metales pesados y otras sustancias tóxicas, así como materia orgánica. El 26% restante se vierte a través de las descargas municipales con contenido de materia orgánica y bacteriológica, así como con tóxicos que provienen de las descargas industriales conectadas a las redes municipales de alcantarillado (CNA, 1995).

Los balances regionales muestran una situación de escasez importante en casi la mitad del territorio, donde se ubican los estados de Baja California, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y San Luis Potosí, así como los estados que comparten las cuencas de Lerma - Chapala y el Valle de México.

Respecto a la calidad del agua el informe destaca que, los estudios realizados a finales de la década pasada en 218 cuencas permitieron clasificarlas en función del grado de alteración de su calidad natural. De acuerdo con los estudios mencionados, en 20 cuencas se genera el 89% de la carga contaminante total, medida como DBO. Sólo en cuatro cuencas - Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas se recibe el 50% de las descargas de aguas residuales, incluyendo las descargas de las principales ciudades. A estas últimas pueden agregarse las cuencas de los ríos Blanco, Papaloapan, Culiacán y Coatzacoalcos, por la magnitud y características de la contaminación industrial recibida y las cuencas de los ríos que descargan al mar de Cortés, por los agroquímicos que reciben de los retornos agrícolas.

Las áreas con mayores alteraciones en la calidad de las aguas subterráneas son la Comarca Lagunera, por la dilución de sales arsenicales, así como el Valle de México y otros acuíferos en zonas urbanas (la región del Bajío y el Valle del Mezquital), por infiltración de lixiviados de desechos sólidos y descargas de agua residual no incorporadas al drenaje municipal (CNA, 1995).

## 4.6 Fuentes y Tipos de Contaminantes

La calidad del medio ambiente se ha visto en las últimas décadas seriamente afectada por el manejo y disposición inadecuados de considerables cantidades de desechos, generados en los grandes núcleos de población y centros industriales.

El deterioro en la calidad de los diferentes cuerpos de agua, en consecuencia directa del vertido sin previo tratamiento de las aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, que contienen grandes cantidades de sustancias contaminantes; la naturaleza de éstas y sus efectos sobre los cuerpos de agua, variarán dependiendo del origen de las aguas residuales, las concentraciones de las sustancias contaminantes, los volúmenes descargados y de las características de los propios cuerpos de agua.

### 4.6.1 Fuentes de contaminación

Las principales fuentes de contaminación pueden ser clasificadas en cuatro grupos:

- A. Urbanas
- B. Industriales
- C. Agrícolas
- D. Naturales

#### A. Fuentes Urbanas:

Las concentraciones urbanas de población, constituyen una de las mayores fuentes de contaminación debido a los grandes volúmenes de aguas residuales domésticas producidas; las cuales, en su mayor parte, son colectadas por los sistemas de alcantarillado.

Debido al rápido crecimiento de las ciudades, la mayoría de las áreas suburbanas no se encuentran conectadas a los sistemas de alcantarillado y vierten sus aguas en fosas sépticas o directamente a los cuerpos de agua.

La facilidad del manejo de las aguas residuales dependerá, del tipo de fuente de que se trate, considerándose controlables las conducidas por los sistemas de alcantarillado separados y no controlables a todas aquellas que no estén conectadas al sistema.

#### B. Fuentes Industriales:

La actividad industrial está integrada por una variedad muy amplia de procesos, contándose entre los principales a los de la industria química, la petroquímica, la metalúrgica, la de la pulpa y el papel, la textil, la del azúcar y la de los alimentos. Cada una de estas industrias descarga volúmenes considerables de aguas residuales, cuya naturaleza físico-química dependerá del tipo de proceso a que se refiera. Pudiendo ser materia orgánica, nutrientes, metales pesados, ácidos, bases, sustancias inorgánicas, grasas, aceites etc.

#### C. Fuentes agrícolas:

Como consecuencia del uso en la actividad agrícola de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes, para el control de plagas y aumento de la productividad, las aguas de retorno agrícola arrastran restos de estos compuestos hasta los cuerpos receptores; esto, aunado a los arrastres de las excretas animales por los escurrimientos pluviales, produce una fuente considerable de contaminación, que altera los sistemas acuáticos.

El control y manejo de las aguas de retorno agrícola es difícil, debido a que las grandes áreas de riego tienen varias descargas, principalmente en época de lluvias.

#### D. Fuentes naturales:

Aunada a la contaminación producida por las aguas residuales de las diferentes actividades del hombre, está otro tipo de contaminación debida a causas naturales, tales como los arrastres de la materia orgánica muerta por los escurrimientos del agua pluvial, así como los productos inorgánicos producidos por la erosión en los suelos.

En épocas de lluvias los ríos crecidos pueden llegar hasta las zonas pantanosas y arrastrar a sus corrientes aguas de estos pantanos que degradan la calidad de los ríos.

En el sentido estricto, todos los cuerpos de agua presentan algún grado de contaminación, ya que con la sola presencia de organismos vivos en estos cuerpos, nos indica una determinada concentración de nutrientes.

#### 4.6.2. Tipos de contaminantes

Después de ser descargadas las aguas residuales provenientes de fuentes urbanas, industriales, agrícolas o naturales a un cuerpo de agua grande, los desechos pierden su identidad y se obtienen mezclas heterogéneas de contaminantes. Los diferentes tipos de sustancias contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, pueden ser clasificadas como sigue:

1. - Sustancias Orgánicas.
2. - Organismos Microbianos.
3. - Sustancias Radioactivas.
4. - Sustancias Inorgánicas
5. - Contaminación térmica.

##### Sustancias orgánicas:

Los principales compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales son las proteínas, carbohidratos y lípidos. Estas sustancias son susceptibles de ser biodegradadas por poblaciones heterogéneas de microorganismos, mediante oxidaciones biológicas aerobia o anaerobia. En la oxidación aeróbica se utiliza el oxígeno libre, dando como productos finales, dióxido de carbono, agua, alcoholes, amoníaco, nitratos y ácidos orgánicos principalmente. La oxidación anaerobia, se lleva a cabo en ausencia de oxígeno libre, y sus productos finales se caracterizan por producir olores desagradables, tales como ácido sulfhídrico y metano.

##### Organismos Microbianos:

La contaminación microbiana de los cuerpos receptores es de gran preocupación por sus repercusiones sobre la salud del hombre, ya que muchos de los microorganismos causantes de enfermedades son ampliamente distribuidos por las aguas.

Entre los principales organismos patógenos que son descargados en las aguas residuales están *Salmonella*, *Entamoeba histolytica*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Vibrio*



*cholerae*, el virus causante de hepatitis, los de Coxsackie, los ECHO y *poliovirus*. Este tipo de contaminación proviene en su mayoría de las excretas humanas y animales.

Los efectos de este tipo de contaminación repercuten directamente en la salud del hombre y animales que consumen esta agua contaminadas, produciendo enfermedades como el cólera, disentería bacilar, fiebre tifoidea, gastroenteritis entre otras.

#### Sustancias radiactivas:

Este tipo de contaminación es causado por los residuos radioactivos de algunas plantas industriales, Centros de investigación y hospitales, que manejan y utilizan estos compuestos. Afortunadamente esta clase de desecho tiene una disposición final bastante controlada, además de que en nuestro país este tipo de actividades es reducida.

#### Sustancias inorgánicas.

Los compuestos inorgánicos de las aguas residuales provenientes de todas las fuentes de contaminación, se presentan en forma de disoluciones, soluciones coloidales y material suspendido. La mayor parte de estas sustancias son sales inorgánicas (cloruros, sulfatos, silicato y óxidos metálicos), que son relativamente estables y no están sujetos a los procesos de biodegradación.

El grado de autopurificación que presentan los cuerpos de agua, con respecto a estos contaminantes, estará en función de su poder de dilución y de la sedimentabilidad de los compuestos.

#### Contaminación térmica:

La contaminación térmica de los cuerpos receptores, se debe a la descarga de aguas residuales a temperaturas elevadas

Los principales procesos donde se descargan aguas a temperaturas elevadas, son las plantas generadoras de electricidad y las aguas de enfriamiento y condensación industrial (Fernández, 1992).



#### 4.7 Agua Subterránea

**BIBLIOTECA CENTRAL**

El agua subterránea es aquella que fluye bajo la superficie del terreno, incluyendo el agua de afloramiento natural (NOM- 012-SSA1-1993).

El agua en la naturaleza se mueve según una secuencia de procesos- evaporación, precipitación, escorrentía, infiltración que constituyen el ciclo hidrológico unitario del agua. La evaporación se produce básicamente en las superficies libres - mares, lagos y ríos- y, junto a la transpiración procedente de los seres vivos - muy en especial de las plantas-, determina la formación del vapor de agua atmosférico que, al condensarse bajo determinadas condiciones, retorna a la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve, granizo etc.

El agua que cae sobre las áreas emergidas y escurre sobre la superficie terrestre, en parte se evapora y en parte se infiltra en el terreno; la fracción restante alcanza directamente los mares y los lagos, donde se completa la evaporación y se cierra el ciclo. El agua infiltrada en el subsuelo se acumula a favor de los poros, grietas y fisuras de los materiales que, por su naturaleza, tienen capacidad de almacenarla y transmitirla. Estas formaciones geológicas que contienen o han contenido el agua y por las cuales el agua puede fluir son las que, con carácter general, se denominan acuíferos (Secretaría de Estado de Aguas del Ministerio del Medio Ambiente,1995).

La parte superficial del suelo retiene cierta cantidad del agua de lluvia, variable según la época del año, que permite el sustento de las plantas y el desarrollo de la fauna asociada con ellas; es la denominada zona no saturada, desde donde puede darse aún la evaporación. A partir de cierta profundidad, variable de acuerdo con la naturaleza del terreno, todos los poros, grietas u oquedades del terreno están rellenos de agua: es la zona saturada; en ella el agua se desplaza en dirección básicamente horizontal, con una velocidad en general muy baja -que puede ser de muy pocos metros al año- hasta alcanzar el exterior, sea por un manantial o por su incorporación directa a la red fluvial, a un pozo de bombeo, a los lagos o al propio mar. En términos generales se considera

agua subterránea la que en algún momento se encuentra bajo la superficie del terreno (Secretaría de Estado de Aguas del Ministerio del Medio Ambiente,1995).

#### **4.8 Calidad de las Aguas Subterráneas**

Según Gray (1994), la calidad del agua subterránea depende de una serie de factores:

1. La naturaleza del agua de lluvia, la cual puede variar considerablemente, especialmente en términos de acidez debido a la contaminación y a los efectos del aerosol marino que afecta especialmente a las zonas costeras.
2. La naturaleza de las aguas subterráneas existentes las cuales pueden tener una edad de decenas de miles de años.
3. La naturaleza del suelo a través del cual el agua debe de infiltrar
4. La naturaleza de la roca que forma el acuífero

La calidad del agua subterránea puede verse modificada tanto por causas naturales, intrínsecas del propio acuífero, como por factores externos. Cuando estos factores externos que degradan la calidad natural del agua, son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de *contaminación*. La prevención, el control y la resolución de los problemas derivados de la contaminación de las aguas subterráneas constituye uno de los objetivos que pueden plantearse en cualquier política avanzada de gestión de los recursos hídricos (Secretaría de Estado de Aguas del Ministerio del Medio Ambiente,1995).

Básicamente, el origen de la contaminación es antropogénico y en función de la actividad que la produce, puede ser:

- \_ Agropecuaria
- \_ Urbana
- \_ Industrial

Según la distribución espacial de las fuentes contaminadas se distingue entre:

Contaminación puntual, originada por un foco localizado, que afecta mayor intensidad a una zona restringida alrededor del foco; es el caso de los vertederos de residuos, de las granjas, y de las fosas sépticas.

Contaminación difusa, cuando la entrada del contaminante se distribuye en una amplia zona del acuífero, es el caso del lavado de nitratos en zonas de regadío.

La potencialidad de la degradación de la calidad del agua subterránea depende del riesgo de los acuíferos frente a las actividades contaminantes que se desarrollan en su entorno (Secretaría de Estado de Aguas del Ministerio del Medio Ambiente, 1995).

Hablar de agua subterránea en general, es mencionar un recurso renovable que día a día toma mayor importancia en el mundo que crece en población y necesidades, desmesuradamente. Hablar de las aguas subterráneas en México, es hablar de un recurso que está dejando de ser renovable, pues en la actualidad, en un gran número de las importantes explotaciones de agua subterráneas se tiene un balance negativo, es decir, se extrae de los almacenamientos volúmenes de agua considerablemente mayores de los que corresponden a la recarga.

Esta sobreexplotación no es privativa de países en proceso de desarrollo, pues igual fenómeno ocurre en muchos países donde el agua es abundante y donde las ciencias geohidrológicas han tenido gran desarrollo (CONACYT, 1984).

#### 4.8.1 Contaminación de las Aguas Subterráneas

La disposición no controlada y persistente de contaminantes ha deteriorado la calidad del agua en varios acuíferos; en particular la contaminación biológica de las fuentes subterráneas de las que se abastece el medio rural.

Como es bien sabido, la contaminación ambiental es una de las grandes amenazas de nuestra época; también es de sobra conocido el hecho de que el agua superficial distribuida en ríos, lagos, lagunas y mares es uno de los recursos naturales más contaminados; sin embargo, es muy vaga la idea que se tiene acerca del deterioro que

ha sufrido en su calidad el agua subterránea, ya que se considera que su calidad está salvaguardada por su naturaleza.

Cada vez es más frecuente la detección de algunos metales pesados y compuestos orgánicos en las fuentes de aguas subterráneas que sustentan el abastecimiento de agua potable a importantes centros de población; a consecuencia del desarrollo industrial.

En las zonas sobreexplotadas afectadas por fuentes puntuales de contaminación, no toda la disponibilidad del agua está contaminada, pero sí seriamente amenazada porque tal sobreexplotación propicia la migración más rápida de los contaminantes (Ham, 1994).

En las áreas urbanas e industriales, las fugas de los depósitos de hidrocarburos o de efluentes líquidos, las descargas al terreno de aguas residuales y de sustancias utilizadas en los procesos industriales, la disposición de residuos en tiraderos o rellenos sanitarios y las fugas en las redes de alcantarillado son algunos de los principales focos de contaminación. En el medio rural, las fosas sépticas y letrinas; las aguas residuales descargadas al terreno o a corrientes superficiales y las instalaciones pecuarias, generan también una cuantiosa carga contaminante.

Problemas de calidad del agua derivados de la actividad agrícola enfrentan principalmente los acuíferos de: el Valle del Yaqui, Son., y el Valle de Mexicali, B.C. Por disposición de aguas residuales: la porción sur del Valle de Aguascalientes, Ags., Valle del Mezquital, Hgo., los Valles de León, Celaya y Salamanca, Gto., y el Valle de San Luis Potosí, S.L.P. Por la actividad industrial los acuíferos de: Valle de León, Gto., Cuautitlán, Méx., Valle de Querétaro, Qro., Valle de Toluca, Méx., y Valle de San Luis Potosí, S.L.P. Por intrusión salina provocada por el excesivo bombeo los acuíferos de: la Misión, San Quintín, Santo Tomás, Maneadero, San Vicente y la Calentura, B.C., Santo Domingo y la Paz B.C.S., Caborca, costa de Hermosillo y Guaymas Son (Ham, 1994).

#### 4.8.2. Calidad natural del agua subterránea en México

Tomando en cuenta la concentración de sólidos totales disueltos en el agua, en partes por millón, como parámetro de clasificación y distinguiendo como agua de excelente calidad, la de salinidad total menor de 500 ppm; de buena calidad la de salinidad total comprendida en el rango 500- 1500 ppm; de mediana calidad la de salinidad total comprendida en el rango 1500- 2500 ppm y de pobre calidad la de salinidad total mayor de 2500 ppm, es posible establecer que en el país predomina la disponibilidad de aguas de buena calidad y en último orden la de pobre calidad.

En general las tres primeras clases de disponibilidad están presentes en la mayor parte del país y la de pobre calidad se localizan en las zonas áridas de los bolsones de las cuencas interiores de los estados de: Coahuila, Zacatecas, Durango y San Luis Potosí, y en las planicies de emersión de los estados de Nuevo León y Tamaulipas.

Entre los términos químicos que representan serias restricciones para el uso del agua se pueden mencionar al: Flúor, arsénico, sulfatos, plomo, hierro, manganeso, entre otros y algunas de sus propiedades químicas como la salinidad total y la dureza.

Importantes contenidos de Flúor se han detectado en los acuíferos de: Valle de Aguascalientes, Ags., San Felipe, B.C., Valles de Guadiana y Vicente Guerrero, Dgo. Por arsénico el más grave problema se presenta en el acuífero de la Región Lagunera, Coah-Dgo., en menor proporción en el de Zimapán, Hgo. Por altos contenidos de nitratos los acuíferos de la porción norte del estado de Quintana Roo.

Son numerosas las zonas en las que elevada salinidad y contenido de sulfatos restringen el uso del agua. En otros casos el deterioro de la calidad del agua se debe al agua salina contenida en estratos poco permeables que migra hacia los acuíferos a causa de su explotación. A futuro cabe esperar que los problemas de calidad derivados por la naturaleza del medio, sean más frecuentes conforme se vaya captando agua más profunda, que es generalmente más salina a causa de una permanencia más prolongada en el subsuelo (Ham, 1994).

#### 4.8.3 Problemática en el Estado de Jalisco.

Durante el proceso de obtención de información no se detectaron problemas importantes por contaminación de acuíferos profundos que abastezcan poblaciones del interior del Estado. Sin embargo, esto no significa que no haya alguna situación de esta naturaleza y principalmente por contaminación bacteriológica de diversa índole que pueda afectar a los pobladores (Plan estatal de protección al ambiente, 1993).

#### 4.8.4 Problemática en la zona Metropolitana de Guadalajara

La problemática en la Zona Metropolitana de Guadalajara, en lo que respecta a aguas subterráneas, se puede considerar por la naturaleza predominante de la contaminación y por la zona afectada.

➤ *Contaminación química.* Detectada en forma notoria, en:

- Pozos alrededor del parque González Gallo.
- Aguas someras de la Zona del Dean
- Algunos pozos en la Zona Industrial
- Norias cercanas al Tiradero las Juntas
- Norias alrededor de la Presa de Osorio, y
- Cuenca del Ahogado.

➤ *Contaminación orgánica y bacteriológica.* Destacan las siguientes:

- Zona existente entre el Periférico Oriente, las Juntas y la Carretera a Chapala.
- La cuenca de Colomos, donde existe una notable contaminación bacteriológica.
- La zona de Tesistán, donde se comienza a detectar algunos problemas, y
- Algunas zonas en distintos asentamientos humanos irregulares donde todavía no hay alcantarillado sanitario y se abastecen de norias y pozos someros, los cuales se contaminan por pozos "negros" o por tanques sépticos mal construidos y/o ubicados inadecuadamente (Plan estatal de protección al ambiente, 1993).



**BIBLIOTECA CENTRAL**

#### 4.8.5 La contaminación del agua y los problemas de la salud humana.

A fines de los años 70 la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros organismos especializados de las Naciones Unidas, estuvieron realizando los estudios preparatorios para el Decenio Internacional del Agua Potable, se elaboró una lista en la que figuraban más de 35 enfermedades relacionadas con el aprovisionamiento del agua o con sistemas sanitarios defectuosos.

En 1994, las Naciones Unidas hicieron conocer un estudio en el que se dice que el 30% de las muertes que se producen en el mundo en desarrollo y el 80% de las enfermedades de sus poblaciones, están relacionadas con la escasez de agua y su deficiente depuración.

Los siguientes datos básicos, son tomados de la OMS y de Earthwoks (una Organización No Gubernamental - ONG) cuyo propósito es difundir datos relacionados con la problemática del medio ambiente, que ponen en relieve la relación existente entre la contaminación del agua y determinadas enfermedades que, con diferente gravedad, afectan a millones de seres humanos:

- 5 millones de niños mueren cada año antes de cumplir el primer año de vida, como consecuencia de la contaminación del agua; otros 500 millones padecen enfermedades graves a causa de este motivo.
- En 1980, en los países del Tercer Mundo (excluida China), 1320 millones de personas no tenían agua potable a su disposición (en 1975 eran 1233 millones).
- 1730 millones no disponían de ningún sistema higiénico de evacuación de excretas (en 1975 eran 1350 millones) (Ander-Egg, 1995)

Mariscal (1995), menciona diversos agentes cuyo vehículo es el agua y son responsables de diversas patologías humanas (tabla 3). En la tabla 4 se mencionan



diversos agentes patógenos que tienen como huéspedes intermediarios seres vivos que se desarrollan y/o viven en el agua.

Tabla 3. Agentes vehiculizables por el agua y responsables de patología humana

<b>MICROORGANISMO</b>	<b>ENFERMEDAD</b>
<b>Bacterias</b>	
<i>E. coli</i>	Gastroenteritis
<i>Salmonella</i>	Fiebre tifoidea
<i>Shigella</i>	Shigelosis
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacteriemia, neumonía etc
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	Endocarditis meningitis, etc
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastroenteritis
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Gastroenteritis
<i>Leptospira</i>	Leptospirosis
<b>Virus</b>	
Virus de la Hepatitis A	Hepatitis A
Poliovirus	Poliomielitis
Coxsackievirus	Herpangina, Mialgia epidémica
Agentes Norwalk	Gastroenteritis víricas
Rotavirus	Gastroenteritis víricas
<b>Protozoos</b>	
<i>E. histolytica</i>	Amibiasis
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis
<i>Isoospora belli</i>	Isoosporiasis
<b>Helmintos</b>	
<i>Ascaris</i>	Ascariasis
<i>Ancylostoma</i>	Anquilostomiasis
<i>Schistosoma</i>	Esquistosomiasis
<i>Spirometra</i>	Esparganosis
<i>Taenia equinococcus</i>	Equinococosis
<i>Trichuris trichiura</i>	Tricocefalosis

Fuente: Mariscal, 1995

Tabla 4. Agentes patógenos que tienen como huéspedes intermediario seres vivos que se desarrollan y/o viven en el agua.

AGENTE	HUÉSPED
VIRUS	
Fiebre amarilla	Aedes
Hepatitis A	Moluscos filtradores
BACTERIAS	
Vibrio	Pescado
PROTOZOOS	
<i>Plasmodium</i>	Anopheles
Dinoflagelados	Moluscos filtradores
TREMATODES	
<i>Fasciola:</i>	
<i>hepática</i>	Linnea
<i>buski</i>	Planorbis
<i>Schistosoma:</i>	
<i>haematobium</i>	Bulinus
<i>mansoni</i>	Planorbis
<i>japonicum</i>	Oncomelania
CESTODES	
<i>Dibotriocephalus latus</i>	Cyclops Pescado
NEMATODES	
Dracunculus	Cyclops
Filarias	Culex Chrisops Simulium

Fuente: Mariscal, 1995

#### 4.9 Índice de Calidad del Agua (ICA)

En la medida en que la normatividad se ha venido desarrollando para ordenar un creciente deterioro ambiental en el ámbito del recurso agua, se han desarrollado diversos Índices de Calidad de Agua (ICA) tanto generales, como de uso específico (Tamayo, 1985). Dentro de los índices generales se encuentran el de Horton, Brown, Pratti, McDuffi, Dinius y el INDIC-SEDUE. En los de uso específico los de O Connors

(Pesca, vida silvestre y abastecimiento público), Walski (recreacional), Stoner (Abastecimiento público e irrigación) y el de Nemerow y Sumitomo (Contacto humano directo, indirecto y remoto) (SARH, 1979; Guzmán y Merino, 1989; Montoya, *et al*, 1997) (Ordenamiento ecológico territorial, 1997).

El aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, debido a las diferencias de interpretación entre los encargados de tomar decisiones, los expertos en el tema y el público en general, existe un esfuerzo creciente para desarrollar un sistema indicador que agrupe los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco de referencia unificado.

El ICA, como forma de agrupación simplifica algunos parámetros, indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado si el diseño de ICA es adecuado, el valor obtenido puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias. (de la Mora, 2001).

#### **4.10 Parámetros fisicoquímicos y su relación con la salud**

El agua puede contener sustancias que hacen que se convierta en causa de enfermedad cuando se utiliza para satisfacer las necesidades biológicas, además de que puede ser inadecuada para satisfacer otras necesidades, causando un perjuicio económico, actuando como factor limitativo del desarrollo económico-social, además de los efectos negativos sobre el ecosistema. El agua en la naturaleza suele contener una serie de elementos que pueden tener un gran interés sanitario. Las aguas naturales, tanto superficiales como profundas, constituyen soluciones más o menos concentradas

de gases y sales minerales, en equilibrio con la atmósfera, además de partículas sólidas en suspensión (Mariscal, 1995).

La incorporación de sustancias al agua nos puede llevar a establecer el concepto de contaminación, definida por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa como " cualquier alteración en la composición o estado del agua, consecuencia directa o indirecta de las actividades humanas, haciéndola menos conveniente para su uso".

Hemos de tener en cuenta que al referirnos a los perjuicios que puede causar la contaminación del agua, no podemos hablar sólo de los directos, ya que los daños pueden darse de forma indirecta como consecuencia de: riesgos ambientales, eutrofización, contaminación de alimentos etc. Este hecho conduce a la definición de unos criterios que garanticen a la población un suministro de agua de calidad adecuada. Estos criterios sanitarios son adoptados en cada país, siendo recogidos en los correspondientes legislaciones, por lo que son de obligado cumplimiento (Mariscal, 1995).

### **Alcalinidad**

El dióxido de carbono suele estar presente en las aguas en mayor o menor proporción, mejorando los caracteres organolépticos, comunicándole un sabor más agradable, sin que presente ningún riesgo para la salud. La mayor importancia de este parámetro está en relación con las diferentes reacciones a que da lugar en el agua originando nuevos productos, de los que uno de los más importantes es, sin duda, el ión bicarbonato. Este ión, junto con los carbonatos e hidróxidos, constituyen la denominada alcalinidad del agua. El equilibrio entre bicarbonatos y dióxido de carbono puede dar lugar a la disolución del carbonato cálcico (agresividad), o a la producción de incrustaciones, acciones que pueden superponerse a las reacciones bioquímicas de corrosión que ocurren entre los metales y el agua (Mariscal, 1995).

**Arsénico**

La toxicidad del arsénico depende de la forma físico-química en que se encuentre, de la vía de entrada, de la dosis y duración de la exposición, de los niveles interactivos y de la edad y sexo del sujeto expuesto. El arsénico mineral es más tóxico que el orgánico y su forma trivalente más peligrosa que la pentavalente. La intoxicación aguda por arsénico alcanza al sistema nervioso central, produciendo incluso la muerte a dosis de 70 a 180 mg. La intoxicación crónica se manifiesta por una atonía muscular general, pérdida de apetito y náuseas y origina una inflamación de las mucosas del ojo, nariz y laringe. Igualmente se pueden producir lesiones cutáneas, manifestaciones neurológicas e incluso tumores.

La intoxicación puede sobrevenir con una dosis diaria de 3 a 6 mg durante un largo período de tiempo. Pero en una evaluación del riesgo de cáncer de piel asociado al consumo de agua realizada por la OMS y la Agencia de Protección del Medio Ambiente de USA, demuestra que es del 5% para la exposición durante toda la vida a concentraciones de arsénico de 0,2 mg/l (Mariscal, 1995).

**Cadmio**

Suele estar presente en las aguas de bebida en pequeñas cantidades, del orden de 1  $\mu\text{g/l}$  o menos, a veces 5  $\mu\text{g/l}$  y más raramente hasta 10  $\mu\text{g/l}$ . El contenido es probablemente más alto en las regiones abastecidas con aguas de bajo pH, que originan una mayor corrosión en las conducciones de plomo cadmiado. En cuanto a los efectos sobre la salud, se puede señalar hipertensión, efectos tóxicos y gonadotóxicos, efectos mutágenicos, teratogénicos y cancerogénicos, aunque la mayor parte de estos efectos no están suficientemente demostrados (Mariscal, 1995).

**Cloruros**

El principal problema que plantean es el sabor desagradable que comunican al agua, sobre todo cuando se encuentran en forma de cloruro sódico, potásico o cálcico, situándose el umbral gustativo en 200-300 mg/l. Además de la incidencia de los caracteres organolépticos, producen un efecto corrosivo, que para los elementos de

acero inoxidable el riesgo se incrementa a partir de los 50 mg/l. El principal aporte de cloruros en la ingesta del hombre proviene de los alimentos alcanzándose un promedio de 6 g/día. De acuerdo con un grupo de expertos de la OMS, se debe conseguir una reducción progresiva por lo que en las aguas se debe tender al valor guía que se establece para los cloruros en 25 mg/l (Mariscal, 1995).

### **Cobre**

Es un elemento esencial del metabolismo del hombre, jugando un papel en la formación de los eritrocitos, la liberación del hierro tisular, el desarrollo del hueso, del sistema nervioso central y del tejido conjuntivo. Está generalmente unido a las proteínas: la hemoproteína de los eritrocitos y la ceruloplasmina del plasma sanguíneo contienen cobre. La metalotionina acumula el cobre y un cierto número de enzimas, tales como la citocromo-oxidasa, ácido ascorbico-oxidasa y la uricasa.

Como este metal está muy extendido en los alimentos, es poco probable que el hombre sufra una carencia de cobre. La ingestión de dosis excesivas se traduce en una irritación y corrosión grave de las mucosas, con afectación de los capilares, lesiones hepáticas y renales y una irritación del sistema nervioso central seguida de depresión. Sin embargo, el envenenamiento por cobre es muy raro en el hombre a causa de sus potentes propiedades eméticas (Mariscal, 1995).

Las sales de cobre son corrosivas para la piel pudiendo originar un eczema papulovesicular. La acción local sobre los ojos produce inflamación. Por otra parte, comunica al agua un sabor astringente desagradable cuando las concentraciones son superiores a 5 mg/l. Aunque la presencia de cobre en el agua de consumo no sea peligrosa para la salud, sí tiene efectos indeseables. Así, el cobre aumenta la corrosión de los utensilios y accesorios de cinc y aluminio y produce manchas sobre la ropa y los sanitarios cuando la concentración sobrepasa 1mg/l (Mariscal, 1995).

## **Color**

Puede deberse a muy diversas sustancias. Su importancia fundamental es de índole estética, pero los efectos sensoriales pueden considerarse efectos sobre la salud (Mariscal, 1995).

## **Conductividad**

Otro parámetro sanitariamente importante, cuando nos referimos a los componentes mayoritarios, es la conductividad, porque muestra de una forma global la composición del agua. Este parámetro totaliza las sustancias de carácter iónico presente en el agua, lo cual permitirá apreciar, mediante una única medida, un cambio significativo en la composición iónica. De acuerdo con la conductividad podemos clasificar las aguas en relación al grado de mineralización (Mariscal, 1995).

## **Dureza**

Dentro de los caracteres físico-químicos tiene una gran importancia la dureza, que expresa, de forma conjunta, las concentraciones de calcio y magnesio presentes en el agua. La dureza puede ser:

- Dureza total: indica el contenido de calcio y magnesio.
- Dureza cálcica: representa el contenido en calcio
- Dureza carbonatada o temporal: indica el contenido de calcio y magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos.
- Dureza no carbonatada o permanente: indica el contenido de calcio y magnesio en forma de sulfatos, cloruros, nitratos, etc.

Aunque se han formulado hipótesis sobre una correlación inversa entre la dureza de las aguas y la mortalidad debida a enfermedades cardiovasculares, mientras que otras señalan una relación directa entre dureza y litiasis renal, lo cierto es que las consecuencias de presencia de calcio y magnesio tienen un marcado carácter económico (precipitan los jabones aumentando su consumo, dificultan la cocción de las legumbres por formación de pectatos insolubles, dan lugar a la formación de incrustaciones, producen mayor desgaste de la ropa, etc.

No obstante la importancia del magnesio en la dieta se está considerando actualmente. Desde comienzos de siglo existe una disminución de la ingesta en el mundo occidental como consecuencia de la disminución del consumo de cereales, que son la fuente más abundante de magnesio y el refinado y procesamiento de éstos. Para el hombre y la mujer de tipo medio se recomienda una ingesta diaria de 420 y 330 mg respectivamente. El déficit de magnesio favorece la hipertensión y el suplemento en la dieta provoca disminuciones de la tensión arterial.

Clásicamente se ha planteado la controversia entre agresividad de las aguas y las enfermedades cardiovasculares. Estudios epidemiológicos recientes demuestran una asociación estadísticamente muy significativa entre la dureza y estas enfermedades, considerándose las aguas duras como factor protector, mientras que las agresivas carecen de relevancia (Mariscal, 1995).

### **Hierro o Fierro**

Al estado ferroso es bastante soluble en agua, precipitando al disminuir el dióxido de carbono disuelto o por oxidación. Esto quiere decir que el hierro en el agua lo podemos encontrar en solución, en forma coloidal, como complejos orgánicos, etc. Junto al manganeso tienen una notable influencia sobre los caracteres organolépticos, ya que afectará al color y turbidez como consecuencia de la formación de flóculos rojizos por precipitación en contacto con el aire, produciendo manchas de color amarillo parduzco o negro en las instalaciones e incluso en la ropa. La presencia en concentraciones superiores a varios microgramos por litro originan, asimismo, un sabor metálico o medicinal. A la modificación de caracteres organolépticos contribuye también el desarrollo de microorganismos implicados en las transformaciones del hierro, dando lugar a acumulaciones de óxidos hidratados junto a masas bacterianas.

Desde un punto de vista fisiológico, el hierro en el agua no presenta problema, ya que solamente se absorbe cuando existe una deficiencia corporal de este elemento. La ingesta de hierro a dosis terapéuticas suele producir trastornos gástricos, de tipo irritativo, gastritis aguda, a veces necrótica y hemorragias. Cuando se trata de ión ferroso pueden llegar a originarse colapsos vasculares, a veces letales. El sulfato de



hierro, cuando se absorbe a dosis elevadas, produce trastornos gastrointestinales, como taquicardia o incluso colapso cardiovascular y respiratorio. También puede producirse estenosis del píloro, con evolución fatal después de transcurrido cierto tiempo.

En contraposición de las intoxicaciones por hierro, que suelen ser más de origen laboral que en relación con el consumo de agua, hemos de referirnos a las enfermedades producidas por deficiencias de este catión. Entre ellas la anemia microcítica hipocrómica (eritrocitos con menor contenido de hemoglobina y menor tamaño), que se observa con frecuencia en lactantes, mujeres embarazadas y en individuos con hemorragias crónicas (Mariscal, 1995).

### **Manganeso**

Habitualmente no va a plantear problemas de índole toxicológico, sino más bien de tipo organoléptico, ya que comunica al agua un sabor desagradable, además de un cierto grado de turbidez como consecuencia de su precipitación. También a nivel doméstico tiene el inconveniente de que, incluso a concentraciones pequeñas (menos de 0.1 mg/l), produce manchas en los esmaltes y en la ropa. También en las plantas de tratamiento favorece el desarrollo de las bacterias del grupo de las siderobacterias (p.ej. *gallionella*, perturbando el funcionamiento de los filtros de arena y pudiendo dar lugar a la formación de depósitos en las canalizaciones.

Al manganeso se le puede considerar un cierto carácter positivo en las aguas de consumo, en el sentido de que es un oligoelemento esencial para el hombre, aunque no se haya descrito un estado carencial. El manganeso es necesario para la actividad enzimática de hidrolasas, quinasas, descarboxilasas y transferasas y en general, en la síntesis, estabilidad y actividad de metaloproteínas. En cuanto a la toxicología, el manganeso tiene una actividad plurifocal. Podemos citar una patología neurológica denominada parkinson mangánico de instalación lenta e insidiosa y que evoluciona en su forma típica, lentamente, durante meses o años hasta un estado verdaderamente grave (Mariscal, 1995).

### **Mercurio**

Los efectos principales del envenenamiento por mercurio comprenden los trastornos neurológicos y renales, que se relacionan principalmente con los compuestos de mercurio orgánicos e inorgánicos, respectivamente, el mercurio, además de producir efectos tóxicos generales, también es causa de efectos gonadotóxicos y mutagénicos y altera el metabolismo del colesterol. La toxicología de los compuestos de mercurio ha sido revisada con profundidad en la serie de la OMS Criterios de Salud Ambiental. No fue posible identificar siquiera valores de efecto mínimo aproximado para el caso de sustancias mercuriales inorgánicas de aril y de alcoxialkil. No existe evidencia de que el mercurio inorgánico sea carcinógeno. Las sustancias alkilmercuriales son embriotóxicas y teratogénicas en los animales de laboratorio (Guías para la calidad del agua potable, 1987).

### **Nitrógeno amoniacal**

Aparece en las aguas como consecuencia de un proceso de degradación incompleta de la materia inorgánica, aunque también puede tener su origen en el arrastre de abonos en terrenos agrícolas, por regadío o lluvia, incorporación de heces u orina, etc. Reacciona con el cloro, que se utiliza en el tratamiento de agua, dando lugar a la formación de cloraminas. La presencia de amoniaco en el agua favorece el desarrollo de determinados microorganismos, puede condicionar que se alteren los caracteres organolépticos y además, se requieren mayores concentraciones de cloro u otros desinfectantes para la depuración correcta del agua (Mariscal, 1995).

### **Nitratos y Nitritos**

Son dos iones de una gran importancia en las aguas de consumo, ejerciendo un efecto negativo en la salud, con acciones tóxicas y con un importante papel en la génesis del cáncer. De una forma general, se pueden esquematizar las acciones de los nitritos en tres clases fundamentales:

1. Metahemoglobinizante
2. Vasodilatadora
3. Nitrosante

Los nitratos son fácilmente reducidos a nitritos mediante acción biológica de determinadas bacterias que poseen nitroreductasas y los nitritos intervienen en algunas reacciones importantes desde un punto de vista sanitario, dando reacciones de diazotación y en ciertas condiciones, originan nitrosaminas (Mariscal, 1995).

Los niveles altos de nitratos en el agua potable pueden causar una enfermedad potencialmente fatal en los infantes. Esta enfermedad se llama "el síndrome del bebé azul" o metahemoglobinemia. Aunque esta enfermedad puede ocurrir en cualquier edad, el agua contaminada con nitratos principalmente puede causar esta enfermedad en niños menores de seis meses. Los infantes tienen más riesgo de adquirir metahemoglobinemia que los niños mayores y los adultos porque tienen:

- ✧ Una acidez estomacal más baja, lo que permite el crecimiento de ciertos tipos de bacterias en el estomago y los intestinos. Si se alimenta a un niño con formula preparada con agua contaminada con nitratos, estas bacterias pueden convertir los nitratos a nitritos. Entonces los nitritos cambian la hemoglobina que transporta oxígeno en metahemoglobina, que no transporta oxígeno.
- ✧ Una mayor proporción de hemoglobina fetal que se convierte más fácilmente en metahemoglobina.
- ✧ Una dieta con alto contenido de líquidos con respecto al peso corporal, que aumenta la dosis relativa de nitratos.
- ✧ Más incidencia de vómito y diarrea lo que disminuye la acidez del estómago.  
(<http://www.doh.wa.gov./ehp/ts/nitratos.htm>)

También los nitratos y nitritos originan nitrosaminas al reaccionar con aminos secundarias de origen alimentario, habiéndose demostrado mediante experimentación animal que poseen una fuerte acción cancerígena. Por otra parte, los nitritos ejercen sobre el sistema cardiovascular un efecto vasodilatador periférico (Mariscal, 1995).

## **Níquel**

El níquel es un elemento que relativamente es tóxico. Los niveles de níquel que suelen hallarse en los alimentos y el agua no se consideran como una amenaza seria para la

salud; sin embargo, en estudios preliminares realizados con animales se ha comprobado que las dosis elevadas (1600 mg/kg en la dieta) producían efectos tóxicos mínimos (disminuyó el número de crías de ratones destetados). Dichos efectos no pudieron ser verificados en estudios posteriores efectuados sobre la reproducción de tres generaciones. Las ratas y ratones bebieron agua potable que contenía 5 mg de níquel por litro, durante todo su ciclo vital, sin que se presentaran efectos adversos.

Se ha comprobado que ciertos compuestos de níquel con carcinógenos en experimentos con animales. No obstante, normalmente no se considera que los compuestos solubles de níquel sean carcinógenos ni para las personas ni para los animales. Al igual que ocurre con otros cationes bivalentes, el níquel puede reaccionar con DNA y cuando las concentraciones son altas, puede producirse daño que afecte al DNA, como quedó demostrado en pruebas de mutagenicidad realizadas in vitro (Guías para la Calidad del Agua Potable 1987).

## **pH**

Representa el comportamiento ácido o alcalino a resultas de las distintas sustancias presentes en el agua, de las que el dióxido de carbono constituye uno de los factores más importantes. Sin embargo, hemos de señalar la escasa repercusión de este parámetro en la salud, y las connotaciones, sobre todo de tipo económico, al intervenir como un importante parámetro en los procesos de corrosión, dando lugar a la solubilización de metales de las conducciones que pueden ser tóxicos.

Otro aspecto importante de pH es su influencia en los distintos procesos de tratamiento (desinfección, ablandamiento, coagulación-floculación). Generalizando, se puede decir que cuando el pH es inferior a 7, se pueden producir corrosiones de los metales del sistema de distribución, aumentando a medida que disminuye el pH. De otra parte, cuando es superior a 8 hay una disminución progresiva de la eficacia de la cloración (Mariscal, 1995).

## **Plaguicidas**

Cualitativa y cuantitativamente, los plaguicidas representan y con diferencia, la más seria amenaza del medio ambiente de los compuestos orgánicos: insecticidas, funguicidas, acaricidas, herbicidas, nematoridas, rodenticidas. En España, según la directiva de la CEE del año de 1987, está prohibida la utilización de DDT, aldrín, dieldrín, clordano, HCH. El grado de nocividad de los plaguicidas presentes en el agua es difícil de determinar. Resulta muy difícil predecir la inercia química o biológica de un plaguicida, porque pequeñas diferencias en una estructura conducen a comportamientos absolutamente diferentes. Se conocen la mayor parte de los metabolitos de los plaguicidas, aunque no tanto los efectos medioambientales de su bioacumulación (Andreu, 1994).

## **Plomo**

El plomo es un elemento especialmente importante debido a su amplia utilización en una gran variedad de procesos industriales y su toxicidad aguda y crónica. Su resistencia a la corrosión atmosférica y a la acción de los ácidos, especialmente al sulfúrico, hace que el plomo sea muy útil en la edificación, en las instalaciones de fábricas de productos químicos y en tuberías y envolturas de cables.

### Efectos en el hombre

1. Efectos en el sistema hematopoyético. Los efectos del plomo en este sistema son más comunes entre las personas expuestas laboralmente y se presentan principalmente como una intoxicación crónica. Uno de los síndromes más típicos de esta intoxicación es la anemia.
2. Efectos en el sistema nervioso central. Los efectos que se manifiestan en este sistema son las encefalopatías por exposición crónica y subcrónica.
3. Efectos en el sistema nervioso periférico. La principal manifestación de este sistema es la debilidad de los músculos extensores. También pueden ocurrir trastornos sensoriales como aumento en la sensación de dolor, calor, frío, etc., o irritabilidad al dolor (Albert, 1990)

### **Sólidos disueltos totales**

No existe evidencia de que se produzcan reacciones fisiológicas nocivas en personas que consumen agua potable proveniente de abastecimientos que tienen niveles de SDT en exceso de 100 mg/litro. Al parecer los resultados de ciertos estudios epidemiológicos sugieren que los SDT en el agua potable tener incluso efectos benéficos a la salud. El agua con niveles extremadamente bajos de SDT también puede ser inaceptable debido a su sabor insulso e insípido (Guías para la Calidad del Agua Potable, 1987).

### **Turbiedad**

La turbiedad que excede el valor guía de 5 UTN es generalmente objetable para los consumidores. Cuando hay una gran turbiedad en el agua del grifo del consumidor que en el agua que ingresa en el sistema de distribución es posible que esté indicando contaminación, corrosión u otros problemas de distribución posteriores al tratamiento. Por consiguiente, como una turbiedad excesiva puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular el crecimiento de bacterias en el agua y de por sí, ejercer una significativa demanda de cloro, es de importancia vital que en la producción de un agua potable segura, usando cloro como desinfectante, se mantenga la turbiedad baja, de preferencia por debajo de 1 UTN (Guías para la Calidad del Agua Potable, 1987).

### **Contaminantes biológicos**

Existe una gran contaminación de bacterias que producen enfermedades de origen hídrico, como tifoidea, salmonelosis, cólera, fiebres paratíficas, gastroenteritis, diarrea, legionelosis y otras. Es muy frecuente la presencia de la *Salmonella* enteriditis en alimentos contaminados y hay muchas variedades responsables de contaminación hídrica. De éstas la más grave es la *Salmonella typhi*, que ocasiona fiebre tifoidea y puede mantener su virulencia mucho tiempo en suelos y agua contaminadas por residuos fecales. En el siglo pasado la mortalidad de esta enfermedad alcanzaba el 300 por 100000 (Benet y Ferrer,1995).

## V OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua en el CUCBA, mediante la determinación de parámetros físicoquímicos y biológicos e identificar riesgos a la salud.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- Cuantificar parámetros físicoquímicos del agua en la fuente de abastecimiento y red de distribución en el CUCBA
- Determinar el Número Más Probable (NMP) de Coliformes totales y fecales y la presencia de *Salmonella spp* y *Shigella spp* en agua obtenida de la fuente de abastecimiento y de la red de distribución en el CUCBA.
- Determinar la presencia de metales pesados del agua de la fuente de abastecimiento y de la red de distribución en el CUCBA.
- Identificar la presencia de plaguicidas del agua de la fuente de abastecimiento.
- Integrar los resultados de los parámetros físicoquímicos y biológicos del agua de la fuente de abastecimiento y de la red de distribución del CUCBA para reportarlos como Índice de la Calidad del Agua (ICA).
- Identificar los posibles riesgos a la salud.

## VI MATERIAL Y MÉTODO

Esta investigación es un estudio de tipo observacional descriptivo longitudinal y se realizó en el período comprendido de marzo de 1998 a febrero de 1999 en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

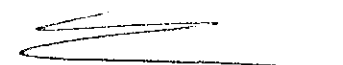
### 6.1 Localización del Área de Estudio

El Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara se encuentra ubicado en el Estado de Jalisco, en el Municipio de Zapopan (Figura 1), al noroeste de la ciudad de Guadalajara. Desde el punto de vista geológico se ubica dentro de la provincia fisiográfica denominada Eje Volcánico (Faja Volcánica Mexicana), en las siguientes coordenadas geográficas, al Norte a  $20^{\circ} 44' 46.4''$  y al Oeste  $103^{\circ} 30' 40.8''$ .

### 6.2 Estaciones de Muestreo

Los puntos de muestreo se establecieron en 10 estaciones diferentes del CUCBA con la finalidad de caracterizar la calidad del agua en toda la extensión de la red de distribución y en sus tanques de almacenamiento (Fig. 2 y 3) (Anexo 1) y fueron las siguientes:

1. Pozo
2. Aljibe o tanque de almacenamiento 1
3. Bebederos 1 (Edificio D)
4. Bebederos 2 (Edificio J)
5. Laboratorio de Biotecnología (Edificio J)
6. Cafetería (Edificio O)
7. Lab. de Bioingeniería (Departamento de Celulosa y Papel)
8. Lab de Genética (Edificio L)
9. Lab de Físicoquímica de Alimentos (Edificio M)
10. Área de Cerdos (Edificio Z)





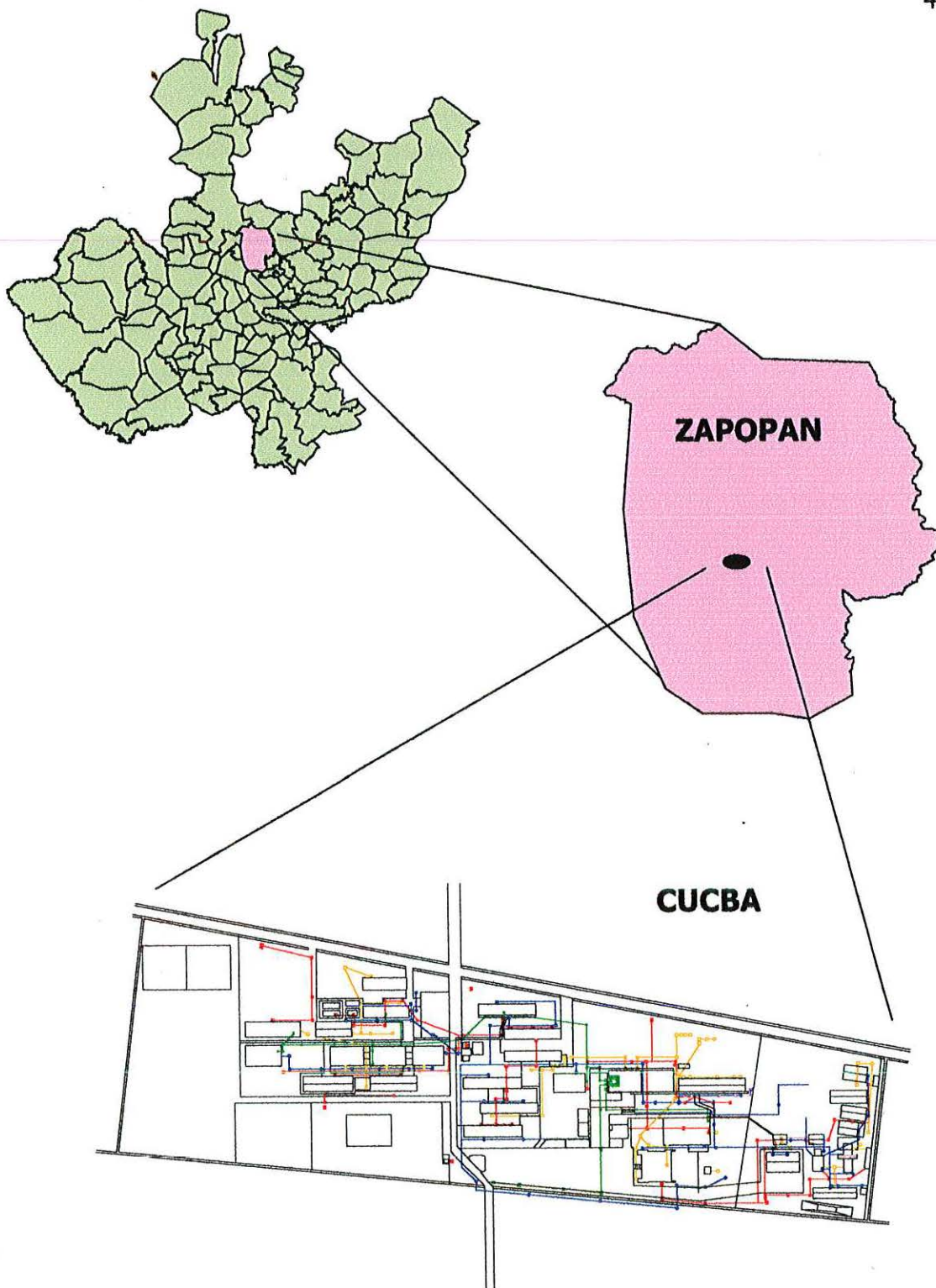


Fig. 1 Localización del área de estudio

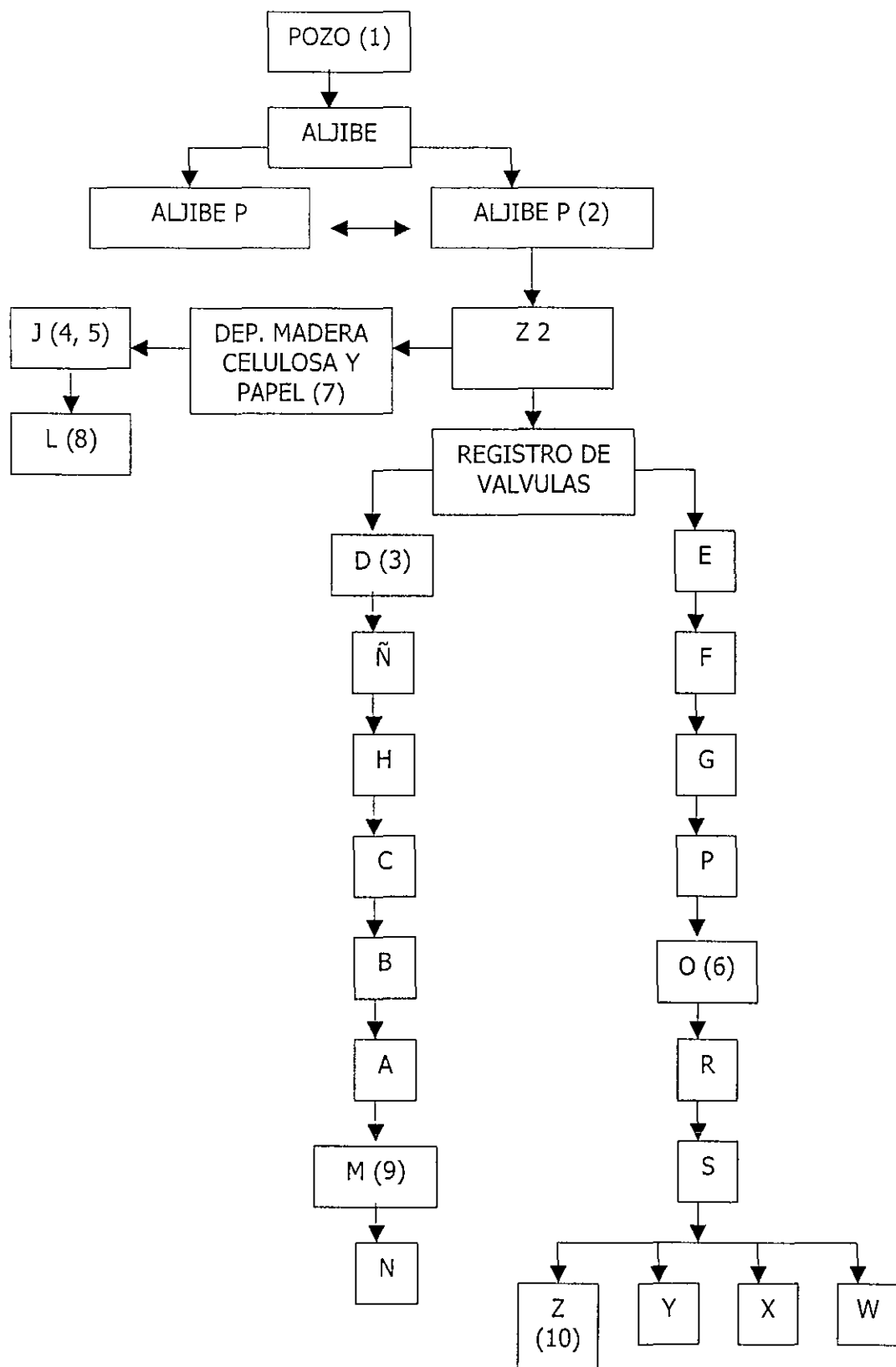


Fig. 2 Diagrama de la red de distribución de agua del CUCBA



## 6.3 Muestreo

### 6.3.1 Muestreo para Análisis fisicoquímico

En la caracterización de la calidad del agua que se consume en el CUCBA, se aplicaron los lineamientos de muestreo que se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM 014-SSA-1-1993, procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, publicada en el Diario Oficial de la Federación el viernes 12 de Agosto de 1994.

Para la evaluación de los resultados se toma como referencia a la Norma Oficial Mexicana NOM 127-SSA 1- 1994, la salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el Jueves 18 de Enero de 1996.

### 6.3.2 Muestreo para *Salmonella* y *Shigella*.

Este muestreo se realizó mediante la técnica de concentración (Métodos Normalizados, 1992), la cual consiste en poner una torunda de Moore a una corriente de agua durante 48 horas, la torunda se coloca en bolsas de plástico estériles y se transporta en refrigeración, las muestras se analizaron dentro de las tres primeras horas de haber sido colectadas.

### 6.3.3 Muestreo para Plaguicidas

El muestreo de agua para plaguicidas se realizó dos veces al año (mayo y octubre de 1998) y solo fue en el pozo (la fuente de abastecimiento).

Para la selección de las estaciones de muestreo se tomaron algunos lineamientos referidos en la NOM-014-SSA1-1993, que se mencionan a continuación, los puntos de

muestreo deben ser representativos de los lugares más susceptibles de contaminación como:

- Zonas con antecedentes de problemas de contaminación
- Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección
- Zonas periféricas del sistema mas alejadas
- Distribución uniforme de los puntos de muestreo

#### **6.4 Metodología**

Los parámetros determinados en esta investigación y sus métodos se basan en las normas oficiales mexicanas según se muestra en la tabla 5.

#### **6.5 Identificación de Riesgos a la Salud**

Se identificaron los riesgos a la salud considerando los parámetros que excedieron los límites máximos permisibles de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 y la afectación de éstos en la salud.

#### **6.6 Fase de Laboratorio**

Las determinaciones microbiológicas se llevaron a cabo en el laboratorio de Microbiología de los Alimentos y los análisis fisicoquímicos se determinaron en el Laboratorio de Fisicoquímica de los Alimentos; ambos laboratorios pertenecientes al Departamento de Salud Pública de la División de Ciencia Veterinarias en el CUCBA.

Para la determinaciones de metales pesados se contó con la colaboración del personal que labora en el Laboratorio de Calidad del Agua del Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) de la planta potabilizadora No 1.

Para la determinación de plaguicidas se utilizaron los servicios de la Comisión Estatal de Ecología (COESE).

Tabla 5. Parámetros determinados y Norma Oficial Mexicana

Parámetro	Norma Oficial Mexicana
pH	NOM AA-8-1980
Turbiedad	NOM AA-38-1981
Color	NOM AA-45-1981
Conductividad	NOM AA-093-1984
Cloruros	NOM AA-73-1981
Dureza Total	NOM AA-72-1981
Alcalinidad Total	NOM AA-36-1980
Nitrógeno de Nitritos	NOM AA-99-1987
Nitrógeno Amoniacal	NOM AA-26-1980
Sólidos Disueltos Totales	NOM AA-20-1980
Organismos Coliformes Totales	NOM 112 SSA1-1994
Organismos Coliformes Fecales	NOM AA-42-1987
<i>Salmonella</i>	Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, APHA-AWWA-WPCF, 1992)
<i>Shigella</i>	"
Cadmio	NOM-117-SSA1-1994
Plomo	"
Arsénico	"
Mercurio	"
Cromo	"
Níquel	"
Cobre	"
Fierro	"
Manganeso	"
Pesticidas Organoclorados	EPA 3510, 8080, 8140
Aldrin y Dieldin	EPA 3510, 8080, 8140
Clordano (total de isómeros)	EPA 3510, 8080, 8140
Endrin	EPA 3510, 8080, 8140
HCH-gamma (Lindano)	EPA 3510, 8080, 8140
Hexaclorobenceno	EPA 3510, 8080, 8140
Heptacloro (y su epóxido)	EPA 3510, 8080, 8140
Metoxicloro	EPA 3510, 8080, 8140
Ácido 2,4 Diclorofenoxiacético	EPA 3510, 8080, 8140
Pesticidas Organofosforados	EPA 3510, 8080, 8140
Diazinón	EPA 3510, 8080, 8140
Dichlorvos	EPA 3510, 8080, 8140
Metamidophos	EPA 3510, 8080, 8140
Naled	EPA 3510, 8080, 8140
Parathión-Metilico	EPA 3510, 8080, 8140

### 6.6.1. Materiales y reactivos

Por la gran cantidad de materiales y reactivos que se utilizaron en esta investigación, éstos se especifican en los métodos establecidos en las normas correspondientes.

### 6.6.2. Equipo

Potenciómetro portátil: Corning scientific instruments. Modelo 610 expands

Turbidímetro: Modelo 2100 HACH

Fotocolorímetro Klett-Summerson Modelo 900-3

Conductivímetro Modelo CO 150 HACH

Espectrofotómetro Spectronic 20. Bausch and Lomb

Balanza analítica Sartorius con sensibilidad de 0.0001 g

Aparato para la determinación de Nitrógeno Kjeldahl

Horno para esterilizar que alcance una temperatura mínima de 170° C

Incubadora con termostato que evite variaciones mayores de  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ , provista con termómetro calibrado.

Termómetro de máximas y mínimas

Autoclave que alcance una temperatura mínima de  $121 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$

Espectrofotómetro de Absorción Atómica 20 plus

Generador de hidruros VGA Modelo 76

Horno de grafito GTA modelo 96

Cromatógrafo de gases HP-5890- SII con detector de captura de electrones (ECD) y de nitrógeno fósforo (NPD). Confirmación con detector de masas 5972

## 6.7 Índice de Calidad del Agua (ICA)



BIBLIOTECA CENTRAL

El grado de contaminación del agua es medido en términos del índice, definido como el grado de contaminación existente en el agua de la muestra expresado como un porcentaje de agua pura. Así para el agua totalmente contaminada se tendrá un índice de calidad cercano o igual a 0 y de 100 para agua de excelentes condiciones (Tabla 6). Por lo tanto el índice es un porcentaje promedio del efecto que causan los diferentes niveles de cada uno de los parámetros medidos en un cuerpo de agua (Ordenamiento Ecológico Territorial, 1997).

Tabla 6. Rangos del Índice de Calidad del Agua  
(Agua potable para consumo humano)

Rango (ICA)	Clasificación	Observaciones	Clave
90.1 a 100.0	Excelente	No requiere tratamiento	Ex
80.1 a 90.0	Aceptable	Requiere de tratamiento menor	Ac
70.1 a 80.0	Levemente contaminada	Requiere de tratamiento	Lc
50.1 a 70.0	Contaminada	Requiere necesariamente de tratamiento	Co
40.1 a 50.0	Fuertemente contaminada	Riesgo al consumirla	Fc
0 a 40.0	Excesivamente contaminada	Inaceptable para consumo humano	Ec

Fuente: Ordenamiento Ecológico Territorial Jalisco, 1997.

### 6.7.1. Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

En el presente trabajo, para la determinación del Índice de Calidad del Agua se empleó el método propuesto por Martínez de Bascarán (1979) que es ampliamente utilizado debido a su diseño sencillo ya que permite incluir un número de variables en la integración, previa ponderación de su magnitud, siendo entonces aplicable a series de datos tanto numerosas como pequeñas. Proporciona un valor global de la calidad del agua, en función de los valores individuales a una serie de parámetros, para lo cual se realizan varias transformaciones numéricas en cada uno de los resultados a integrar.



Primeramente se normalizan los valores individuales que conforman el índice al establecer una correspondencia de los resultados obtenidos en cada uno de los análisis con una escala variable de 0 a 100.

Se asigna un peso numérico a cada uno de los parámetros indicado de acuerdo con su importancia en los criterios normales de calidad. La determinación del peso de un parámetro se realiza en forma conjunta con un equipo especializado en la calidad del agua y mediante la aplicación del método Delphi se llega a un resultado estimativo de peso para cada uno de ellos.

Obtenidos los resultados del valor en escala de 0 a 100 y el peso asignado a cada uno, se aplica la siguiente fórmula para el cálculo del índice de calidad del agua.

$$ICA = \frac{\sum CiPi}{\sum Pi} \quad k$$

Donde:

$Ci$  = Valor porcentual asignado a los parámetros

$Pi$  = Peso asignado a cada parámetro

$k$  = Constante que varía de 1 a 0.25 según la contaminación aparente del agua, definida de la siguiente forma:

1.0 Para aguas claras sin aparente contaminación

0.75 Para aguas con ligero color, con espumas y ligera turbiedad, aparentemente no natural.

0.50 Para aguas con apariencia de estar contaminadas y con fuerte olor

0.25 Para aguas negras que presentan fermentaciones y olores

Tabla 7. Parámetros utilizados para el cálculo del Índice de Calidad del Agua

Arsénico	Cloruros
Cadmio	Dureza Total
Cobre	Alcalinidad
Hierro	N de Nitritos
Manganeso	N Amoniacal
Mercurio	Sólidos Disueltos Totales
Plomo	Coliformes Totales
Níquel	Coliformes Fecales
Turbiedad	<i>Salmonella</i>
Color	<i>Shigella</i>
pH	Plaguicidas
Conductividad	

Valor asignado a los parámetros:

Se establecen escalas variables de 0 a 100 que permiten obtener valores a partir de los resultados obtenidos en los análisis. Estos valores corresponden a un agua natural típica, por lo que son genéricos, y por lo tanto susceptibles de conducir error cuando se trata de determinar la calidad del agua para un uso específico, como puede ser pecuario, acuicultura, suministro público, etc, en estos casos se deberá adecuar el valor porcentual a cada parámetro en función de la normatividad que proceda.

Los valores porcentuales asignados a los parámetros en el presente estudio se presentan en las tablas 8, 9, 10, 11, 12 y 13. Hay que señalar que cuando el valor del parámetro presenta una valoración menor al 50%, significa que existen limitantes de importancia para su utilización, requiriendo de algún tipo de tratamiento previo al uso asignado.

Tabla 8. Valor porcentual asignado a los parámetros de arsénico, cadmio, cobre y hierro.

Parámetro	Arsénico	Cadmio	Cobre	Hierro	Valoración
	0.1	0.01	5.0	2.5	0
	0.09	0.009	4.5	1.5	10
	0.08	0.008	4.0	1.0	20
	0.07	0.007	3.5	0.60	30
	0.06	0.006	3.0	0.50	40
	0.05	0.005	2.5	0.30	50
	0.04	0.004	2.0	0.20	60
	0.03	0.003	1.5	0.10	70
	0.02	0.002	1.0	0.05	80
	0.01	0.001	0.5	0.025	90
	0	0	0	0	100
<b>Unidades</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>%</b>

Tabla 9. Valor porcentual asignado a los parámetros de manganeso, mercurio plomo y níquel

Parámetro	Manganeso	Mercurio	Plomo	Níquel	Valoración
	0.30	0.002	0.05	0.10	0
	0.27	0.0018	0.045	0.06	10
	0.24	0.0016	0.04	0.05	20
	0.21	0.0014	0.035	0.04	30
	0.18	0.0012	0.03	0.03	40
	0.15	0.001	0.025	0.02	50
	0.12	0.0008	0.02	0.01	60
	0.09	0.0006	0.015	0.007	60
	0.06	0.0004	0.01	0.005	80
	0.03	0.0002	0.005	0.0025	90
	0	0	0	0	100
<b>Unidades</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>%</b>

Tabla 10. Valor porcentual asignado a los parámetros de turbiedad, color, pH y conductividad.

Parámetro	Turbiedad	Color	pH	Conductividad	Valoración
	10	40	1 - 14	>16.000	0
	9	36	2 - 13	12.000	10
	8	32	3 - 12	8.000	20
	7	28	4 - 11	5.000	30
	6	24	5 - 10	3.000	40
	5	20	6.5 - 8.5	2.500	50
	4	16	6.0	2.000	60
	3	12	9	1.500	70
	2	8	8.5	1.250	80
	1	4	8	1.000	90
	0	0	7	<750	100
Unidades	UTN	Esc. Pt-Co	Unidad	µmhos/cm	%

Tabla 11. Valor asignado a los parámetros de cloruros, dureza total alcalinidad y nitrógeno de nitritos.

Parámetro	Cloruros	Dureza Total	Alcalinidad	N de Nitritos	Valoración
	1200	900	900	0.40	0
	1000	800	800	0.30	10
	700	700	700	0.25	20
	500	600	600	0.20	30
	300	500	500	0.15	40
	250	400	400	0.1	50
	150	300	300	0.05	60
	100	200	200	0.025	70
	50	100	100	0.01	80
	25	50	50	0.005	90
	0	<25	<25	0	100
Unidades	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%

Tabla 12. Valor porcentual asignado a los parámetros de nitrógeno amoniacal, sólidos disueltos totales y coliformes totales.

Parámetro	Nitrógeno Amoniacal	Sólidos Disueltos Totales	Coliformes Totales	Valoración
	1.8	2000	300	0
	1.6	1800	250	10
	1.4	1600	200	20
	1.3	1400	100	30
	1.2	1200	40	40
	1.0	1000	20	50
	0.5	800	10	60
	0.4	600	8	70
	0.2	400	4	80
	0.1	200	<2	90
	0	0	0	100
<b>Unidades</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>NMP/100 ml</b>	<b>%</b>

Tabla 13. Valor porcentual asignado a los parámetros de coliformes fecales, *Salmonella spp*, *Shigella spp* y plaguicidas.

Parámetro	Coliformes Fecales	<i>Salmonella spp</i>	<i>Shigella spp</i>	Plaguicidas	Valoración
	Detectable	Positivo	Positivo	Positivo	10
	No detectable	Negativo	Negativo	Negativo	100
	No detectable NMP/100ml			mg/l	

El peso de los parámetros está indicado de acuerdo con su importancia en los criterios normales de calidad.

En la determinación del peso de un parámetro (Tabla 14) se utiliza el criterio de acuerdo a la toxicidad del parámetro a determinar.

En el proceso de cálculo numérico se aplicó en la fórmula de ICA un valor para la constante  $k$  de 1.0 considerando que es agua clara sin aparente contaminación.

Tabla 14. Peso asignado a los parámetros

VALOR ASIGNADO	PARÁMETRO
Valor máximo de 4	Arsénico Cadmio Mercurio Plomo Níquel N de Nitritos N Amónico Coliformes fecales <i>Salmonella spp</i> <i>Shigella spp</i> Plaguicidas
Valor medio de 3	Cobre Hierro Manganeso Dureza Total Coliformes totales
Valor menor de 2	Turbiedad Color Conductividad Alcalinidad
Valor mínimo de 1	pH Cloruros SDT

## 6.8 Análisis Estadístico

### 6.8.1 Análisis de Varianza

Se realizó un análisis de varianza entre campañas y entre sitios, tomando como referencia los valores promedio. Se aplicó la prueba de separación de medias de Scheffé ( $p < 0.05$ )

### 6.8.2 Análisis de Cluster

El análisis de Cluster que se realizó es de tipo jerárquico por distancia euclidiana entre variables. Este análisis se hizo con el objeto de conocer relaciones de tipo jerárquico entre las estaciones de muestreo para cada fecha.

El análisis de Cluster permite definir grupos de entidades (muestras) basados en sus semejanzas (para este caso se realizó a partir de los valores obtenidos de Índice de Calidad del agua), el resultado es apreciado en un dendograma en el que muestras semejantes se ubican cerca una de otra y muestras no semejantes se ubican distantes entre sí, con el correspondiente porcentaje de semejanza entre muestras en la parte superior del diagrama (de la Mora, 2001).

## VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos de las determinaciones parciales de las estaciones muestreadas a partir de los cuales se obtuvo el ICA se presentan en el anexo 2.

El ICA por estación analizada se representa en la tabla 15 donde se observa en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8 un promedio de 97.62, 91.13, 94.60, 90.59, 90.12, 91.21 y 90.93 respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: **Excelente** de acuerdo a los parámetros indicados en el Ordenamiento Ecológico Territorial 1997; en tanto que para las estaciones 7, 9 y 10 un promedio de 89.15, 87.78 y 86.52, respectivamente, con calificación de: **Aceptable**.

El ICA por estación se puede definir en cuatro grupos, tal como se aprecia en la Tabla 15.

Grupo A: constituido por las estaciones 1 y 3, con ICA 97.62 y 94.60. En este caso sobresale que los datos obtenidos presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con respecto a otros sitios. Solamente la estación 3 tiene un promedio semejante a la estación 1, sin embargo, estos datos, no son completamente representativos porque la estación 3 solo fue muestreada en 3 campañas. Por lo que se puede considerar que la calidad del agua de la estación 1 es diferente a la del resto de los sitios incluidos en el estudio.

Grupo B: estaciones que alcanzaron ICA entre 91.13 y 91.27 estas son las estaciones 2 y 6. A nivel promedio mensual alcanzan un ICA excelente no obstante ser significativamente inferiores ( $P < 0.05$ ) al ICA encontrado en la estación 1.

Grupo C: se encuentra en las estaciones con ICA entre 87.78 a 91.28 y se localizan la mayoría de las estaciones (6,2,8,4,5,7 y 9) a nivel promedio mensual los ICA de estas estaciones se consideran aceptables.



Tabla 15. Índice de Calidad del Agua del CUCBA por Estación

Mes	Estación									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M	98.63	92.72	93.92	93.56	92.12	91.89	89.31	96.37	98.39	89.09
A	98.28	97.42	94.92	91.66	96.81	96.51	90.75	90.45	89.77	88.03
M	98.33	95.30	95.00	-	90.30	95.30	88.63	88.63	88.48	87.04
J	-	86.51	-	89.54	86.84	87.45	83.18	87.57	81.06	85.30
J	98.78	86.21	-	91.81	86.27	87.18	84.54	84.84	80.90	87.10
A	94.92	86.21	-	81.66	82.95	87.72	85.60	86.51	88.03	-
S	96.59	86.01	-	91.66	86.36	86.36	86.36	85.78	83.36	80.40
O	97.64	89.46	-	92.50	88.25	88.18	89.54	89.84	92.57	89.01
N	99.24	95.00	-	91.21	-	95.45	95.75	93.93	-	89.16
D	96.51	96.06	-	90.45	97.12	93.78	88.92	95.68	88.03	83.48
E	97.87	90.90	-	92.75	90.30	96.21	96.47	96.76	90.00	-
F	97.12	91.81	-	89.72	94.09	89.24	90.78	94.90	95.00	86.66
Media	97.62 a	91.13 bc	94.60 ab	90.59 c	90.12 c	91.27 bc	89.15 cd	90.93 c	87.78 cd	86.52 d
Clasif.	E	E	E	E	E	E	A	E	A	A

E: Excelente A: Aceptable

abcd: Literales distintas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

Grupo D: formado por las estaciones 7,9 y 10 con un ICA más bajo formando un grupo que se considera aún de calidad aceptable, sin embargo sus promedios difieren significativamente ( $P < 0.05$ ) en especial de los grupos A y B.

Los resultados del ICA por campaña se muestran en la tabla 16, con clasificación de: **Excelente**, para los meses: marzo, abril, mayo, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero; en tanto que para los meses de junio, julio, agosto y septiembre, la clasificación fue de **Aceptable**.

En relación a las campañas que comprendió este estudio, las cuales se identificaron con un mes del año se tiene una clara diferencia entre los ICA promedio de las campañas realizadas en verano respecto al resto. El ICA presentó una notable influencia por las condiciones climáticas prevalecientes en las campañas.

El ICA por campaña se puede definir en dos grupos:

Grupo A: incluye los meses en los cuales no hay presencia significativa de lluvia y presentan ICA **Excelentes** de 90.78 a 94.25. El mes de octubre se puede considerar como un mes de transición entre la época lluviosa y la época seca del año, dado que es el único mes que puede ser agrupado tanto con los meses secos como con los lluviosos, su ICA es de 90.78 que también se considera **Excelente** por lo que puede ser mejor catalogado si se incluye en el grupo de meses secos.

Grupo B: los meses húmedos (junio, julio, agosto y septiembre) presentan ICAS de 85.45 a 87.51 los cuales son **Aceptables**, pero que difieren significativamente ( $P < 0.05$ ) del grupo de meses secos. En este caso los promedios de los meses lluviosos invariablemente presentan valores más bajos que los meses secos.

Exceptuando la estación 3 que solo fue muestreada en los meses de marzo, abril y mayo por quedar fuera de servicio, todas las estaciones presentaron al menos un parámetro que excedió los límites permisibles establecidos en la NOM 127-SSA1-1994 como se indica en la tabla 17.

Tabla 16. Índice de Calidad del Agua del CUCBA por Campaña

Estación	Campaña											
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
1	98.63	98.28	98.33	-	98.78	94.92	96.59	97.64	99.24	96.51	97.87	97.12
2	92.72	97.42	95.30	86.51	86.21	86.21	86.01	89.46	95.00	96.06	90.90	91.81
3	93.92	94.92	95.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	93.56	91.66	-	89.54	91.81	81.66	91.66	92.50	91.21	90.45	92.75	89.72
5	92.12	96.81	90.30	86.84	86.27	82.95	86.36	88.25	-	97.12	90.30	94.09
6	91.89	96.51	95.30	87.45	87.18	87.72	86.36	88.18	95.45	93.78	96.21	89.24
7	89.31	90.75	88.63	83.18	84.54	85.60	86.36	89.54	95.75	88.92	96.47	90.78
8	96.37	90.45	88.63	87.57	84.84	86.51	85.78	89.84	93.93	95.68	96.76	94.90
9	98.39	89.77	88.48	81.06	80.90	78.03	83.36	92.57	-	88.03	90.00	95.00
10	89.09	88.03	87.04	85.30	87.10	-	80.40	89.01	89.16	83.48	-	86.66
Media	93.61 a	93.46 a	91.89 a	85.93 b	87.51 b	85.45 b	86.98 b	90.78 ab	94.24 a	92.22 a	93.90 a	92.14 a
Clasif.	E	E	E	A	A	A	A	E	E	E	E	E

E: Excelente

A: Aceptable

ab: Literales distintas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

Respecto al análisis fisicoquímico, se identificó en las estaciones 2, 4, 6, 7, 8, 9 y 10, manganeso en concentraciones de 0.12 a 0.30 mg/l (máximo permisible 0.1 mg/l), en una ocasión por estación; la concentración de nitrógeno de nitritos en las estaciones 7 y 9 fue de 0.07 y 0.19 mg/l (máximo permisible 0.05 mg/l) con frecuencia de 4 y 1, respectivamente; en tanto que un contenido en plomo de 0.029 y 0.046 mg/l (máximo permisible 0.025 mg/l) se detectó en las estaciones 9 y 10; así mismo, el cadmio en la estación 2 presentó un valor de 0.008 mg/l (máximo permisible 0.005 mg/l) y el hierro en la estación 9 de 1.5 mg/l (máximo permisible 0.30 mg/l). El plomo, hierro y cadmio se presentaron en exceso una vez por estación (tabla 17 y anexo 2).

Tabla 17. Estaciones con parámetros que exceden los límites permisibles establecidos en la NOM-127-SSA1-1994

Parámetro	Estación	Frecuencia
Cadmio	2	1
Hierro	9	1
Manganeso	2,4,6,7,8,9,10	1
Plomo	9, 10	1
N de Nitritos	9	4
	7	1
PH	4,6,7,8	4
	1, 2, 5, 9	3
	10	2
Coliformes totales	6	11
	2,5,10	10
	7,8,9	8
	4	1
Coliformes fecales	10	11
	5	8
	6, 2	7
	7, 8, 9	6
	4	1
<i>Salmonella spp</i>	5,7,9	1

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

El manganeso se le puede considerar como un metal con cierto carácter positivo en las aguas de consumo, en el sentido de que es un oligoelemento esencial para el hombre, aunque no se haya descrito un estado carencial. Este elemento no plantea problemas de índole toxicológico, sino más bien de tipo organoléptico, ya que comunica al agua un sabor desagradable (Mariscal, 1995). Por lo tanto, los niveles detectables en el CUCBA, no representan riesgos a la salud para los consumidores.

Los nitritos consumidos en el agua y alimentos pueden conducir a la formación de metahemoglobina con trastornos en la oxigenación de los tejidos, siendo más susceptibles los infantes. En el presente estudio, donde el nivel máximo obtenido en el agua de la estación 9, fue de 0.19 mg/l se considera que no representa un problema a la salud de los consumidores del CUCBA pues se ha demostrado solo en infantes con consumo de agua con niveles superiores a 10 mg/l (Guías de la Calidad del Agua Potable, 1987).

La exposición al plomo a través del agua es mínima debido a que forma esencialmente compuestos insolubles de tipo carbonatos y sulfatos; además, el agua potable tiende a tener de manera general menor contenido de plomo que el agua no tratada, debido a que el plomo es removido por las plantas convencionales de tratamiento de agua potable. Cuando se detectan niveles elevados de plomo en la red y en los estanques de almacenamiento, especialmente en el caso de aguas blandas y pH bajo, habitualmente son resultado de la corrosión sobre estas estructuras cuando han sido elaboradas con plomo (Corey y Galvao, 1989).

En la exposición prolongada al plomo pueden observarse efectos importantes sobre el Sistema Nervioso Central; causando un cuadro denominado encefalopatía saturnina con cambios conductuales sutiles hasta alteraciones neurológicas graves.

En el presente estudio el contenido máximo en plomo fue de 0.046 mg/l en una sola estación dato ligeramente inferior al límite de 0.050 mg/l establecido por la OMS para considerarlo un riesgo a la salud (Corey y Galvao, 1989).

Las manifestaciones agudas por ingestión de cadmio son: náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. En muchos casos hay una diarrea intensa con colapso. Estos síntomas aparecen con la presencia de cadmio en agua o en alimentos en concentraciones alrededor de 15 mg/l (Galvao y Corey, 1987). En el presente estudio, el contenido máximo de este elemento se identificó solo en la estación 2, siendo de 0.008 mg/l; por lo tanto, su consumo no origina riesgos a la salud.

El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana y su ingestión en grandes cantidades rara vez surge por una simple sobrecarga en la dieta, ocasionando una condición que se conoce como hemocromatosis, con daño a varios tejidos (Guías para la Calidad del Agua Potable, 1987). En este estudio en la estación 9 se encontró una concentración de hierro de 1.5 mg/l, superior al límite máximo permisible, sin embargo el requerimiento diario de hierro en adultos, es de 10 mg (Guías para la Calidad del Agua Potable, 1987) por lo tanto, no origina riesgos a la salud.

En relación al pH, en todas las estaciones exceptuando la 3, el pH fue inferior al límite permisible (6.5 - 8.5) encontrándose valores de 5.8 a 6.3. La alteración del pH no afecta directamente la salud humana sin embargo el pH tiene una estrecha relación con otros aspectos de la calidad del agua tales como algunos métodos de tratamiento de agua (Guías de la Calidad del Agua potable, 1987), por lo tanto no se considera como riesgo a la salud.

En cuanto a plaguicidas, éstos no se detectaron y por lo tanto no hay riesgo a la salud.

Respecto al análisis bacteriológico se encontró la presencia de coliformes totales y fecales, en la mayoría de las estaciones, exceptuando 1 y 3 con valores que fluctuaron de 2 a >200 NMP/100ml y de <2 a >200 NMP/100ml respectivamente, con una frecuencia que va desde 1 a 11 ocasiones por estación (Tabla 17 y Anexo 2).

La presencia de organismos Coliformes fecales sugiere que el agua está fuertemente contaminada con heces fecales humanas o de animales y que existe el riesgo de encontrar bacterias patógenas intestinales en ella. Estos patógenos podrían representar un riesgo a la salud muy importante a personas con Sistema inmunológico gravemente comprometido (EPA, 2000).

En relación a la presencia de *Salmonella spp*, ésta se encontró en las estaciones 5, 7 y 9 con una frecuencia de una vez por estación y se determinó de manera cualitativa. *Salmonella spp* se considera un patógeno y puede causar fiebre, dolor de cabeza y articulaciones, estreñimiento, dolor abdominal y falta de apetito ([http://www.tuotromedico.com/temas/fiebre\\_tifoidea\\_salmonelosis\\_hm](http://www.tuotromedico.com/temas/fiebre_tifoidea_salmonelosis_hm).). Aunque *Salmonella spp* se considera un patógeno y representa un riesgo a la salud, en el presente estudio se debe de considerar que no se realizaron determinaciones cuantitativas y tampoco se determinó la especie de dicha bacteria, datos con los cuales se podría establecer con mayor precisión el riesgo a la salud.

Las siguientes figuras muestran los resultados del análisis de Cluster por campañas.

La Figura 4 muestra el análisis de Cluster de la Campaña 1 que se realizó durante el mes de marzo, los resultados nos permiten apreciar que la mayoría de las estaciones forman tres grupos homogéneos que pertenecen al primer nivel, en donde se encuentran las estaciones 7, 10; 3, 4; 5, 6, 2; 1, 9 y separación de las estaciones 9 y 10 en el último nivel.

Las estaciones 3 y 4 forman un grupo homogéneo, ambas pertenecen a bebedero y tienen un filtro.

Las estaciones 5, 6 y 2 forman otro grupo estas estaciones corresponden a los sitios con antigüedad de aproximadamente 20 años.

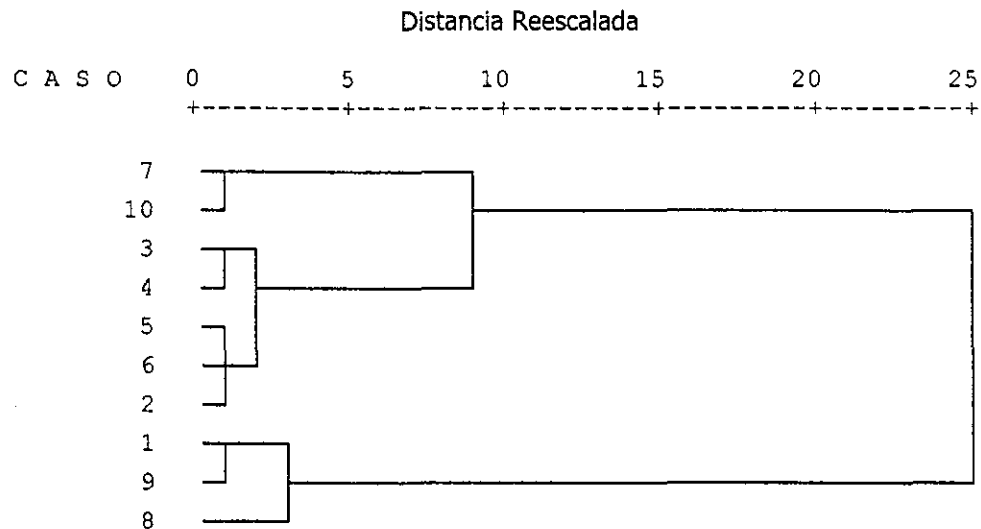


Fig. 4 Análisis de Cluster para la Campaña 1  
(Marzo)

Respecto al análisis realizado para la Campaña 2 del mes de abril (Fig. 5), los resultados nos permiten apreciar que en el primer nivel se encuentran dos grupos homogéneos que son el 7, 8, 9, 4; 5, 6, 2; hay separación de las estaciones 1 y 4 en el último nivel.

Las estaciones del primer grupo 5, 6 y 2 siguen agrupándose igual que en el mes anterior y la 7, 8 y 9 son estaciones que se encuentran alejadas de la fuente principal de abastecimiento.



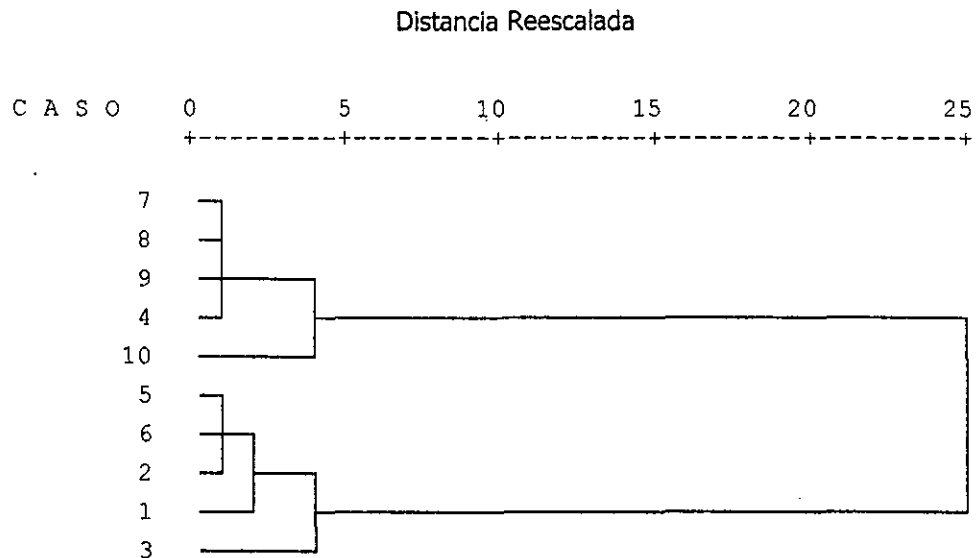


Fig. 5 Análisis de Cluster para la Campaña 2 (Abril)

En la Campaña 3 (Fig. 6), el análisis de Cluster nos permite apreciar 2 grupos bien definidos en el primer nivel, 7, 8, 9; 2, 6, 3; hay separación en el último nivel de las estaciones 3 y 10.

Las estaciones 7, 8 y 9 se agrupan de la misma manera que en el mes anterior. Las estaciones 6 y 2 desde el mes de marzo vienen formando un solo grupo.

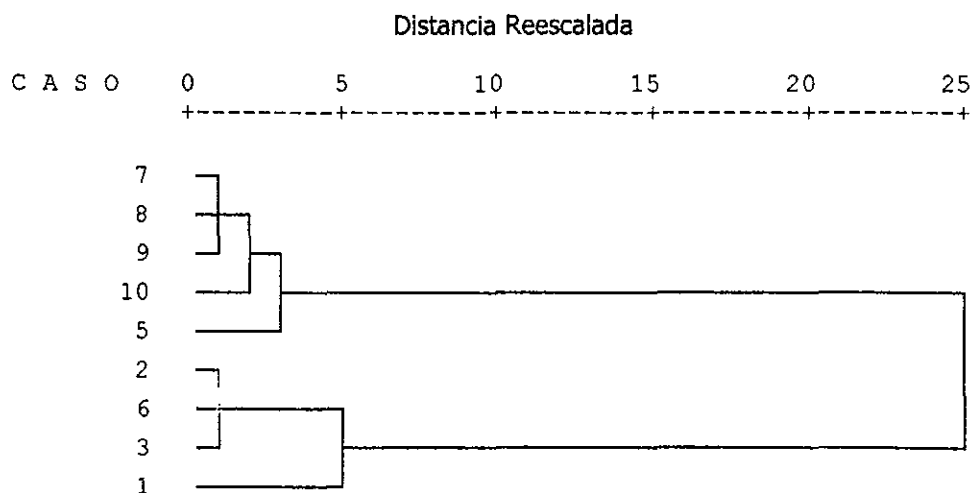


Fig. 6 Análisis de Cluster para la Campaña 3 (Mayo)

Los resultados del análisis de Cluster de la Campaña 4 (Fig. 7) nos permiten apreciar en el primer nivel un grupo bien definido, formado por las estaciones 6, 8, 2 y 5.

El resto de las estaciones no tiene ningún agrupamiento entre sí.

A este grupo corresponden estaciones alejadas a la fuente de abastecimiento y de antigüedad aproximada de 20 años.

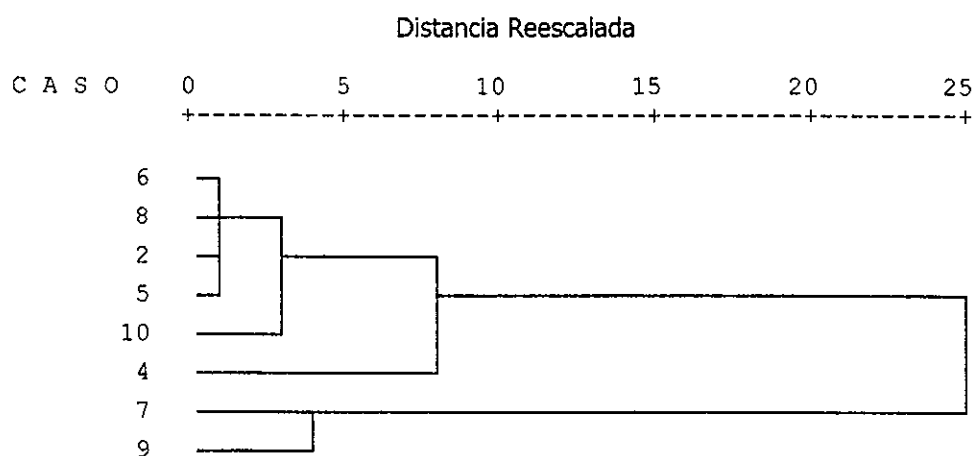


Fig. 7 Análisis de Cluster para la Campaña 4 (Junio)

En la Campaña 5 (Fig. 8), el resultado del análisis de Cluster permite apreciar que la mayoría de las estaciones 2, 5, 6, 10, 7 y 8 están formando un primer nivel. El resto de los sitios no tiene ningún agrupamiento entre sí.

Las estaciones 5, 6, y 8 se agrupan igual que en el mes anterior.

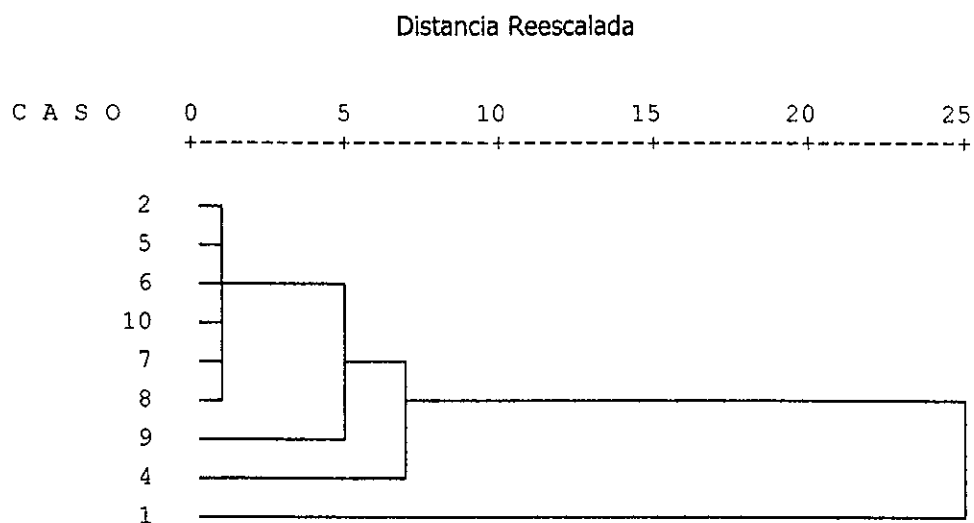


Fig. 8 Análisis de Cluster para la Campaña 5  
(Julio)

Respecto a la Campaña 6 (Fig. 9), el análisis de Cluster permite apreciar que en el primer nivel hay dos grupos bien definidos, en un grupo las estaciones 2, 8, 7, 6; en otro 4 y 5. Separación en el último nivel de las estaciones 1 y 6. Las estaciones 2, 8, 7 y 6 se agrupan igual que el mes anterior.

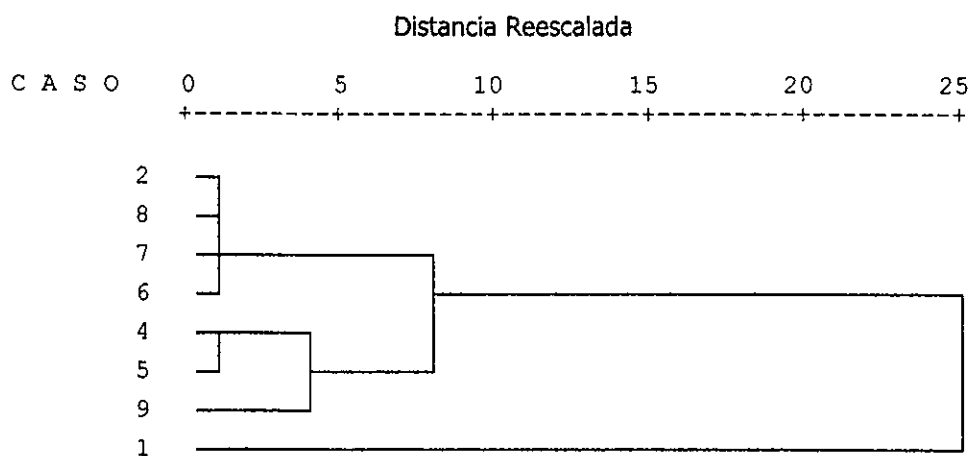


Fig. 9 Análisis de Cluster para la Campaña 6  
(Agosto)

Los resultados del análisis de Cluster para la Campaña 7 (Fig. 10) permiten apreciar que en un primer nivel se encuentran la mayoría de las estaciones que son: 6, 7, 5, 2, y 8. Las estaciones 1 y 4 se agrupan formando un segundo nivel.

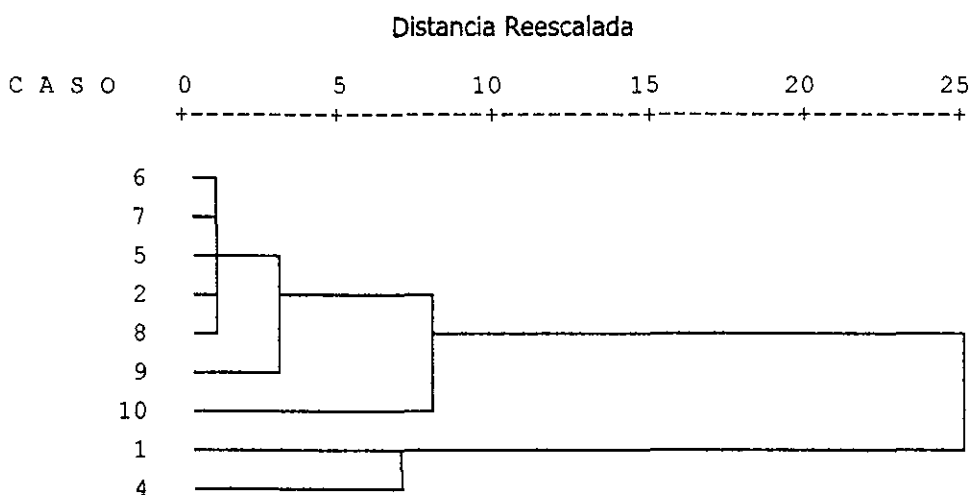


Fig. 10 Análisis de Cluster para la Campaña 7  
(Septiembre)

Respecto a la Campaña 8 (Fig. 11), el resultado del análisis de Cluster permite apreciar que en el primer nivel se encuentran dos grupos bien definidos; 4, 9; 5, 6, 2, 7, 8 y 10 a excepción de la estación 1 que se encuentra independiente.

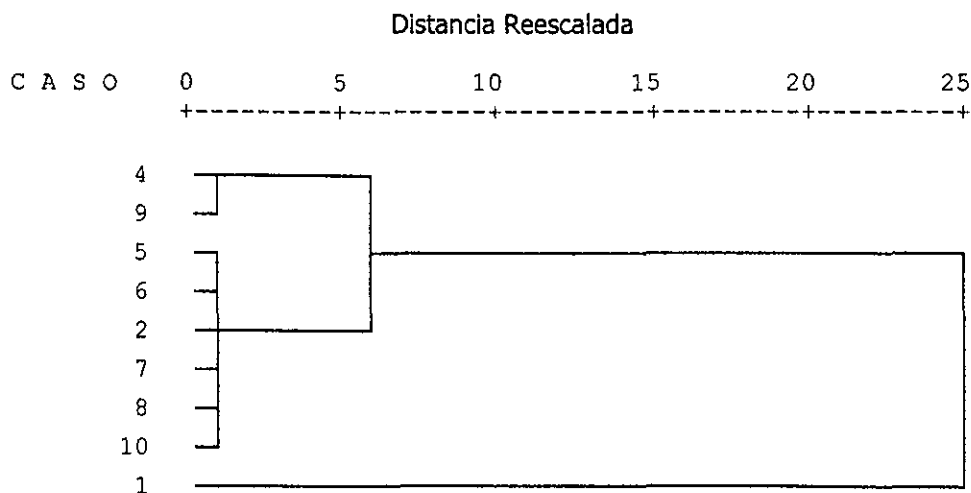


Fig. 11 Análisis de Cluster para la Campaña 8  
(Octubre)

En la Campaña 9 (Fig. 12), los resultados del análisis de Cluster permiten apreciar que hay un grupo bien definido en el primer nivel formado por las estaciones 6 y 2. El resto de las estaciones forma grupos independientes.

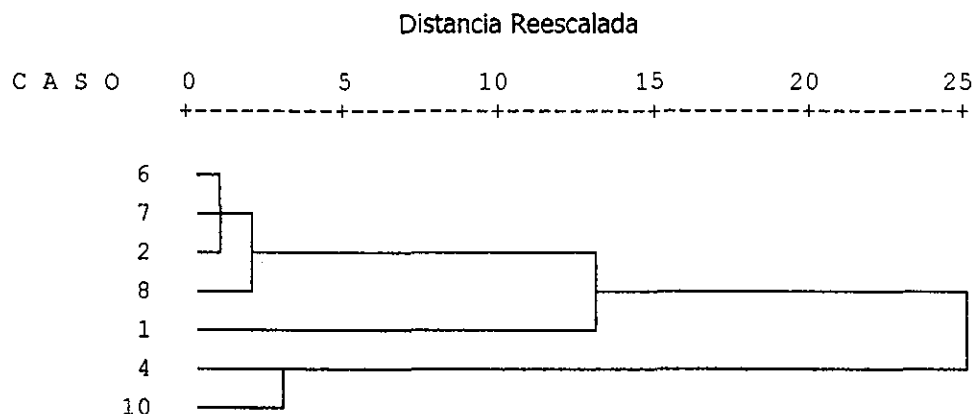


Fig. 12 Análisis de Cluster para la Campaña 9 (Noviembre)

En la Campaña 10 (Fig. 13), los resultados del análisis de Cluster permiten apreciar que en el primer nivel hay dos grupos bien definidos 2, 8, 1, 5 y 7, 9. El 4 y 1 forman un último nivel.

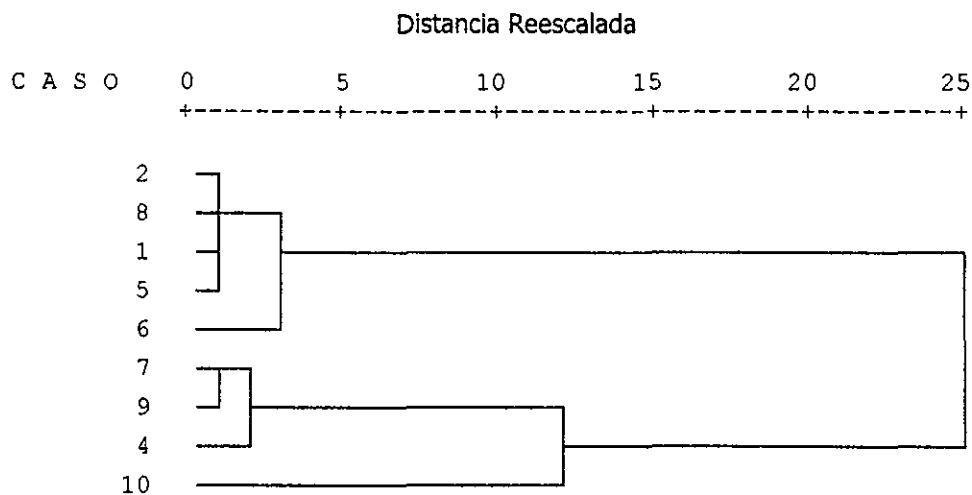


Fig. 13 Análisis de Cluster para la Campaña 10 (Diciembre)

Los resultados del análisis de Cluster de la Campaña 11 (Fig. 14), permiten apreciar que en el primer nivel se encuentran dos grupos bien definidos: 6, 8 y 5, 2. Encontrándose en su último nivel las estaciones 2 y 8. Las estaciones 6 y 8 se encuentran alejadas de la fuente de abastecimiento.

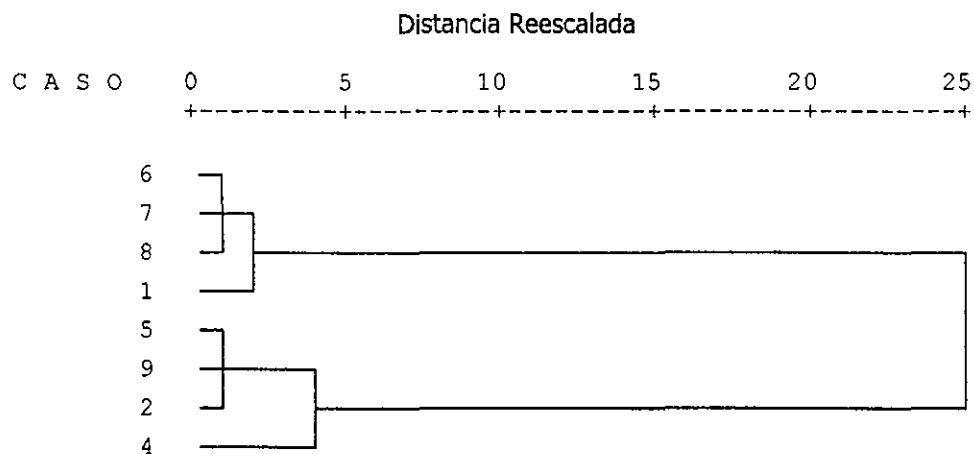


Fig. 14 Análisis de Cluster para la Campaña 11  
(Enero)

Respecto a la Campaña 12 (Fig. 15), los resultados del análisis de Cluster permiten apreciar que se encuentran tres grupos bien definidos en el primer nivel: 8, 5; 4, 6; y 2, 7. En un último nivel se encuentran las estaciones 2 y 5.

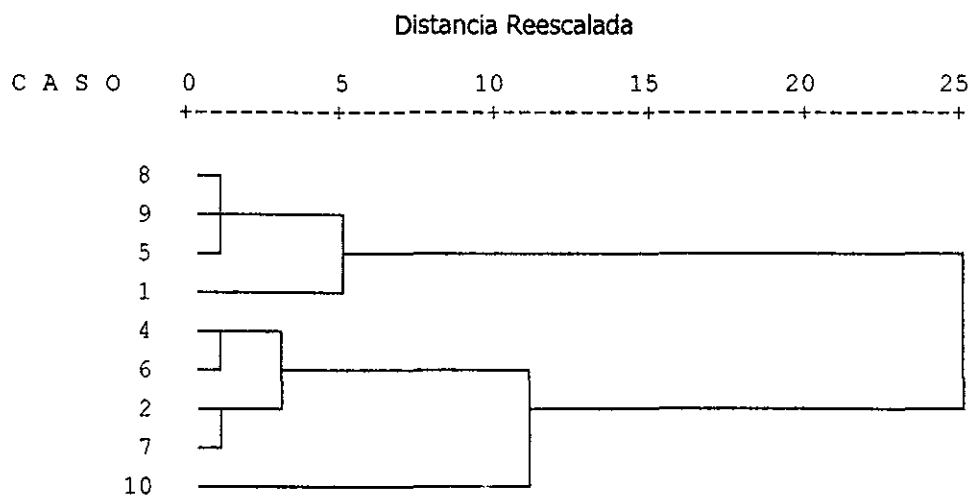


Fig. 15 Análisis de Cluster para la Campaña 12  
(Febrero)

## VIII CONCLUSIONES

- Se encontraron valores de Índice de Calidad del Agua que fluctuaron entre 86.52 y 97.62
- El agua de la fuente de abastecimiento tuvo un ICA que corresponde a una clasificación de **Excelente** ya que los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos así como de metales pesados y plaguicidas se encontraron con valores dentro de la NOM-127-SSA1-1994.
- En la red de distribución de agua del CUCBA, los valores de nitrógeno de nitritos, el pH y metales pesados como el Cadmio, Hierro, Manganeseo y Plomo, se encontraron fuera de los límites permisibles establecidos en la NOM- 127-SSA1-1994, sin embargo no representan un riesgo a la salud.
- La Calidad del agua de la red de distribución se considera deficiente y No apta para consumo humano, ya que se encontró la presencia de organismos Coliformes totales y fecales además de *Salmonella spp*, lo cual representa un riesgo a la salud.
- En el presente trabajo se obtuvieron resultados que permiten el desarrollo de acciones para prevenir y corregir el problema; para asegurar a la población tanto estudiantil como laboral, agua apta para consumo humano y la prevención de riesgos a la salud.

## **IX RECOMENDACIONES**

1. Los aljibes deben protegerse mediante cercas de mallas de alambre o muros con la altura y distancia suficiente que impida la disposición de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales, permitiéndose el acceso sólo a personal autorizado.
2. Los dispositivos de ventilación de los aljibes deben protegerse con tela de mosquitero para evitar la entrada de vectores.
3. Los aljibes deben someterse a limpieza que incluye: remoción y extracción de sólidos sedimentados e incrustados, lavado y desinfección de pisos y muros además del resane e impermeabilización de fisuras.
4. Se debe realizar un diagnóstico de las instalaciones de depósito de aguas residuales (fosas sépticas).
5. Se sugiere realizar un seguimiento microbiológico exhaustivo a lo largo de la red de distribución, para identificar posibles puntos de contaminación fecal.
6. Es necesario contemplar posibles medidas de tratamiento del agua (uso de agentes químicos desinfectantes o clorados) para disminuir el riesgo y la transmisión de enfermedades gastrointestinales.
7. Se recomienda cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM 012- SSA1-1993, la cual establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.
8. Es importante establecer un programa de monitoreo para conocer de manera constante la calidad del agua que se utiliza en el CUCBA, dar seguimiento a los problemas de salud que pudieran estar relacionados con la contaminación del agua y evaluar los riesgos a la salud.



## X BIBLIOGRAFÍA

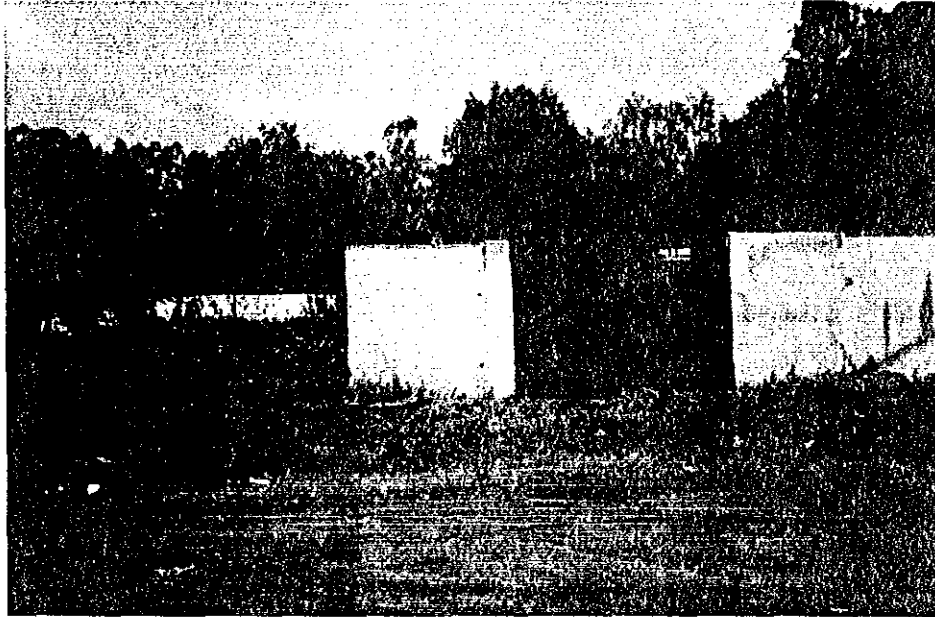
- Albert L.A. Toxicología ambiental. 1990. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Ed. Limusa Noriega.
- Análisis Industriales. 1998. Análisis de Alimentos. Guadalajara, Jal. México.
- Ander E.E. 1995. Para salvar la tierra. El desafío Ecológico. Buenos Aires República de Argentina.
- Andreu. M.E. 1994. Manual de Contaminación Ambiental. Editorial Mapfre. España.
- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Editorial Díaz de Santos. España.
- Arreguín F. 1997. El uso eficiente del agua y la tecnología. Ingeniería hidráulica en México Vol. XII, Núm.1 Pp 91-98
- Ballester F. 1995. Estrategias encaminadas a conseguir ambientes sanos. Boletín de la Sociedad Española de Sanidad Animal. 1: 7-10.
- Benet G. J.M. y Ferrer P.J. 1995. Ingeniería sanitaria y ambiental. España.
- CNA. 1995. Panorama del agua en México. Agua potable. La revista de saneamiento ambiental en México Vol. 10 Núm. 128 pp 25-28.
- CONACYT. 1984. Alternativas tecnológicas 5. Academia Mexicana de Ingeniería. Tecnología adecuada para el aprovechamiento y uso del agua.
- Corey, G y Galvao, L.A. C. 1989. Plomo, Serie Vigilancia 8. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México.

- Chávez A. M. E. 1995. El agua y su importancia en la salud. Boletín de Salud Ambiental Universidad de Guadalajara. 1: 44-46.
- De la Mora O. C. 2001. Evaluación De la calidad del agua en el lago de Chapala durante 1996-1997. Tesis de Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara.
- EPA. 2000. <http://www.epa.gov/safewater/agua/estandares.html>
- Fernández A. M. 1992. Memorias del curso de aguas residuales. M.I colegio oficial de farmacéuticos de Valencia y Laboratorio Anayco. Valencia España.
- Galvao, L. A.C y Corey, G. 1987. Cadmio, Ser1e Vigilancia 4. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México.
- García V. J. *Et al.* 1996. Proyecto: Evaluación de riesgo en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Diagnóstico de la calidad del agua. Universidad de Guadalajara.
- Garibay, Ch. G. 1997. La salud ambiental, retos y perspectivas hacia el siglo XXI. Universidad de Guadalajara.
- Gobierno del Estado de Jalisco. 1996. Laboratorio Ambiental y Agrícola. Laboratorio de Aguas.
- Guzmán A.M y Merino, N.E. 1992. Diagnostico de la contaminación del agua en Jalisco. Cuaderno de difusión científica No 26. pp 13-28.
- Gray. 1994. Calidad del agua potable. Editorial Acribia. Zaragoza España.

- Ham, CH. J. M. 1994. Las aguas subterráneas en México. Memorias del Seminario Internacional del agua. Mazatlán, México. Pp 22-30.
- INEGI. 1980. Carta hidrológica de Aguas Subterráneas Guadalajara. F 13-12.
- Laboratorio Profesional de Análisis. 1997. Av. Mandarina Col. Bosques de la Victoria. Guadalajara Jal.
- Mariscal, L.A. *et al.* 1995. Estudio Sanitario de Agua. Universidad de Valencia España.
- NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cubrir los sistemas de abastecimientos de agua para uso y consumo humano públicos y privados. Diario Oficial de la Federación. 12 de Agosto. 1994.
- NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua públicos y privados. Diario Oficial de la Federación, 12 de Agosto de 1994.
- NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación, 18 de Enero de 1996.
- Ordenamiento Ecológico Territorial. 1997. Universidad de Guadalajara.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1981. Contaminación de las Aguas Subterráneas. Roma ,Italia. p.p 1-34.
- Organización Panamericana de la Salud. 1987. Guías para la Calidad del Agua Potable. Criterios relativos a la salud y otra información de base.
- Recursos Médicos para Pacientes. 2000.  
[http://www.tuotromedico.com/temas/fiebre\\_tifoidea\\_salmonelosis.htm](http://www.tuotromedico.com/temas/fiebre_tifoidea_salmonelosis.htm).

- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1973. Dirección de Aprovechamientos Hidráulicos. Laboratorio en Guadalajara.
- Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. 1995. España.
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Zona Metropolitana. 1990. Superintendencia General de Operación. Calidad del Agua. Guadalajara, Jal. México.
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Zona Metropolitana. 1998. Sistema Tesistán. Guadalajara, Jal. México.
- Sistema Nacional de Salud. Secretaría de Salud. 2001. Jurisdicción X Guadalajara, Hidalgo Zapopan. Dirección general de epidemiología.
- Vallejo M.C. 1992. Contaminación ambiental por agentes químicos y sus efectos en la salud humana y medio ambiente. Memorias Curso Internacional. Escuela Colombiana de Medicina. Pp 23-35 .
- Washington State Department of Health. 1996. Nitratos en agua potable. <http://www.doh.wa.gov/ehp/ts/nitratos.htm>

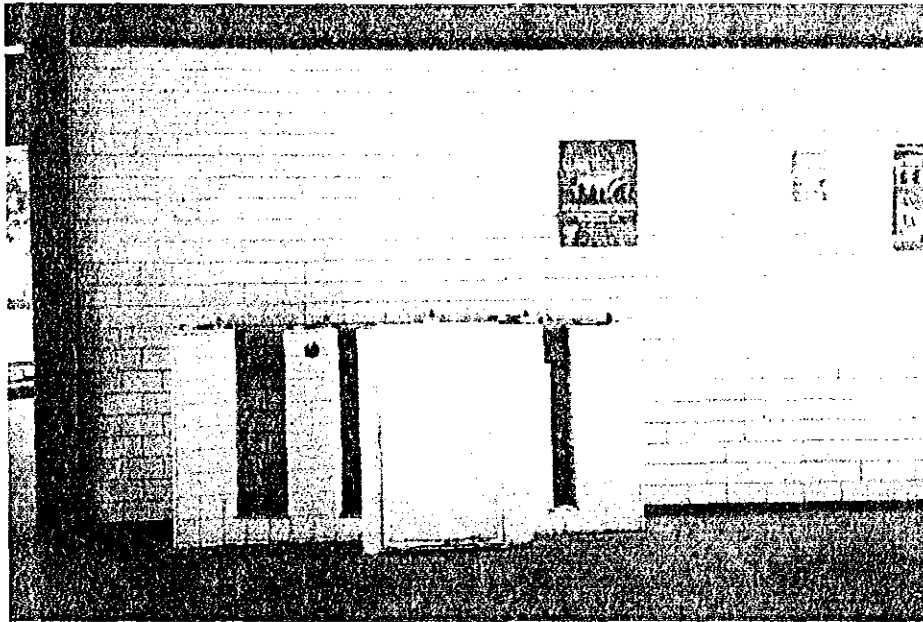
## ANEXO 1



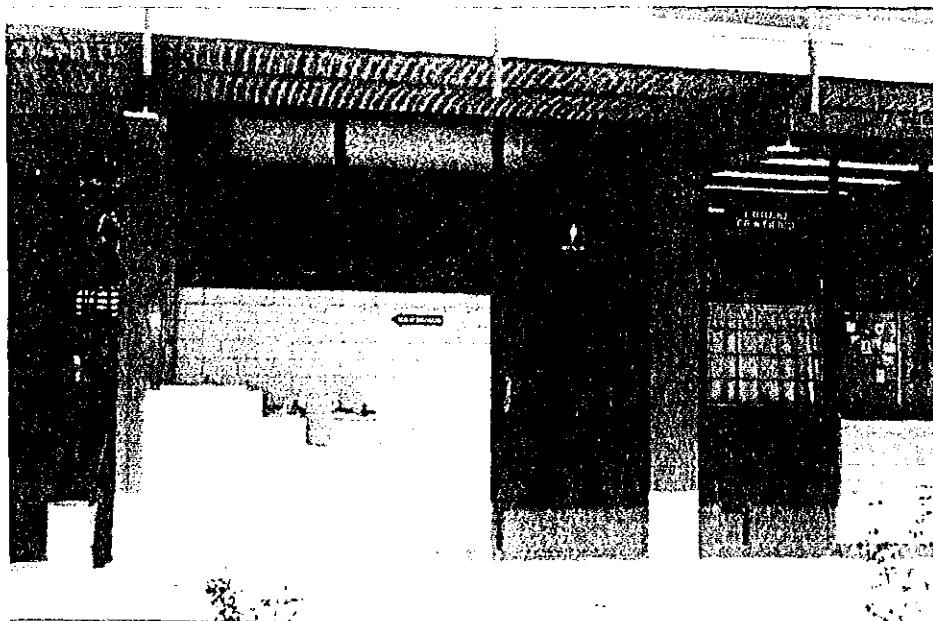
Estación 1. Pozo



Estación 2. Aljibe



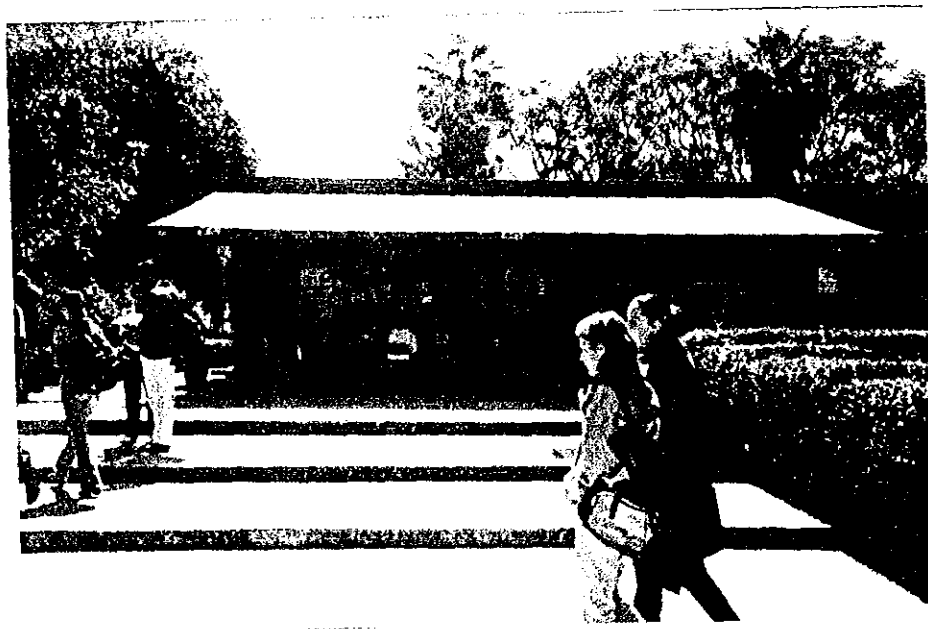
Estación 3. Bebederos 1  
(Edificio D)



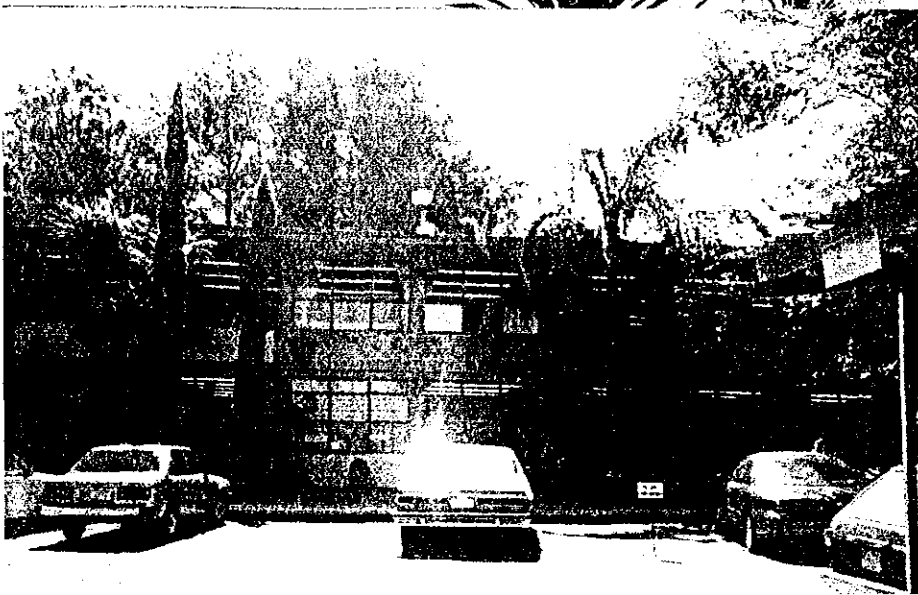
Estación 4. Bebederos 2  
(Edificio J)



Estación 5. Laboratorio de Biotecnología  
(Edificio J)



Estación 6. Cafetería  
(Edificio O)



Estación 7. Laboratorio de Bioingeniería  
(Departamento de Celulosa y Papel)

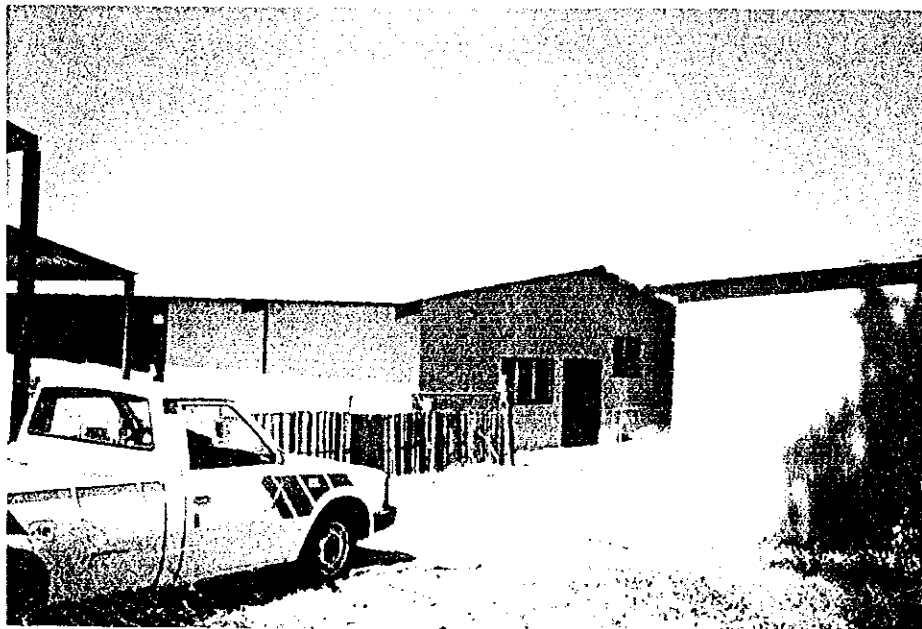


Estación 8. Laboratorio de Genética  
(Edificio L)





Estación 9. Laboratorio de Físicoquímica de Alimentos  
(Edificio M)



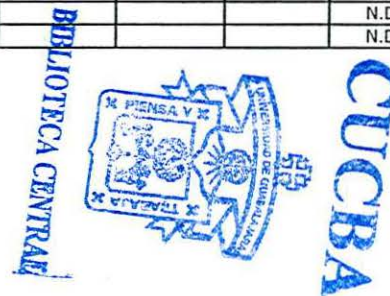
Estación 10. Área de Cerdos  
(Edificio Z)

## ANEXO 2

### Resultados Estación 1

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC,	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	34.7	34.7	34.7		44.8	40.9	41.4	40.9	39.1	37.8	41	41
Cloruros	250 mg/l	5.5	4.2.	5.7		5.7	3.5	4.5	6.8	6.8	7.4	6.8	5.7
Color	15 Esc. Pt-Co	< 0.17	< 0.17	< 0.17		< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	85.5	86.8	90.6		92.3	86.3	98	82	185.9	61.2	199.2	197.0
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	13.4	8.4	8.4		8.4	9.3	8.4	9.3	8.4	9.3	8.4	8.4
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0		0	0.06	0	0	0.06	0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0		0.001	0.005	0.003	0	0.001	0	0	0
pH	6.5-8.5 pH	6.93	7.1	6.7		7.23	7.43	7.65	7.76	6.8	6.3	6.3	6.3
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.17	0.16	0.17		0.17	0.22	0.18	0.19	0.17	0.17	0.18	0.16
Turbiedad	5 UTN	0.19	0.18	0.21		0.25	0.11	0.38	0.18	0.31	0.2	0.35	2.0
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml	5	2	<2		<2	<2	2	2	<2	<2	2	<2
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml	<2	<2	<2		<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001		< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001		0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	0.001
Cobre	2 mg/l	< 0.01	0.01	< 0.01		0.01	0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	0.09	< 0.01	< 0.01
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01		< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.08	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0002	0.0003		0.0002	0.0003	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Niquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001		0.001	0.001	0.005	0.003	0.001	0.001	0.001	< 0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.003	0.004	0.004		0.005	0.011	0.005	0.004	0.003	0.008	0.004	0.004
<b>Pesticidas organoclorados</b>													
Aldrin	0.03 mg/l			N.D.					N.D.				
Clordano (total de isómeros)	0.30 mg/l			N.D.					N.D.				
Endrin	0.03 mg/l			N.D.					N.D.				
HCH-gamma (lindano)	2.00 mg/l			N.D.					N.D.				
Hexacloro benceno	0.01 mg/l			N.D.					N.D.				
Heptacloro (y su epóxido)	0.03 mg/l			N.D.					N.D.				
Metoxicloro	20.00 mg/l			N.D.					N.D.				
Ácido 2,4, diclorofenoxiacético	50.00 mg/l			N.D.					N.D.				
<b>Pesticidas organofosforados</b>													
Diazinón	mg/l			N.D.					N.D.				
Dichlorvos	mg/l			N.D.					N.D.				
Metamidophos	mg/l			N.D.					N.D.				
Naled	mg/l			N.D.					N.D.				
Parathión-metilico	mg/l			N.D.					N.D.				

NOM = NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE  
 N.D.= NO DETECTADO



## Resultados Estación 2

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC,	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO3	34.2	34.7	33.6	33.6	44.8	41.4	39.8	40.9	39.5	39.1	38.7	38.2
Cloruros	250 mg/l	4.2	3.9	5.7	5.9	5.7	4.4	5.5	6.4	9.6	7.9	8.1	5.7
Color	15 Esc. Pt-Co	0.17	< 0.17	< 0.17	3.19	0.17	0.17	0.17	0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	86	87.3	91.5	94.4	95.1	80	100.7	65.9	183.5	195.3	195.2	197.0
Dureza total	500 mg/l CaCO3	22.7	11.8	10.1	10.1	16.8	14.3	10.1	10.0	10.1	10.1	8.4	8.4
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0	0.06	0.06	0.06	0.06	0.12	0.06	0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO2	0	0	0	0.005	0.003	0.003	0.002	0	0.001	0	0.004	0.001
pH	6.5-8.5 pH	6.95	7.03	6.74	6.88	7.15	7.38	7.5	7.71	6.5	5.8	6.1	6.1
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.17	0.16	0.16	0.2	0.16	0.2	0.19	0.19	0.18	0.18	0.19	0.18
Turbiedad	5 UTN	0.23	0.44	0.24	0.64	0.94	0.4	0.35	0.26	0.37	0.25	0.33	2.1
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml	9	2	40	>200	>200	>200	200	15	15	<2	9	9
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml	2	<2	<2	>200	>200	200	200	200	<2	<2	2	<2
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	< 0.001	0.008
Cobre	2 mg/l	< 0.01	0.02	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	< 0.01	0.18	< 0.01	< 0.01
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.17	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Niquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.003	0.001	0.001	0.001	< 0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	0.009	0.007	0.004	0.003	0.008	0.005	0.004

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE

### Resultados Estación 3

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC,	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	39.2	39.2	34.7									
Cloruros	250 mg/l	4.4	4.2	5.9									
Color	15 Esc. Pt-Co	< 0.17	< 0.17	< 0.17									
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	91.5	92.4	97.5									
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	30.2	15.1	11									
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0									
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0.001									
pH	6.5-8.5 pH	7.33	7.3	6.87									
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.19	0.17	0.18									
Turbiedad	5 UTN	0.26	0.18	0.20									
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml		<2	<2									
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml		<2	<2									
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO									
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO									
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001									
Cadmio	0.005 mg/l	0.003	< 0.001	< 0.001									
Cobre	2 mg/l	< 0.01	0.01	< 0.01									
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1									
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01									
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0003	0.0003									
Niquel	0.1 mg/l	0.017	0.021	0.019									
Plomo	0.025 mg/l	0.004	0.005	0.005									

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE

BIBLIOTECA



UNACH  
UNIVERSIDAD DE CHIAPAS

### Resultados Estación 4

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC,	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	38.1	37		36.4	45.9	47.0	47.6	50.2	43.7	41.4	43.7	43.2
Cloruros	250 mg/l	4.2.	3.7		5.9	5.5	4.8	5.5	6.8	9.6	7.9	5.9	5.7
Color	15 Esc. Pt-Co	< 0.17	< 0.17		3.19	< 0.17	0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	96.4	99.5		100	99.1	104.7	107.9	106.3	188.4	149.5	150.0	186.3
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	35.3	17.6		11.8	16.8	22.7	11.8	10.1	12.6	15.1	10.1	10.1
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0		0.06	0	0.060	0	0	0.06	0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0.001	0		0.042	0.004	0.010	0.006	0.003	0.003	0.005	0.002	0.002
pH	6.5-8.5 pH	7.06	7.09		6.82	6.85	6.98	7.35	7.56	6.1	5.8	6.1	6.2
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.2	0.17		0.19	0.19	0.23	0.20	0.19	0.15	0.17	0.18	0.16
Turbiedad	5 UTN	0.32	0.17		0.98	0.43	0.35	0.28	0.24	0.39	0.32	0.28	2.7
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml		<2		<2	<2	40	<2	<2	<2	<2	0	<2
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml		<2		<2	<2	9	<2	<2	<2	<2	0	<2
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	0.001	< 0.001		< 0.001	0.001	0.001	0.001	< 0.001	0.001	0.010	< 0.001	0.003
Cobre	2 mg/l	< 0.01	0.01		0.01	0.01	0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	0.15	< 0.01	< 0.01
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1		0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01		0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.14	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0007		0.0001	0.0001	0.0002	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001
Niquel	0.1 mg/l	0.044	0.048		0.039	0.049	0.079	0.056	0.072	0.063	0.049	0.049	0.052
Plomo	0.025 mg/l	0.004	0.008		0.009	0.007	0.012	0.008	0.005	0.007	0.012	0.007	0.008

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE

### Resultados Estación 5

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC,	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	33.6	33.6	33.6	33.6	44.8	42.0	42.0	42		38.7	41.9	38.7
Cloruros	250 mg/l	4.6	5	5.9	6.3	5	5.7	6.6	6.6		7.6	6.8	4.6
Color	15 Esc. Pt-Co	< 0.17	< 0.17	< 0.17	3.19	0.17	0.17	0.17	0.17		< 0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	84	86.3	91.5	94.2	97.3	87.8	100.7	57.3		185.4	163.1	201.0
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	25.2	16	11	7.6	10.1	26	8.4	8.4		10.9	10.1	15.1
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0	0.12	0.06	0	0.06	0		0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0	0.002	0.003	0.001	0.003				0.001	0.003
pH	6.5-8.5 pH	7.11	7.18	6.82	6.87	6.84	6.98	7.34	7.45		6.1	6.25	6.1
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.17	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.20	0.20		0.18	0.17	0.16
Turbiedad	5 UTN	0.26	0.24	0.27	0.95	0.84	0.35	0.30	0.24		0.28	0.32	2.30
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml	9	9	20	>200	>200	200	>200	200		2	9	40
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml	2	<2	2	>200	200	40	>200	40		<2	5	<2
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002		< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001		< 0.001	< 0.001	0.001
Cobre	2 mg/l	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04		0.03	0.01	< 0.01
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1		< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01		0.03	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Niquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.003	0.003	0.007	0.004		0.001	0.003	< 0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.005	0.004	0.005	0.005	0.007	0.005	0.007	0.005		0.007	0.007	0.005

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE

### Resultados Estación 6

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	33.6	33,6	34.7	33.6	44.2	49.8	42.0	42.6	41	40.0	41.0	39.6
Cloruros	250 mg/l	4.6	4.8	6.3	6.3	6.3	5.2	5	7.9	8.7	7.6	6.8	4.6
Color	15 Esc. Pt-Co	0.17	< 0.17	< 0.17	4.69	< 0.17	< 0.17	< 0.17	0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	84.6	87.1	92.7	92.9	98	87.8	100.7	99.9	185.5	77.6	181.6	98.1
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	29.4	17.6	11.8	6.7	11.8	24.4	8.4	8.4	12.6	10.1	10.9	10.1
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0	0	0	0	0.06	0.12	0	0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0	0.002	0.003	0.001	0.003		0.001			0.003
pH	6.5-8.5 pH	7.1	7.25	6.88	6.89	6.83	6.9	7.24	7.28	6.1	6.0	6.15	6.15
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.18	0.17	0.18	0.2	0.19	0.22	0.19	0.19	0.17	0.15	0.17	0.15
Turbiedad	5 UTN	0.34	0.25	0.26	0.89	0.84	0.38	0.26	0.21	0.43	0.23	0.29	3.1
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml	9	<2	40	>200	>200	200	>200	>200	5	9	5	15
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml	2	<2	<2	>200	>200	40	>200	200	<2	<2	<2	2
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	< 0.001	0.004	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.003	< 0.001	< 0.001	0.001
Cobre	2 mg/l	0.17	< 0.17	< 0.17	4.69	< 0.17	< 0.17	< 0.17	0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.15	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0001	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001
Niquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	0.001	0.008	0.007	0.003	0.001	0.001	0.003	< 0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.005	0.004	0.005	0.004	0.007	0.004	0.007	0.004	0.004	0.009	0.007	0.004

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE

### Resultados Estación 7

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	37	33.6	34.7	37	45.4	44.8	42.6	47	40.5	40.5	45.5	43.2
Cloruros	250 mg/l	4.6	5.7	5.7	7.9	5.7	7.0	5.5	6.8	8.7	8.1	7.6	5.7
Color	15 Esc. Pt-Co	0.17	< 0.17	< 0.17	1.68	< 0.17	0.17	< 0.17	1.68	0.17	0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	91.2	79.5	99.8	99.6	95.5	91.8	104.2	67.8	123	109.4	174.9	180.6
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	31.9	16.8	13.4	11.8	12.6	18.5	11.8	11.8	9.3	16.8	10.9	11.8
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0	0.06	0	0.06	0	0.06	0.06	0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0.001	0.087	0.001	0.012	0.003		0.003	0.005		0.025
pH	6.5-8.5 pH	7.07	7.24	7.14	6.78	6.81	6.79	7.06	7.25	6.2	6.0	6.1	6.2
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.18	0.16	0.18	0.2	0.17	0.22	0.19	0.18	0.15	0.16	0.18	0.15
Turbiedad	5 UTN	0.22	0.24	0.31	0.75	0.55	0.45	0.29	0.45	0.3	0.49	0.39	3.8
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml		40	200	200	200	>200	>200	15	9			
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml		15	<2	200	40	200	>200	15	<2			
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	0.005	0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	0.001	< 0.001	0.001
Cobre	2 mg/l	0.02	0.04	0.02	0.05	0.08	0.05	0.12	0.07	0.02	0.30	0.02	0.03
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.1	0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.13	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Niquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	0.003	0.007	0.003	< 0.001	< 0.001	0.001	0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.007	0.004	0.006	0.015	0.011	0.007	0.009	0.012	0.004	0.02	0.009	0.012

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE



### Resultados Estación 8

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC,	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	37	33.6	36.4	37.5	49.8	49.8	42.6	50.2	44.1	40.5	41.9	43.2
Cloruros	250 mg/l	4.2	5.7	6.1	8.7	5.7	7.0	5.7	7	9.6	9.8	7.9	5.2
Color	15 Esc. Pt-Co	< 0.17	< 0.17	< 0.17	1.68	< 0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	< 0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	91.4	92.4	100.8	65.9	108	97.6	79	109.2	176.4	85.4	157.8	120.3
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	42.8	21.8	16.8	14.3	13.4	23.5	12.6	16.8	14.3	14.3	10.9	10.1
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0	0	0.06	0	0	0.06	0	0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.006	0.003	0.001	0.003
pH	6.5-8.5 pH	7.39	7.28	7.17	7.00	6.8	6.68	6.95	7.06	6.25	6.0	6.2	6.3
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.19	0.17	0.17	0.2	0.19	0.23	0.19	0.19	0.20	0.17	0.18	0.18
Turbiedad	5 UTN	0.26	0.22	0.28	0.60	0.39	0.40	0.41	0.26	0.29	0.26	0.28	3.8
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml		40	200	200	200	>200	>200	15	9			
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml		15	<2	200	40	200	>200	15	<2			
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	0.005	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	0.004	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.004	< 0.001	< 0.001	0.001
Cobre	2 mg/l	0.12	0.08	0.10	0.18	0.17	0.09	0.11	0.14	0.09	0.42	0.33	0.42
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	0.30	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0002	0.0002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Niquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	0.001	0.003	0.007	0.003	0.001	0.001	0.003	< 0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.011	0.005	0.006	0.007	0.011	0.011	0.008	0.007	0.004	0.012	0.009	0.009

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE

### Resultados Estación 9

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	37	35.3	42.6	44.8	53.8	60	47.0	56.0		41.9	41.4	41.0
Cloruros	250 mg/l	4.4	5.2	5.7	7.9	5.7	7.2	5.9	7.4		7.9	7.2	5.7
Color	15 Esc. Pt-Co	< 0.17	< 0.17	19.75	4.69	< 0.17	9.21	7.7	4.69		< 0.17	< 0.17	< 0.17
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	96	94.7	109	112	122.3	109.6	109.8	118.1		202.0	82.7	150.8
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	49.6	23.5	26	20.2	17.6	23.5	16.8	16.8		13.4	10.9	11.8
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0	0	0	0.06	0.06	0.06		0	0	0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0.001	0.125	0.195	0.006	0.002	0.112		0.0725	0	0.001
pH	6.5-8.5 pH	7.43	7.39	7.11	7.18	7.12	7.19	6.68	6.79		6.0	6.2	6.3
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0.22	0.20	0.19		0.19	0.17	0.19
Turbiedad	5 UTN	0.29	0.35	1.6	1.4	0.75	2.9	1.40	0.52		0.25	0.30	3.40
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml	<2	40	12	<200	40	<200	<200	2		<2	9	5
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100 ml	<2	2	<2	<200	40	200	<200	<2		<2	5	<2
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	F.S.	NEGATIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	F.S.	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002		< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001		0.001	< 0.001	0.001
Cobre	2 mg/l	0.10	0.12	0.20	0.05	0.07	0.04	0.03	0.11		0.37	0.16	0.08
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	1.5	0.3	0.2	0.1	0.3	< 0.1		< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01		0.26	< 0.01	< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0001	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	< 0.0001	< 0.0001		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Níquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.004	0.003	0.007	0.001		0.003	0.001	< 0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.005	0.012	0.029	0.015	0.019	0.015	0.010	0.019		0.020	0.012	0.009

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE

F.S. Fuera de servicio

### Resultados Estación 10

PARÁMETRO	NOM	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ENERO	FEBRERO
Alcalinidad Total	300 mg/l CaCO <sub>3</sub>	33.6	33.6	34.7	61	80.1		76.1	84.0	86.9	41.0		46.4
Cloruros	250 mg/l	3.7	5.2	6.3	8.7	5.5		6.8	5.7	9.6	10		5
Color	15 Esc. Pt-Co	< 0.17	< 0.17	0.17	0.17	< 0.17		< 0.17	1.68	0.17	< 0.17		
Conductividad	50-1500 mmhos/cm	90.3	89.3	102.2	151.4	149.1		159.3	143.3	341	144.9		201.0
Dureza total	500 mg/l CaCO <sub>3</sub>	41.2	16.8	20.2	30.2	28.6		33.6	38.6	42.9	13.4		11.8
Nitrógeno Amoniacal	0.50 mg/l N	0	0	0	0.06	0		0	0	0	0		0
Nitrógeno de nitritos	0.05 mg/l N- NO <sub>2</sub>	0	0	0	0.011	0.003		0.002	0	0.001	0.020		0.003
pH	6.5-8.5 pH	7.26	7.2	7.16	7.5	7.23		6.67	6.35	7.5	6.1		6.2
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	0.18	0.16	0.18	0.24	0.24		0.22	0.24	0.24	0.14		0.16
Turbiedad	5 UTN	0.20	0.39	0.26	0.55	0.28		0.19	0.18	0.22	0.38		4.0
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 ml	200	>200	>200	>200	>200		>200	200	200	200		>200
Organismos Coliformes Fecales	No Detectable NMP/100	8	40	200	>200	200		>200	200	40	4		15
Salmonella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO
Shigella	Negativo	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO		NEGATIVO
Arsénico	0.05 mg/l	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001		< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001		< 0.001
Cadmio	0.005 mg/l	< 0.001	0.001	< 0.001	0.001	0.001		0.004	< 0.001	< 0.001	0.001		< 0.001
Cobre	2 mg/l	< 0.01	0.01	< 0.01	0.01	0.02		< 0.01	0.02	< 0.01	0.11		< 0.01
Fierro	0.30 mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1		< 0.1
Manganeso	0.10 mg/l	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01		< 0.01	< 0.01	0.01	0.12		< 0.01
Mercurio	0.001 mg/l	< 0.0001	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001		< 0.0001
Niquel	0.1 mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001		0.057	< 0.001	< 0.001	0.001		< 0.001
Plomo	0.025 mg/l	0.046	0.005	0.011	0.005	0.009		0.007	0.005	0.004	0.015		0.007

NOM= NORMA OFICIAL MEXICANA 127-SSA1-1994 LÍMITE PERMISIBLE