

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE AGUA PARA USO
HUMANO EN EL MUNICIPIO DE SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

POR:

ROSEMBERG SANTIAGO ESCOBAR

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO

DE

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

FEBRERO 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE AGUA PARA USO
HUMANO EN EL MUNICIPIO DE SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

POR:

ROSEMBERG SANTIAGO ESCOBAR

Que somete al H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada

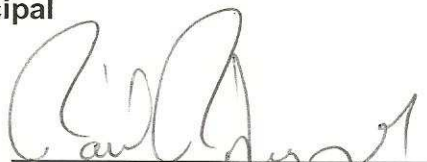
El presidente del Jurado



Dr. Efraín Castro Narro
Asesor Principal



Dr. Manuela Bolívar Duarte
Coasesor (a)



Dr. Raúl Rodríguez García.
Coasesor

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la división de Ingeniería



Dr. Raúl Rodríguez García

Coordinación de
Ingeniería

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.
FEBRERO 2010

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecerle a mi ***Alma Terra Mater*** por haberme abierto las puertas desde el primer día que las toqué y por darme la oportunidad de realizar mis estudios en sus instalaciones y facilidades que durante el transcurso de mi preparación me brindaron.

Al departamento de Riego y Drenaje y a todo el personal que forma parte del mejor departamento de la UAAAN.

A mis asesores el Doctor Efraín Castro Narro, la Doctora Manuela Bolívar Duarte y al Doctor Raúl Rodríguez García, gracias por su apoyo por su confianza brindada, por compartir sus conocimientos, por su tiempo dedicado en la elaboración de esta tesis y sobretodo por su valiosa amistad.

Y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y su comprensión y que de una u otra forma contribuyeron en la realización de este trabajo. Muchas Gracias...

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo que marca el final de una etapa de mi vida y el principio de mi carrera profesional.

A Dios:

Por haberme dado la gran oportunidad de vivir, por demostrarme su existencia y con ello darme salud para lograr mis objetivos y además por regalarme una familia maravillosa. A tí mi Dios muchas gracias.

Con mucho Amor:

A mi padre: **Rosemberg** (+). Que aunque ya no esté físicamente conmigo yo sé que siempre lo llevo en mi mente y en mi corazón. Gracias por enseñarme a ser una persona de bien, por tus consejos, por sus ejemplos de perseverancia, por el valor mostrado para salir adelante, pero sobre todo por tu amor. Gracias Papá.

A mi madre: **Justina**. Por contar con su apoyo en todo momento, por sus consejos, su motivación, paciencia, su comprensión, por creer en mí y sobre todo por su amor. De todo corazón gracias Mamá.

A mis Hermanos:

Gabriela, Wilber Iván, Adriana Concepción. Gracias por estar conmigo y apoyarme en todo momento, los quiero mucho.

A mi Sobrina Hellen Paola. Te quiero Hellen y no olvides que te tengo un gran cariño.

A mi novia Gabriela Prieto Castillo: Con mucho cariño y respeto para ti, y gracias por estar conmigo en este momento tan importante e inolvidable en mí vida.

A mis amigos de la generación CVIII de la carrera Ingeniero Agrónomo en Irrigación porque pasé muy buenos momentos: Juan Homero, Jesús Galileo, Uzias, Víctor Manuel, Francisco Iván, Octavio, Juan Alberto, Pedro, Ángel de Jesús, Jorge, Noé, Esmeralda, Areli. Además a mis amigos: Fernando Darinel, Delmar, Antonio, Rodolfo y Martha. Y a todos aquéllos que no mencioné.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 El Agua.....	3
2.2 Importancia del Agua.....	3
2.3 La Distribución del Agua en Nuestro Planeta.....	3
2.4 Consumo de Agua a Nivel Mundial.....	4
2.5 El Agua en México.....	5
2.6 Datos de Utilización del Agua en México.....	5
2.7 Demanda de Agua en México.....	6
2.8 Uso del Agua en Coahuila.....	6
2.9 El Agua en Saltillo.....	7
2.10 Beneficio de la Calidad de Agua para las Familias.....	8
2.11 Calidad del Agua.....	8
2.12 Estudios de la Calidad del Agua.....	9
2.13 Contaminación del Agua.....	10
2.14 Fuentes de Contaminación del Agua.....	11
2.15 Tipos de Contaminación; Efectos y su Relación con Algunas Actividades Humanas.....	12
2.16 Escasez del Agua.....	13
2.17 Una Crisis de Escasez de Agua.....	14

2.18 Desarrollo Sustentable y Uso Eficiente del Agua.....	15
2.18.1 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.....	16
2.18.2 Incremento Directo de la Demanda.....	17
2.18.3 Mayor Competencia del Recurso.....	17
2.19 Factores que Afectan la Oferta del Agua.....	17
2.19.1 Agotamiento de Fuentes.....	17
2.19.2 Contaminación.....	18
2.19.3 Cambio Climático.....	18
2.20 Usos del Agua Municipal.....	18
2.21 Uso Eficiente del Agua en Ciudades e Industrias.....	19
2.22 Uso Eficiente en las Ciudades.....	19
2.22.1 Medición.....	20
2.22.2 Reglamentación.....	22
2.22.3 Uso Eficiente en las Casas.....	22
2.22.3.1 Usos Interiores.....	23
2.22.2.2 Usos Exteriores.....	23
2.23 Uso Percápita del Agua.....	23
2.24 Principales Enfermedades Causadas por el Agua.....	24
2.24.1 Enfermedades Transmitidas por el Agua.....	25
2.24.2 Enfermedades con Base al Agua.....	25
2.24.3 Enfermedades de Origen Vectorial Relacionadas con el Agua.....	26
2.24.4 Enfermedades Vinculadas a la Escasez de Agua.....	27
2.25 pH.....	27
2.26 El Agua y el pH.....	27
2.27 Acidez, Alcalinidad y pH.....	28
2.28 Bases o Álcalis.....	28
2.29 Ionización.....	29
2.30 Alcalinidad.....	29

2.31 Calcio y Magnesio.....	30
2.32 Método Potenciómetro.....	31
2.33 Turbidez.....	32
2.33.1 Efectos de una Alta Turbidez en el Agua.....	32
2.34 Aspectos Físicos, Químicos y Biológicos del Agua Potable....	33
2.34.1 Aspectos Físicos – Químicos.....	33
2.34.2 Aspectos Microbiológicos.....	34
2.35 Antecedentes sobre el Agua Potable para Uso y Consumo Humano.....	35
2.36 Bacterias que Indican la Contaminación del Agua.....	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1 Lugar y Fecha de Establecimiento.....	37
3.2 Materiales y Equipos Requeridos.....	38
3.3 Metodología.....	38
3.3.1 Preparación de Envases para Toma de Muestras.....	38
3.3.2 Preparación para Toma de Muestra.....	38
3.3.3 Procedimiento para la Identificación de Toma de Muestras...	39
3.3.4 Procedimiento para el Análisis en el Laboratorio.....	40
3.4 Consideraciones Estadísticas.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Determinación de Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos).....	43
4.1.1 Cálculos para Determinar la Alcalinidad Parcial.....	44
4.1.2 Cálculos para Determinar la Alcalinidad Total.....	45
4.1.3 Resultados de la Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos).....	46
4.2 Determinación de Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos).....	46
4.2.1 Cálculo para la Determinación de Dureza.....	48
4.2.2 Resultados de la Dureza Total (Calcio y Magnesio).....	51
4.3 Determinación de Bacterias Coliformes Totales.....	51
4.3.1 Resultados de las Bacterias Coliformes Totales.....	51
4.4 Determinación del pH.....	52
4.4.1 Resultados del pH.....	52

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
VI. LITERATURA CITADA.....	54
VII ANEXOS.....	59
7.1 NOM – 127. Norma Oficial Mexicana.....	60
7.2 NOM-041-SSA1-1993. Norma Oficial Mexicana.....	66
7.3 NOM 014-SSA1-1993. Norma Oficial Mexicana.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

	Título	Pág.
Cuadro 1.	Distribución del Agua en Base a su Consumo.....	3
Cuadro 2.	Distribución del Agua a Nivel Mundial.....	4
Cuadro 3.	Tipos de Contaminantes del Agua.....	9
Cuadro 4.	Técnicas de Uso Eficiente del Agua en el Medio Municipal...	20
Cuadro 5.	Resultados de la Alcalinidad de “Lomas de Lourdes”.....	43
Cuadro 6.	Resultados de la Alcalinidad de “Pérez Treviño”.....	43
Cuadro 7.	Resultados de la Alcalinidad de “Francisco Murguía”.....	44
Cuadro 8.	Resultados de Alcalinidad Parcial (Carbonatos y Bicarbonatos).....	45
Cuadro 9.	Resultados de Alcalinidad Total (Carbonatos y Bicarbonatos).....	46
Cuadro 10.	Resultados de Calcio de la Muestra de “Lomas de Lourdes”.....	47
Cuadro 11.	Resultados de Calcio de la Muestra de “Pérez Treviño”.....	47
Cuadro 12.	Resultados de Calcio de la Muestra de “Francisco Murguía”.	47
Cuadro 13.	Resultados de la Dureza de la Muestra de “Lomas de Lourdes”.....	47
Cuadro 14.	Resultados de Dureza de la Muestra de “Pérez Treviño”.....	48
Cuadro 15.	Resultados de Dureza de la “Francisco Murguía”.....	48
Cuadro 16.	Comparación de Resultados en la Determinación de la Dureza Total (Calcio y Magnesio) con respecto a la Norma establecida.....	50
Cuadro 17.	Comparación de resultados en la Determinación de Coliformes Totales con respecto a la norma establecida.....	51
Cuadro 18.	Comparación de los Resultados en la Determinación del pH con respecto a la Norma establecida.....	52
Cuadro 19.	Límites Permisibles de Características Microbiológicas.....	60

Cuadro 20.	Límites Permisibles de Características Físicas y Organolépticas.....	61
Cuadro 21.	Límites Permisibles de Características Químicas.....	61
Cuadro 22.	Tabla de Cumplimiento Gradual.....	63
Cuadro 23.	Límite Máximo de Características Organolépticas y Físicas..	66
Cuadro 24.	Límite Máximo de Características Fisicoquímicas.....	66
Cuadro 25.	Límite Máximo de Características Microbiológicas.....	67
Cuadro 26.	Procedimientos Sanitarios para el Muestreo de Agua para Uso y Consumo Humano en Sistemas de Abastecimiento de Agua Públicos y Privados.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Título	Pág.
Figura 1.	Demanda de Agua a Nivel Nacional.....	6

RESUMEN

A continuación se presentan los estudios para la determinación de parámetros en la calidad del agua para uso y consumo humano de la ciudad de Saltillo, los estudios se efectuaron en el Laboratorio de Ciencias Básicas en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el propósito de reafirmar la calidad del agua comparando los parámetros analizados con las normas oficiales mexicanas de calidad de agua que están establecidas por el Diario Oficial de la Federación (1993); dicha norma lleva por nombre NOM-127-SSA1-1994.

Se evaluaron cuatro parámetros para la determinación de la calidad del agua. En los parámetros analizados se incluyeron los aspectos químicos físicos y bacteriológicos que establece la norma antes mencionada: alcalinidad, dureza, pH, y coliformes totales.

Los sitios de muestreo se llevaron a cabo en la ciudad de Saltillo, tomando tres muestras de lugares diferentes, tratando de ser representativos al escoger los lugares de muestreo. Los lugares donde se muestreo son: Dos en la zona centro de Saltillo y una la Colonia Lomas de Lourdes de la misma ciudad. Para realizar el muestreo se efectuó con base a la Norma Oficial Mexicana (NOM 014-SSA1-1994). Dicha norma habla sobre los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

Estas son las primeras investigaciones que se realizan dentro de la Universidad, esperando que de aquí en adelante se presenten más investigaciones sobre el tema tomando en cuenta que cada día que pasa el agua se contamina mucho más y por supuesto que también cada día aumenta su demanda para el humano, animales y plantas.

Palabras Claves: Calidad de agua, NOM-127-SSA1-1994, NOM 014-SSA1-1993, muestras de agua.

I. INTRODUCCIÓN

En México como en el mundo existen problemas sobre el que quizás muchos científicos piensan que es lo más importante en el planeta “el agua”, ya que es el cimiento para lograr un desarrollo sostenible para la humanidad. Debido a que este vital líquido es limitado y cada vez se contamina más y por consiguiente su calidad va en descenso, en los últimos años ha tomado gran importancia su estudio no sólo en México sino que también en todo el mundo, para hacer que este vital líquido sea eficiente y racional para la humanidad.

México cuenta con muchos recursos naturales y humanos, éstos representan un potencial de desarrollo enorme para la comunidad mexicana. Recursos que podrían si bien no para tener excedentes para la exportación, sí para producir lo necesario para nuestras necesidades, que sería el punto de partida de una sociedad con mejores características.

Mas sin embargo, la mala administración que lleva el hombre a su cargo del capital generado por el mismo y además principalmente deteriorando el medio ambiente en el que vive y del que obtiene sus alimentos y sus necesidades para su sobrevivencia, ha generado grandes problemas a nivel naturaleza que día a día se agudizan más. En el mundo entero, el uso eficiente y racional del agua se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Uno de los recursos de mayor importancia con los se cuenta en el mundo es el hídrico, el cual si bien constituye una gran proporción del globo terrestre, ésta no se encuentra en su totalidad disponible en forma directa, como es el caso de los océanos, glaciares, aguas subterráneas, etc. Este hecho reafirma la posición de utilizar adecuadamente el vital líquido. El agua tiene variados usos para el hombre siendo el principal para la bebida del mismo, uso pecuario, para regar sus cultivos, en la industria, navegación, recreación, etc. El aumento poblacional y sus consecuentes necesidades de

materiales de desarrollo imponen progresivamente mayores exigencias a los sistemas hídricos. Ésta preocupación existente desde hace algunas décadas.

Como ya se ha comentado, la cantidad de agua que disponemos en el planeta es muy limitada y toma tintes drásticos. Los seres humanos, estamos pues ante uno de nuestros grandes retos, usar eficiente y racionalmente el agua que tenemos en nuestro planeta o enfrentaremos escasez a muy corto plazo; sólo lograremos un desarrollo sostenible si aprendemos a usar eficiente y racionalmente el agua, en todas nuestras actividades cotidianas.

Los ciudadanos, en particular, también tienen una tarea importante en el mantenimiento del agua limpia. Las leyes solas no pueden limitar el desecho de materiales peligrosos en la red de drenaje o en la del agua pluvial. Asegurar la calidad del agua, tanto para fines de irrigación, como para fines de agua potable, es una responsabilidad compartida.

El agua disuelve, en mayor o menor grado, todo tipo de sustancias: es un “solvente universal”. Para asegurarnos un suministro de agua debemos limitar en tipos y cantidad las sustancias disueltas, a niveles predeterminados, establecidos por la experiencia de múltiples análisis y pruebas en los seres vivos.

1.1. Objetivo

Verificar que la calidad del agua en el área de estudio este dentro de los límites máximos permisibles de la norma oficial mexicana 127 (NOM-127-SSA1-1994.) de agua para uso y consumo humano.

1.2 Hipótesis

Los parámetros analizados para la determinación de la calidad del agua para uso y consumo humano en el área de estudio estén dentro de los límites permisibles que marca la norma NOM-127-SSA1-1994 del Diario Oficial de la Federación (1994).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Agua

A pesar de que el agua tiene características excepcionales que la hacen un elemento indispensable desde los sistemas vivientes microscópicos hasta seres vegetales y animales, como cita Cuthbert (1989), “las funciones del agua es una variedad de caminos dentro de los cuales una célula no podría ser desarrollada. La vida se originó en agua, prospera en agua, el agua es el solvente y medio. Es la matriz de la vida”.

El agua, sin embargo, es un elemento que fácilmente acepta la contaminación, es decir la presencia de éstos elementos extraños siempre alteran su constitución.

2.2. Importancia del Agua

La importancia del agua es manifiesta, si se hace un simple análisis de cada uno de los rubros que integran su consumo. En el cuadro 1 se presenta los principales usuarios del agua en una sociedad desarrollada o en vías de desarrollo (Mosqueira, 2005).

Cuadro 1. Distribución del Agua en Base a su Consumo (Mosqueira, 2005).

<i>Usuario</i>	<i>% de consumo</i>
Domestica.	9.3
Industria.	7.0
Plantas Generadoras de Electricidad (con vapor).	4.2
Agricultura.	79.5

2.3. La Distribución de Agua en Nuestro Planeta

¿Cómo es posible que el agua, que es la sustancia más abundante en la superficie de la tierra, pueda ser escaza para el uso humano? Los

océanos (con una profundidad promedio de 4 km) cubren cerca del 72 por ciento de la tierra y son el almacén de 97.25 por ciento del agua del planeta. Como se aprecia en el cuadro 2, sólo el 2.75 por ciento del agua es “dulce”, es decir, no contiene un nivel alto de sales disueltas como la de los océanos. Dentro de este último porcentaje, el agua dulce continental representa menos del uno por ciento del volumen total y la mayoría están en depósitos subterráneos. En comparación, la atmósfera tiene poca agua (como vapor). Colectivamente, todos estos almacenes de agua se conocen como *hidrósfera*. El agua se encuentra en tres estados: como hielo, agua líquida y vapor de agua, en cantidad de 1408.7 millones de km³. El agua es también componente mayor de todos los seres vivos (Mosqueira, 2005).

Cuadro 2. Distribución del Agua a Nivel Mundial (Mosqueira, 2005).

<i>Almacén</i>	<i>Volumen (10⁶ km³)</i>	<i>Porcentaje del total</i>
Océanos.	1370	97.25
Casquetes Polares y Glaciares.	29	2.05
Agua Subterránea Profunda (750 a 4000 m).	5.3	0.38
Agua Subterránea Poco profunda (< 750 m).	4.2	0.30
Lagos.	0.125	0.01
Humedad del Suelo.	0.065	0.005
Atmósfera	0.013	0.001
Ríos.	0.0017	0.0001
Biósfera.	0.0006	0.00004
Total	1408.7	100

Las dos fuentes de agua que se puede utilizar son entonces las aguas superficiales como la de ríos, lagos y tierras pantanosas, y el agua, que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra.

2.4. Consumo de Agua a Nivel Mundial

A nivel mundial el consumo municipal abarca entre 8 y 9 por ciento; la industria consume entre 20 y 30 por ciento, en tanto que la agricultura utiliza entre 60 y 70 por ciento del consumo del agua (Guerrero, 1991).

2.5. El Agua en México

El 67 por ciento del territorio mexicano es árido o semiárido y solamente el 33 por ciento es húmedo o sub húmedo. La precipitación media anual es de 777 mm, de los cuales cerca del 27 por ciento se transforma en un escurrimiento de $13000 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, con una parte no recuperable de aproximadamente $3488 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Al igual que en el resto del mundo, la distribución es muy irregular y se concentra principalmente en el Sur en las cuencas de los ríos Grijalva – Usumacinta, Papaloapan, Pánuco, y Balsas durante pocos meses. En el Norte y en el altiplano central (regiones que presentan más de la mitad del territorio nacional) se registra casi el 20 por ciento del escurrimiento medio anual y es ahí donde se encuentran el 76 por ciento de la población, 70 por ciento de la industria, 77 por ciento del PIB y de 90 por ciento del riego para las zonas agrícolas. Así, en casi la mitad del territorio muestra un déficit considerable, tal es el caso de las regiones de Baja California, Bravo, Comarca Lagunera, Lerma y el Valle de México (Comisión Nacional de Agua - CNA 2003).

2.6. Datos de Utilización de Agua en México

Según la CNA (2004), el 70 por ciento de la precipitación se pierde por evapotranspiración, dejando una disponibilidad natural de agua de 475 km^3 al año (escurrimiento superficial e infiltración). Esto representa un promedio de $4505 \text{ m}^3/\text{hab}\cdot\text{año}$. Una disponibilidad natural inferior a los $2000 \text{ m}^3/\text{hab}\cdot\text{año}$ se considera un indicador de escasez de agua. Por tanto, la disponibilidad promedio mexicana está bastante por encima de ese valor, y es superior a la de países como España, Alemania o Francia, aunque muy por debajo de la chilena $63064 \text{ m}^3/\text{hab}\cdot\text{año}$.

Existen, por tanto una considerable presión sobre los recursos hídricos en amplias regiones de México. Más aún, la concentración de la población en áreas metropolitanas conduce localmente a fuertes presiones sobre los recursos hídricos, como es el caso del Valle de México (CNA, 2004).

2.7. Demanda del Agua en México

De acuerdo con Jiménez (2002), la extracción 186.4 km^3 por año ($5920 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), esto es, 45 por ciento de la precipitación. La generación hidroeléctrica demanda el mayor volumen de extracción (60 por ciento) mientras que la irrigación es 80 por ciento del consumo. Cabe mencionar que México ocupa el séptimo lugar mundial en áreas irrigadas (6 de las 21 hectáreas son de riego). En uso municipal, el 83.5 por ciento de la población cuenta con servicios de agua potable y 67 por ciento con alcantarillado, como se muestra en la figura 1.

El empleo de acuíferos representa el 27 por ciento de la extracción total y es muy notorio que el sector que lo hace es el riego (76 por ciento del total). Normalmente, este tipo de agua es considerado de alta calidad y se prefiere preservar para el consumo humano, principalmente porque el uso del agua para riego tiene eficiencia muy baja (del orden del 50 por ciento) (Jiménez, 2002).

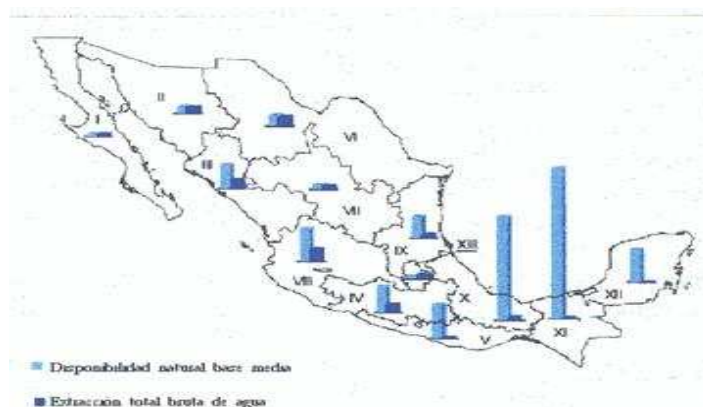


Figura 1. Demanda de Agua a Nivel Nacional (Jiménez, 2002).

2.8. Uso del Agua en Coahuila

El uso del agua en Coahuila es de: 82.6 por ciento en la agricultura, 9.6 por ciento en el abastecimiento público, 3.8 en la industria, 3.9 por ciento en termoeléctricas. Coahuila tiene la tercera menor precipitación de México con tan sólo 315 mm por año. Se utilizan $1210 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ de agua superficial contra $1287.2 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ de agua subterránea representado el 48.5 por ciento y 51.5 por ciento, respectivamente. El promedio de dotación de agua por habitante es de $125 \text{ l} \cdot \text{día}^{-1}$ (CNA, 2006).

2.9. El agua en Saltillo

➤ Situación del Agua en Saltillo.

<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/98194.el-problema-del-agua-potable-en-saltillo.html>.

En la reunión efectuada por organismos, Aguas de Saltillo con la Unión de Organismos Empresariales de Coahuila Sureste, en lo cual lo más importante que destaca fue que con estudios realizados se definió que restan 22 años de reservas en los acuíferos y que todos los usuarios o pozos extraen agua de la misma cuenca y de ahí la necesidad de realizar estudios para determinar nuevos acuíferos para reservas de explotación.

El ex coordinador de proyectos de la desaparecida dependencia municipal, manifestó que a partir de la constitución de la ahora paramunicipal Agsal se ha registrado una alta sobreexplotación de los pozos, principalmente los ubicados en los acuíferos de Carneros, Zapalinamé y Loma Alta.

En una declaración oficial de la CNA (2003) de que entre todas las ciudades que comprende esta cuenca, Saltillo es la que está en peligro de sufrir escasez de agua, porque los acuíferos más importantes, que son los de Zapalinamé, Carneros y Loma Alta se están abatiendo a una velocidad impredecible.

• *Distribución y uso del Agua en Saltillo*

La cantidad de agua producida para consumo doméstico es de 204 millones de m³ y equivale a una dotación de 243 l/hab/día.

La dotación considerada como adecuada para satisfacer las necesidades de una persona es de 200 l.día⁻¹. Sin embargo, la dotación facturada para este fin, en Coahuila, alcanza los 134 litros.

Las estimaciones indican que el 45 por ciento del agua extraída en total corresponde a pérdidas físicas o económicas, por algunas de las siguientes razones:

- Pérdidas por fugas debido a malas condiciones de instalaciones públicas y domiciliarias.
- Dispendio a usuarios.
- Resistencia al pago del servicio.

➤ Pozos en Saltillo.

- Pozos en servicio: 68
- Pozos que se tenían en reserva: 8
- Pozos incorporados: 8
- Incremento en el consumo de agua potable: 30 por ciento.
- Litros por segundo que se incorporan a la red: 355
- Total de agua que se extrae actualmente: 1,755 lps.
- Número de quejas por falta de agua: 100 diarias.

2.10. Beneficio de la Calidad de Agua para las Familias

La dureza del agua y la presencia de sólidos disueltos en abastecimientos municipales de agua, puede imponer diversos costos en las familias debido por ejemplo, a la oxidación de las instalaciones, a los minerales depositados y daños a los aparatos. Si la dureza y los sólidos disueltos son debidos, al menos en parte a la contaminación procedente de fuentes determinadas, el control de estas fuentes reducirá dichos costos y originará beneficios correspondientes (Food and Agriculture Organization - FAO, 1981).

2.11. Calidad del Agua

La calidad de agua de acuerdo a Dunne y Leopold (1978), Gosz et al., (1980) y Lee (1980) citado por Aceves (1991) es definida por los atributos físicos, químicos y biológicos que afectan la disponibilidad del agua para el consumo humano, para la agricultura, la industria, la recreación y otros usos que se les destine.

Sin hacer referencia al uso que se le destine al agua Hewlett (1982) citado por Aceves (1991) señala que la calidad del agua incluye propiedades físicas, químicas y biológicas asociadas con el material mineral y orgánico que se encuentre suspendido o disuelto en el agua.

La calidad del agua se mide en función del grado de *contaminación* que tiene. Este término se utiliza en general para describir cualquier condición o sustancia que hace que el uso indiscriminado de aire, agua o tierra, se vea restringido. Por ejemplo, el agua que por su nivel de contaminación se juzga adecuada para la irrigación, ya no tiene la calidad apropiada para uso como agua potable. En el caso extremo, si el agua está demasiado contaminada, no tiene calidad necesaria para ninguno de los usos comunes, tales como agua potable, de lavado, para la irrigación o en plantas industriales (para generar vapor o como agua de enfriamiento). La contaminación del agua puede ser calorífica o con radioisótopos, iones de metales tóxicos, moléculas orgánicas, álcalis y organismos que causan enfermedades (patógenos). El agua esta ligera, mediana o fuertemente contaminada puede provenir de tantas fuentes derivadas de la actividad humana como de procesos naturales. Conforme las actividades humanas han aumentado, también lo ha hecho la contaminación del agua (FAO, 1981), mostrada en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tipos de Contaminantes del Agua (FAO, 1981).

<i>Contaminante</i>	<i>Ejemplo</i>
Desperdicios que demanda oxígeno.	Material orgánico de plantas y animales.
Agentes infecciosos	Bacterias, virus.
Nutrientes de plantas.	Fertilizantes (nitratos y fosfatos).
Productos Químicos Orgánicos	Solventes, pesticidas, detergentes.
Otros productos químicos y minerales.	Ácidos provenientes de operaciones mineras.
Sedimentos Provenientes de la erosión del suelo.	Cieno de arcilla en el lecho de las corrientes.
Sustancias Radioactivas.	Desechos de minerías, Radioisótopos usados.
Calor de instalaciones industriales o de servicio.	Agua de enfriamiento en plantas generadoras de electricidad.

2.12. Estudios de la Calidad del Agua

Las propiedades físicas del agua incluyen el estudio de la dureza, la alcalinidad, los gases disueltos, los sólidos totales disueltos, la temperatura, la turbidez, el oxígeno disuelto y demanda de oxígeno biológico, los sedimentos orgánicos e inorgánicos en suspensión; las propiedades

químicas incluyen el estudio de todos los elementos químicos contenidos en el agua, así como los compuestos que se deriven de ellos. Los más importantes son K, Na, Ca, Mg, CO₃, SO₄, Cl, HO₃, NO₃, NO₂; las propiedades biológicas hacen referencia al estudio y contenido de bacterias coliformes que se presentan en el agua. USDA, 1982, citados por Aceves, 1991.

Las bacterias que se encuentran en el agua por descargas fecales de hombres y animales, son considerados como indicadores de la calidad del agua, al evaluar la calidad biológica de la misma, las más comunes son las del grupo de coliformes, en donde encontramos diferentes géneros como son: *Streptococcus*, *Éscherichia*, *Aeróbacter*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Clostridium* (Gutiérrez et al. 1987), las altas concentraciones de estos organismos pueden ocasionar enfermedades al hombre por su consumo.

Los contaminantes del agua, como materia suspendida y temperatura de sedimentos causan alteraciones en las características físicas, los compuestos orgánicos, bióxidos, nutrientes sintéticos y metales pesados, alteran las características químicas y los microorganismos alteran las características biológicas (Gosz, 1982).

Anderson et al. (1976) menciona que los metales suspendidos pueden ser sólo, algunos factores importantes que influyan en los cambios en la calidad del agua, determina que el 80 por ciento del deterioro de la calidad del agua se debe a los sedimentos suspendidos.

2.13. Contaminación del Agua

La contaminación del agua probablemente empezó con la fundación de las primeras ciudades, hace 7,000 años, en las orillas de los ríos Tigris, Éufrates y el Indus. Las ciudades utilizaron las aguas de los ríos, lagos y mares como vertedores para diluir y dispersar residuos (Hammer, 1986).

Todos los desechos de la agricultura, industriales y domésticos afectan en cierta forma la vida normal de un río o lago. Cuando la influencia es suficiente para hacer al agua inaceptable para su mejor uso, se dice que está contaminada (Hammer, 1986).

Stoker y Seager (1981) mencionan que en términos estrictos contaminación es cualquier desviación de la pureza. Cuando se trata de contaminación ambiental, el término ha llegado a significar desviación a partir de un estado normal; en lugar de desviación a partir de uno puro. De acuerdo a lo anterior al usarse en el contexto de la contaminación del agua, significará un estado que en ninguna sustancia se halle presente en concentraciones suficientes para impedir que sea usada con los propósitos considerados como normales. Las áreas usuales de utilización incluyen:

- Recreación y estética.
- Suministro público de agua.
- Peces, otros organismos acuáticos y fauna silvestre.
- Agricultura y ganadería.
- Industria.

Entonces cualquier sustancia que impida el uso normal del agua debe considerarse como un contaminante de la misma. Parte de la complejidad del problema de la contaminación del agua nace de la gran variedad de usos normales de ésta. Un agua resulta apropiada para ciertos usos y se considera no contaminada para ellos, puede estar contaminada para otros. La contaminación del agua ocurre cuando una sustancia indeseable, dañina o anormal fluye a través de un cuerpo de agua excediendo la capacidad natural que tiene ésta para remover él o los materiales indeseables y convertirlos en formas no dañinas. En una escala global, la cantidad total de contaminantes no es problema; el problema es la capacidad del agua, en tiempo y lugar exacto para deshacerse de los contaminantes en forma natural (Nero y Sorensen, 1982).

2.14. Fuentes de Contaminación del Agua

Con el afán de clasificar de alguna manera el lugar de procedencia de lo que origina la contaminación del agua, algunos autores lo han denominado como fuente definida e indefinida de contaminación del agua.

La fuente definida se refiere a contaminantes descargados específica y directamente de afluentes; éstos pueden ser: tuberías de desecho de

fábricas, aguas residuales de ciudades o pueblos y otras como plantas de tratamientos de aguas negras que aunque remueven algunos contaminantes, dejan otros; minas subterráneas o abandonadas, molinos de papel y pulpa, plantas de empaque de carnes, procesadoras de alimentos y plantas de tratamiento de aguas de desecho. Por su parte la fuente indefinida de contaminación encierran a grandes áreas de tierras en las cuales descargan contaminantes en su superficie y después se percolan al agua subterránea, algunos ejemplos incluyen a la agricultura, ganadería establos, extracciones forestales y aplicaciones de químicos silvícolas; desechos urbanos y suburbanos, tanques o fosas sépticas, áreas de construcción, caminos, estacionamientos de autos y depósitos de ácidos: sin embargo la lluvia y el deshielo acarrearán nitrógeno y fosfatos en forma de fertilizantes provenientes de campos agrícolas (Miller, 2000). La contaminación derivada por esta última fuente es la más difícil de detectar y por ende de controlar, ya que se encuentra hasta cierto punto alejada de los cuerpos de agua.

2.15. Tipos de Contaminación; Efectos y su Relación con Algunas Actividades Humanas

La contaminación del agua proveniente de las actividades humanas comienzan con los primeros asentamientos y crece conforme lo hacen las poblaciones; a finales de 1800, cuando las ciudades comenzaron a crecer rápido en respuesta a la industrialización, los amontonamientos de basura y el estiércol en las calles, las fueron amontonando en las orillas de los ríos, la que al final terminó por caer a los cauces de éstos. En la ciudad de New York se construyeron plataformas especializadas para que los ciudadanos por sí mismos pudieran tirar la basura directamente al río; el paso siguiente fue en 1972, cuando el método que se sustituyó a los anteriores fue arrojar la basura a una corta distancia de la playa (Nero y Sorensen, 1982).

Uno de los principios de control empezó por razones de estética, es decir, cuando la basura terminaba flotando en el agua y después cuando se varaba, la descomposición anaeróbica de dichos contaminantes causaba mal olor y debido a la reducción del oxígeno en esas aguas, causaba la

muerte de los peces. Los procesos iniciales de tratamiento también fueron mediante la remoción directa de los sólidos varados. En algunos pueblos pequeños se crearon grandes fosas sépticas y el paso siguiente fue un sistema de tratamiento biológico a base de bacterias (Anderson, 1976).

2.16. Escasez del Agua

La irrigación es el principal usuario del agua, la producción de cultivos es el primer área que sufre cuando el suministro del agua es inadecuado. En la batalla por el agua, son las ciudades y no las zonas agrícolas las que usualmente ganan. La industria es la siguiente. Los suministros de agua para las necesidades domésticas son los últimos en ser reducidos.

Definir niveles en los cuales la escasez empieza y la abundancia termina es notoriamente difícil. Uno de los pocos científicos que intentó hacer eso fue la hidróloga Sueca Malin Falkenmark. Ha definido lo que llama cinco “intervalos de competición del agua”. Países que tienen 10,000 m³ de agua por persona por año o más tienen problemas de agua limitados; aquéllos con 1679-10,000 m³ tienen problemas generales; aquéllos con 1000-1679 m³ pueden ser considerados como “estrés de agua”; aquéllos con 500-1000 m³ sufren escasez crónica de agua; y aquéllos con menos de 500 m³ de agua por persona por año están por encima de lo que Falkenmark llama la “barrera de agua” (Jiménez, 2002).

De acuerdo a las estimaciones del Banco Mundial, más de 1000 millones de habitantes en el mundo no tienen acceso a suministro de agua apta para el consumo y 1700 habitantes carecen de saneamiento adecuado. Garantizar el suministro a esos millones de personas requerirá una inversión cinco veces superior a la que se destina a este fin actualmente, es decir unos 500,000 millones de dólares al año. El abastecimiento de agua urbano cuesta unos 105 dólares por persona y una media de 50 dólares en el medio rural, según la Organización Mundial de Salud (OMS, 2000).

En 1920, 20 países sufrían escasez de agua. En 1996 ya eran 26 (230 millones de personas), según la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1981). El número de países con

problemas de agua puede elevarse a 41 en el año 2020. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2006) calcula que de aquí al año 2027, aproximadamente un tercio de los habitantes del mundo sufrirá escasez de agua seria.

En México, según la CNA (2003), la disponibilidad natural base media (escurrimiento superficial virgen medio más recarga total media de acuíferos) en 1999 fue de 477,625 m³; la disponibilidad base media per cápita (escurrimiento superficial medio más recarga media de acuíferos) / 95.8 millones de habitantes en 1998 fue de 4,986 m³.habitante⁻¹.

El aumento de la población provocará que para el 2020 en México aumente la demanda de suministro de agua y por lo tanto el tratamiento hasta un 25 por ciento más, lo que requerirá una inversión aproximada de cuatro mil 300 millones de dólares, a lo que habría que sumar los gastos de operación al año calculados en 3 mil 190 millones de dólares.

En 1994, al menos 220 millones de ciudadanos urbanos quedaron sin acceso regular a la distribución del agua potable y casi el 90 por ciento de las aguas residuales de los países desarrollados continúan sin tratar. Además, la mitad del agua potable en los países desarrollados simplemente se pierde, a pesar de los elevados costos que suponen los procesos de potabilización (CNA, 2003).

2.17. Crisis de Escasez de Agua

Entre los especialistas en recursos hídricos, es cada vez más fuerte el convencimiento de que nos encontramos al inicio de una grave crisis de escasez de agua. Esta crisis tiene proporciones internacionales, abarcara regiones densamente pobladas (Biswas, 1992) y se manifiesta ya en algunas regiones del mundo, como en el medio Oriente o en el Suroeste de los Estados Unidos.

Esta carencia de agua puede ser para muchos países uno de los factores limitantes más severos para lograr un desarrollo sustentable y, en algunos casos, podría inclusive ocasionar conflictos entre naciones (Martínez, 1991).

Según Jiménez, (2002) desde principios 1980 los servicios de inteligencia de los Estados Unidos de América estimaron que habría 10 regiones en el mundo que podrían llegar a entrar en estado de guerra por causa de los recursos hídricos. Las cuentas internacionales potencialmente más conflictivas parecen ser la del río Jordán (que comparte Israel y Jordania, principalmente); el río Éufrates (cuyo origen está en Turquía, cruza Siria y es la principal fuente de recursos hidráulicos de Iraq) y el Nilo (del cual depende Egipto, pero que tiene su origen y cruza otros países del Norte de África).

Una característica importante de la crisis del agua es su naturaleza regional. En efecto, en muchos países del Hemisferio Norte, especialmente los más desarrollados, no se padece de una notable carencia del recurso. Ello ha ocasionado que muchos estudios prospectivos y programas globales, usualmente realizados por instituciones fuertemente influidas por los países del Norte, adolezcan de enfoques y propuestas que den la suficiente importancia a esta problemática (Martínez, 1991).

Por otra parte, el autor anterior considera que esta crisis de cantidad, está interactuando con otra no menos preocupante: la del deterioro de medio ambiente. Este deterioro afectará no solamente a la calidad del agua, sino que también a los cambios en los regímenes de precipitación y escurrimiento, como consecuencia del calentamiento global de la atmósfera, será un factor que en algunas regiones afectará la cantidad de agua disponible.

El mismo autor considera que la disponibilidad de agua que se encuentra tan interrelacionada con los cambios del medio ambiente y la contaminación, que es imposible cualquier análisis del uso eficiente del agua sin referirse, como un aspecto esencial, a la conservación del medio.

2.18. Desarrollo Sustentable y Uso Eficiente del Agua

Martínez (1991) considera que el desarrollo económico y social desafortunadamente parece en el modelo tecnológico actual contraponerse con la conservación del medio ambiente. Los países del tercer mundo, sin

embargo, no puede resignarse al subdesarrollo y la pobreza. De esta contradicción, en búsqueda de una solución, ha emergido un nuevo concepto, que aun de ser convertido en realidad, pero debe dirigir cualquier discusión sobre el aprovechamiento de los recursos naturales: el desarrollo sostenible.

Para tener en perspectiva la importancia del desarrollo sostenible como concepto central, basta mencionar el primer principio de la Declaración del Río (Organización de la Naciones Unidas – ONU, 1992) enuncia que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. La misma declaración, en su cuarto principio enuncia que a fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá construir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

2.18.1. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

La gestión de los recursos hídricos es una actividad central para la humanidad, la salud social, la economía y el bienestar político de cualquier región o país. La escasez de agua que se preveé para los próximos años, producto de la creciente demanda del recurso, debido al crecimiento de la población, cambios en los patrones de consumo, la contaminación y la falta de controles ambientales, ha contribuido a poner el tema de conservación y gestión del recurso alto en la agenda política internacional. Para prevenir una degradación continua de los recursos hídricos, se ha prevenido una estrategia holística, conocida como Gestión Integrada de los Recursos Hídricos – GIRH. La gestión y el desarrollo integral de los recursos hídricos buscan asegurar un uso óptimo y sostenible del agua para el desarrollo económico y social, mientras se protege y mejora el valor ecológico del ambiente (Cardona, 2007).

2.18.2. Incremento Directo de la Demanda

El incremento de la población y de su bienestar ha aumentado el consumo de agua en alrededor de 500 km³ por año a alrededor de 4500

hacia 1990. La población mundial ha crecido en el siglo XX alrededor de 1500 millones hacia 1900, a más de 5000 millones en la actualidad. De mantenerse las tasas actuales de crecimiento, este número continuara aumentando, duplicándose la población cada vez con mayor rapidez (Biswas, 1992).

Debido a que no se separan disminuciones notables en las tasas de natalidad en los próximos años, son de esperarse demandas de crecientes de agua para la producción de alimentos en todo el mundo, esencialmente en los países pobres, que registran las mayores tasas de crecimiento poblacional (Martínez, 1991).

2.18.3. Mayor Competencia del Recurso

El autor anterior considera que con el incremento de los niveles de vida en muchos países, la migración a las ciudades, así como por la industrialización, se espera que para fines del siglo el consumo de agua de las ciudades se eleve a cifras de alrededor de 30 por ciento del total, aun considerando que las extracciones continúan aumentando.

La zona metropolitana de la ciudad de México, una de las más grandes del mundo, consume alrededor de $62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. De ellos, el 30 por ciento se abastece de agua superficial y el resto de extracciones del acuífero, que se sobreexplota (Martínez, 1991).

2.19.- Factores que Afectan la Oferta de Agua

2.19.1. Agotamiento de Fuentes

La sobreexplotación de numerosos acuíferos, en los que se localizan la mayor cantidad de agua dulce de los continentes (alrededor del 22 por ciento, contra 0.04 por ciento en los ríos) los ha llevado a elevados niveles de agotamiento. En algunos de ellos niveles freáticos han descendido a profundidades que los hacen no explotables económicamente para la agricultura (Martínez, 1991).

2.19.2. Contaminación

La contaminación ha de ser vista, según Martínez (1991) como uno de los mayores consumidores de agua, puesto que una vez contaminada, no puede ser rehusada sin tratamiento, por lo que naturalmente incrementa su costo. Desafortunadamente, como hace notar Biswas (1992), los sistemas de monitoreo de calidad de agua son insuficientes y no consideran muchos elementos contaminadores. Así, no se podrá tener en las próximas décadas una idea precisa de la cantidad, extensión y efectos en la agricultura de la contaminación de corrientes y acuíferos.

2.19.3. Cambio Climático

El calentamiento global, que ha atraído la atención de la opinión pública a raíz de las deliberaciones al respecto en Río de Janeiro (ONU, 1992) consiste en el incremento de la temperatura anual, en algunos grados centígrados, del planeta a nivel global (Martínez, 1991).

2.20. Usos del Agua Municipal

Para Martínez (1991) los usos del agua municipal son los siguientes:

- a) Áreas Residenciales. En los hogares el agua se utiliza en el interior de regaderas y retretes; en el exterior se usa para regar el césped y lavar los carros principalmente.
- b) Uso Comercial. El agua para usos sanitarios varía dependiendo del tipo de actividad, ya que no es lo mismo una oficina comparado con un restaurante.
- c) Instalaciones Institucionales. Cantidad de agua que se usa en los hospitales, escuelas, casas de descanso, prisiones, etc. Usualmente se basa en el tamaño de la instalación y el tipo de función. Por ejemplo: estudiantes/camas.
- d) Instalaciones Recreativas. Tales como albercas, boleras, campos, centros turísticos y clubes que realizan gran actividad de funciones que involucran agua.

2.21. Uso Eficiente del Agua en Ciudades e Industrias

La preocupación por usar mejor el agua en ciudades no es nueva, en 1890 Thomas Crapper construyó en Inglaterra el primer excusado de bajo consumo para reducir el problema de la contaminación provocada por las aguas residuales (Arreguín, 1991).

Los principales problemas de abastecimiento que afrontan 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 ocurren grandes porcentajes de fugas, se utilizan tecnologías derrochadas de agua, no se reusa este recurso, los sistemas de facturación y cobranzas son deficientes, las tarifas por el servicio frecuentemente no cubren los costos del suministro y existe poca conciencia ciudadana (Arreguín, 1991).

En épocas recientes, se empezaron a conjuntar acciones de uso eficiente hasta constituirse en verdaderos programas. Esto se manifestó como tales a principios de los 70 en el ámbito urbano, cuando grandes sequías azotaron el Suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica. En un principio fueron programas emergentes, pero su eficiencia y la creciente escasez de agua los han convertido en programas de mediano y largo plazos (Dunne y Leopold, 1978). En México, el Departamento del Distrito Federal – DDF (1990), implantó su programa de uso eficiente del agua en 1984.

2.22. Uso Eficiente en las Ciudades

En una ciudad, en promedio se consume el 71 por ciento de la producción total de agua en las casas habitación, el 12 por ciento en la industria, el 15 por ciento en el comercio y el 2 por ciento en el sector de servicios. Las técnicas de uso eficientes en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación y comunicación y educación (Arreguín, 1991).

2.22.1. Medición

Arreguín (1991) conceptualiza que la medición en las ciudades es necesaria en dos niveles: macro y micro. La macromedición se refiere a la cuantificación de los caudales captados, conducidos y distribuidos. Esta actividad es fundamental para la planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de los operadores de agua potable y alcantarillado. La micromedición tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua. En el cuadro 4 se presentan algunas técnicas del agua en el medio municipal (Grisham y Flemming, 1989).

Cuadro 4. Técnicas de Uso Eficiente del Agua en el Medio Municipal, (Grisham y Flemming, 1989).

<i>Técnica</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Reducción del consumo</i>
Medición.	-Fácil de implantar. -Mayor potencial de ahorros.	-Altos costo de capital -Requieren cambios en la estructura tarifaria.	25 % en áreas que no tienen medición.
Reparación de fugas.	-Reduce el agua no contabilizada.	-Los costos pueden sobrepasar los del agua ahorrada.	9 % aproximadamente.
Tarifas.	-Pueden inducir fuertemente al ahorro.	-Objeción de los usuarios. -Requiere estructuras bien diseñadas para ser efectivas.	10 %.

Cuadro 4..... Continuación.

Dispositivos ahorradores .	-Baratos. -Ahorros rápidos.	- Requiere la cooperación del usuario.	Al menos 10 % del consumo residencial.
Reglamentación.	-Gran potencial de ahorro. -Reduce aguas residuales.	- Posible resistencia de constructores.	Sobre un 10 por ciento del uso residencial.
Restricciones al uso residencial.	-Efectivo en los exteriores de las casas, especialmente en sequías.	-Requiere la cooperación del usuario. -Difícil de establecer.	10 a 20 % del uso residencial.
Reuso de jardines eficientes	-Ahorros significativos. -Bajo mantenimiento de las plantas nativas.	-Baja aceptación de usuarios. -Preferencia de los usuarios por determinadas plantas nativas. -Puede no haber disponibilidad de plantas nativas.	25 por ciento del uso residencial.
Educación.	-Puede cambiar malos hábitos. -Resultados a largo plazo. -Promueve la participación voluntaria.	- Requiere un esfuerzo muy bien planeado y coordinado.	5 %.

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Ochoa, et al. 1990), se hizo un estudio para evaluar el impacto de la micromedición en los usuarios. Primero se colocaron medidores ocultos y se midió el consumo de tres sectores socioeconómicamente diferentes, después se colocó el medidor en forma visible a los mismos usuarios y se midió el consumo respectivo.

Los mismos autores encontraron que las clases socioeconómicamente alta y baja son poco sensibles a la medición, pero que la clase media redujo sus consumos en un 50 por ciento. En total de la reducción del consumo fue del 25 por ciento.

2.22.2. Reglamentación

En general, los reglamentos para hacer más eficiente el uso del agua son de tipo restrictivo y tienen efecto en el ahorro del líquido; pueden ser de mediano o largo plazos o aplicables sólo durante las época de escasez; normalmente éstos últimos requieren de una vigilancia muy estricta y, por lo tanto, se recomienda que se apliquen sólo cuando sea realmente necesario (Arreguín, 1991).

En México, existe el Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal (Diario Oficial de la Federación – DOF, 1990), que en su título segundo, capítulo tercero, trata sobre el uso responsable, racional y eficiente del agua. Algunos aspectos relevantes señalados en los artículos correspondientes se refiere a que los usuarios deberán mantener un buen estado de sus instalaciones hidráulicas interiores, a fin de evitar el desperdicio; los excusados tendrán una descarga mínima de seis litros en cada servicio, las regaderas un gasto de 10 l.m¹ y los mingitorios de cuatro litros por descarga. Se menciona además, la obligación de participar en el programa de sustitución de excusados (Arreguín, 1991).

También se señala que en las albercas de cualquier volumen, deberán contar con equipos de filtración, purificación y recirculación del agua y se prohíbe el uso de la manguera para el lavado de vehículos automotores y de la vía pública, entre otros. En algunos estados de la República Mexicana existen también reglamentos relativos al uso eficiente del agua, y actualmente se está promoviendo que se establezcan en todo el país (Arreguín, 1991).

2.22.3. Uso Eficiente en las Casas

Arreguín (1991) señala que los usos del agua pueden clasificarse en interiores y exteriores. En aquéllos domicilios que cuentan con jardines puede llegar a utilizarse 50 por ciento del agua en cada tipo de uso.

2.22.3.1. Usos Interiores

En una casa habitación puede utilizarse de un 30 - 35 por ciento del consumo interior en los excusados; un 30 por ciento en las regaderas, un 20 por ciento en las lavadoras de ropa, entre 3 y 10 por ciento en las llaves de fregadero y lavabos y un 5 por ciento en las lavadoras de trastos.

- Excusados de bajo consumo
- Regaderas
- Llaves de lavabos y fregaderos
- Lavadoras
- Lavadoras de platos
- Detección de fugas intradomiciliarias

2.22.3.2. Uso Exteriores

- Riego de Jardines
- Plantas nativas de la región
- Lavado de automóviles
- Albercas

2.23. Uso Percápita del Agua

De acuerdo a los informes del UNICEF (2000), cita lo siguiente:

El 50 por ciento de la proporción de la población del mundo en desarrollo que carece de acceso a instalaciones básicas de saneamiento - un total de 2,600 millones de personas.

1.100 millones es el número de personas en todo el mundo que carece de acceso a fuentes mejoradas de agua.

4.000 es el número de menores de cinco años que mueren todos los días solamente a causa de las enfermedades diarreicas.

4 veces es la quinta parte más rica de la población en los países en desarrollo tiene cuatro veces más posibilidades de utilizar instalaciones mejoradas de saneamiento que la quinta parte más pobre de la población (y el doble de posibilidades de utilizar fuentes de agua mejoradas).

El 44 por ciento de mujeres en las zonas rurales de África que emplean 30 minutos o más para recolectar un sólo cubo de agua con el fin de satisfacer las necesidades de sus familias.

400 millones es el número de escolares que sufren una disminución de su capacidad de aprendizaje debido a infecciones de parásitos intestinales.

Cientos de millones es el número de personas con fuentes de agua para beber contaminadas debido a contaminantes microbiológicos o químicos.

Una persona que vive en una ciudad utiliza en promedio 250 litros de agua al día:

- En la ducha 100 litros
- En la descarga del baño 50 litros
- En el lavado de ropa 30 litros
- En el lavado de loza 27 litros
- En el jardín 18 litros
- En lavar y cocinar alimentos 15 litros
- Otros usos (lavarse las manos) 10 litros

2.24. Principales Enfermedades Causadas por el Agua

([http://www.agua.org.mx/content/section/9/31/.](http://www.agua.org.mx/content/section/9/31/))

Las enfermedades relacionadas con el agua son una tragedia humana que cada año causa la muerte a más de 5 millones de personas: 10 veces más que las víctimas de guerra.

Aproximadamente 2,300 millones de personas padecen enfermedades relacionadas con el agua. Un 60 por ciento de la mortalidad infantil mundial es causado por enfermedades infecciosas y parasitarias, la mayoría relacionadas con el agua.

2.24.1. Enfermedades Transmitidas por el Agua

Son aquellas enfermedades causadas por el agua contaminada por desechos humanos, animales o químicos. Las enfermedades transmitidas por el agua son, entre otras, *el cólera, la fiebre tifoidea, la shigella, la poliometitis, la meningitis, la hepatitis A y E y la diarrea*. Son enfermedades producidas por aguas residuales. La mayoría se puede prevenir si se trata el agua antes de usarla.

Diarrea. Cada día mueren en el mundo unas 6,000 personas a causa de la diarrea, sobre todo niños menores de cinco años. En 2001 murieron 1.96 millones de personas por diarrea infecciosa; 1.3 millones eran niños menores de cinco años. La diarrea ha provocado la muerte de más niños en los últimos diez años que todos los conflictos armados que han ocurrido desde la Segunda Guerra Mundial. Entre 1 y 2 millones de las muertes producidas por diarrea pueden atribuirse al factor de riesgo 'agua, sanidad e higiene. 90 por ciento de estas muertes corresponde a niños menores de cinco años. En China, India e Indonesia, mueren dos veces más personas de diarrea que del virus del sida. Con simples medidas de higiene, como lavarse las manos después de ir al baño o antes de preparar la comida, se evitaría la mayor parte de estas muertes.

2.24.2. Enfermedades con Base en el Agua

Son aquellas enfermedades causadas por organismos acuáticos que pasan una parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Las enfermedades con base en el agua incluyen el *gusano de Guinea, la paragonimiasis, la clonorquiasis y la esquistosomiasis*. Las causantes de estas enfermedades son una variedad de *gusanos trematodos, tenias, lombrices intestinales y nematodos del tejido*, denominados colectivamente *helminos*, que infectan al hombre. Aunque estas enfermedades no suelen ser mortales, impiden a las personas llevar una vida normal y merman su capacidad para trabajar.

El predominio de enfermedades con base en el agua suele aumentar cuando se construyen presas, pues el agua estancada tras las presas es

ideal para los caracoles, huéspedes intermediarios de muchos tipos de gusanos. Por ejemplo, la Presa de Akosombo, en el Lago Volta, Ghana, y la Alta Presa de Asuán, en el Nilo, Egipto, han contribuido al enorme incremento de la esquistosomiasis en estas zonas.

Esquistosomiasis (bilharziasis). De los 200 millones de personas en el mundo infectadas por el gusano que causa la *esquistosomiasis*, unos 20 millones sufren graves consecuencias. Todavía se encuentra la enfermedad en 74 países. Los estudios muestran que la enfermedad ha disminuido 77 por ciento en algunas zonas en las que se ha suministrado agua de mejor calidad y se ha dado acceso a la sanidad. 88 millones de niños menores de quince años se infectan cada año con la *esquistosomiasis*. 80 por ciento de las transmisiones ocurren en África Subsahariana.

2.24.3. Enfermedades de Origen Vectorial Relacionadas con el Agua

Son aquellas enfermedades transmitidas por vectores, como los *mosquitos* y las *moscas tsetsé*, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Millones de personas padecen infecciones transmitidas por estos vectores, que infectan al hombre con *malaria*, *fiebre amarilla*, *dengues*, *enfermedad del sueño* y *filariasis*. La *malaria*, la enfermedad más extendida, es endémica en 100 países en vías desarrollo y pone en riesgo la vida de unos 2,000 millones de personas. Sólo en África Subsahariana, se estima que el coste anual de la *malaria* es de 1,700 millones de dólares en tratamientos y pérdida de productividad.

La incidencia de estas enfermedades parece estar aumentando. Hay muchas razones para ello: la gente está desarrollando resistencia a los medicamentos que ayudan a combatir la *malaria*; los *mosquitos* están desarrollando resistencia al DDT, el insecticida de mayor uso; los cambios ambientales están creando nuevos lugares de cría. Por otra parte la migración, el cambio climático y la creación de nuevos hábitats provocan que menos personas desarrollen una inmunidad natural a estas enfermedades.

2.24.4. Enfermedades Vinculadas a la Escasez de Agua

Estas enfermedades, que incluyen el tracoma y la tuberculosis, se propagan en condiciones de escasez de agua dulce y sanidad deficiente. Para abastecer a los 5,000 millones más de habitantes que se estima que vivirán en el planeta en el año 2050, hace falta ofrecer sistemas de alcantarillado para los 383,000 nuevos consumidores diarios. Estas enfermedades avanzan sin parar. Sin embargo, pueden controlarse fácilmente con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable.

2.25. pH

La expresión usual para medir la concentración del ión de hidrógeno en una solución está en términos del pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración de un ion de hidrógeno (Seoanez, 2003). El intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre PH 5 y 9.

Este parámetro nos indica la acidez o alcalinidad del agua, el cual no tiene influencia directa en el suelo o en el mismo cultivo, como menciona Shainberg y Oster (1978).

El pH del agua potable debe estar entre 6,5 y 8,5. Los controles sobre el agua potable suelen ser más severos que los controles aplicados sobre las aguas minerales embotelladas.

2.26. El Agua y el pH

El pH del agua de un mismo sitio puede variar por influencia de la temperatura y/o por la época del año. Otros factores que influyen en el pH del agua es el contenido de sales y minerales como hierro, magnesio y calcio entre otros. El cambio en pH es usualmente hacia una condición alcalina.

2.27. Acidez, Alcalinidad y pH

La acidez de un agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas (H^+) presentes en esa agua, expresadas como partes por millón de carbonato de calcio equivalente. Ya se ha demostrado que en un equivalente ácido es igual a un equivalente de una base (OH^-). Por lo tanto, no importa si el resultado se expresa como ácido o como base y, por conveniencia, la acidez se reporta como el $CaCO_3$ equivalente, debido a que en muchas ocasiones no se sabe con exactitud que ácidos están presentes.

La alcalinidad es una medida de la cantidad total de sustancias alcalinas (OH^-) presentes en el agua, y se expresa como partes por millón de $CaCO_3$ equivalente. También se hace así porque puede desconocerse cuáles son los álcalis presentes, pero estos son, al menos, equivalentes al $CaCO_3$ que se reporte.

La actividad de un ácido o un álcali se mide mediante el valor del pH. En consecuencia, cuando más activo sea un ácido, menor será el pH, y cuando más activo sea un álcali, mayor será el pH (FAO 1981).

2.28. Bases o Álcalis

Son compuestos que se ionizan en el agua produciendo iones hidroxilo (OH^-). Similarmente a los ácidos, las bases se ionizan en diferentes grados. Las bases “fuertes”, como el hidróxido de sodio y el hidróxido de calcio, se ionizan en alto grado, mientras que las bases “débiles” se ionizan parcialmente (FAO 1981).

Como los ácidos, se clasifican según se produzca uno, dos o tres iones de hidroxilo, por cada molécula de la base:

Por ejemplo: Un hidróxido monobásico es: $NaOH \rightleftharpoons OH^- + Na^+$

Un hidróxido bibásico es: $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons 2OH^- + Ca^{++}$

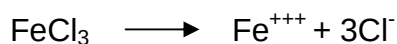
Un hidróxido tribásico es: $Al(OH)_3 \rightleftharpoons 3OH^- + Al^{+++}$

2.29. Ionización

(FAO 1981), cuando los productos químicos están disueltos en agua, prevalecen condiciones algo diferentes. Podría considerarse que las moléculas de agua se introducen entre los átomos que constituyen las moléculas del producto químico. La fuerza que mantiene a los átomos unidos entre sí es eléctrica. Si son separados por las moléculas de agua, entonces cada átomo tiene una carga eléctrica. Este desmembramiento de las moléculas en átomos cargados, cuando se disuelven en agua, se conoce como ionización. A los átomos cargados se les llama iones. El cloruro de sodio, cuando se disuelve, se ioniza dando iones de sodio y de cloro:



Los iones deben ser carga igual y opuesta, o la solución tendría una carga, lo cual no es cierto. Cuando una sal, como el cloruro férrico, el ion férrico debe tener tres cargas positivas que contrarresten las cargas negativas de los tres iones de cloro:



2.30. Alcalinidad

Definimos alcalinidad como la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Esta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No obstante, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad de estar también presentes. Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados o pareados con iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes. El bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad. Dicha especie iónica y el hidróxido son particularmente importantes cuando hay gran actividad fotosintética de algas o cuando hay descargas industriales en un cuerpo de agua.

La alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa.

Dicha correlación se debe en parte a que la disponibilidad del carbono es mayor en lagos alcalinos y también al hecho de que las rocas sedimentarias que contienen carbonatos, a menudo contienen también concentraciones relativamente altas de nitrógeno y fósforo (en comparación con el granito, otras rocas ígneas y regiones donde el lecho rocoso ha sido desgastado y lavado, los cuales generalmente contienen bajas concentraciones de estos dos nutrientes limitantes y del CaCO_3) (Alcántara, 1995).

2.31. Calcio y Magnesio

El calcio y magnesio son los principales contaminantes que forman incrustaciones en la mayoría de los abastecimientos de agua cruda. Casi todos los métodos de tratamiento de agua para calderas tienen como objeto el evitar o reducir la formación de los depósitos de calcio y magnesio. El carbonato de calcio es uno de los principales constituyentes de los depósitos de los sistemas de precalentamiento. Las sales de magnesio, tales como el silicato de magnesio y el hidróxido de magnesio, generalmente forman depósitos suaves y lodo. Estos depósitos, entre otros que provienen de la dureza, interfieren gravemente en la transferencia de calor y reducen la eficiencia. Si no se evitan o eliminan a intervalos apropiados, se producen fallas frecuentes en la tubería.

Tradicionalmente la dureza se clasificó en dos tipos: dureza temporal y dureza permanente, la proporción de la dureza que desaparece al hervir el agua, se denomina dureza temporal y esencialmente se compone de bicarbonatos de calcio y magnesio que se precipitan como carbonatos debido a la pérdida de bióxido de carbono durante el calentamiento. La dureza que queda después de la ebullición se le denomina de tipo

permanente e incluye sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio. La mayoría de los métodos analíticos no establecen diferencias entre las clasificaciones de dureza antes citadas, si no que se limitan a determinar el total de la dureza (Alcántara, 1995).

2.32. Método Potenciómetro

Consultado en: <http://www.monografias.com/trabajos74/metodos-potenciometricos/metodos-potenciometricos.shtml>.

Los métodos potenciométricos se basan en la medición del potencial en una celda electroquímica sin paso de corriente apreciable. En base a ello, se puede utilizar la potenciometría para determinar puntos finales de valoraciones. Más recientemente, las concentraciones iónicas selectivas se miden a través del uso de electrodos de membrana diseñados específicamente.

Esta técnica es usada ampliamente. Ofrece varias ventajas por encima del resto de los métodos analíticos. Los electrodos están considerablemente libres de interferencias, es más económico rápido y seguro. Por ello, en los últimos tiempos estos métodos han prácticamente desplazado a los demás en muchos tipos de estudios.

También resultan muy útiles en la determinación de las constantes fundamentales de reacciones químicas, como las constantes de equilibrio. Fundamentalmente, el método se basa en la disposición de dos electrodos, uno de referencia y uno indicador, y un dispositivo de medida de potencial. Estos al trabajar en conjunto pueden realizar una medida ajustada del potencial de una celda con respecto a un valor de referencia. Esta información está íntimamente ligada a la concentración de las especies iónicas en la solución por medio de la ecuación de Nernst.

Entre las aplicaciones más comunes de la potenciometría están los estudios de contaminantes en las aguas urbanas, la caracterización físico química de productos de consumo humano, titulaciones potenciométricas, etc.

2.33. Turbidez

Se entiende por turbidez a la falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el líquido, generalmente se hace referencia al agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad (<http://es.wikipedia.org/wiki/Turbidez>).

2.33.1. Efectos de Una Alta Turbidez en el Agua

Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente, mientras que se favorece la multiplicación de otros.

Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar la concentración de oxígeno más aún.

Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los lagos poco profundos se colmatan más rápido, los huevos de peces y las larvas de los insectos son cubiertas y sofocadas, las agallas de los peces se tupen o dañan.

El principal impacto de una alta turbidez es meramente estético: a nadie le gusta el aspecto del agua sucia. Pero además, es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que desea ser bebida. Esto añade costos extra para el tratamiento de las aguas superficiales. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

2.34. Aspectos Físicos, Químicos y Biológicos del Agua Potable

Consultado en:

<http://books.google.com.mx/books?id=X9QgncMbnsYC&pg=PA4&dq=aspectos+fisicos,+quimicos+del+agua+potable#v=onepage&q=&f=false>.

2.34.1. Aspectos Físicos – Químicos

Turbiedad. Los niveles elevados de turbiedad pueden proteger a los microorganismos contra los efectos de la desinfección, estimular el crecimiento de las bacterias y ejercer una demanda significativa de cloro. Por lo tanto, en todos los procesos en los que se utiliza la desinfección, la turbiedad siempre debe ser baja, de preferencia por debajo de 1 UNT, para conseguir una desinfección efectiva. El valor guía recomendado es de 5 UNT o 5 UJT, pero es posible que el nivel será menor a 1 UNT cuando se utiliza la desinfección. La turbiedad por encima de 5 UNT (5 UJT) puede ser perceptible y, en consecuencia, generar reparos por parte del consumidor.

Color. El color en el agua potable puede deberse a la materia orgánica de color, por ejemplo, sustancias húmicas, metales como el hierro y el manganeso, o residuos industriales fuertemente coloreados. La experiencia ha demostrado que los consumidores pueden acudir a fuentes alternativas, quizás inseguras, cuando su agua muestra a la vista niveles de color desagradables. Por lo tanto, se recomienda que el agua potable sea incolora. El valor guía es de 15 unidades de color verdadero (UCV). Los niveles de color por encima de UCV pueden ser detectados en un vaso de agua por la mayoría de las personas.

Sabor y Olor. El olor del agua potable debe ser principalmente a la presencia de sustancias orgánicas. Algunos olores indican un incremento en la actividad biológica, otros pueden tener su origen en la contaminación industrial. Las inspecciones sanitarias siempre deben incluir investigaciones sobre fuentes de olor, posibles o reales, e invariablemente se debe intentar corregir los problemas de este tipo. La percepción combinada con sustancias detectadas por los sentidos del gusto y del olfato se conoce generalmente con el nombre de “sabor” en los abastecimientos de agua constituyen la

causa del mayor grupo de quejas de los consumidores. Por lo general, las papilas gustativas de la cavidad bucal detectan específicamente compuestos inorgánicos de metales como el magnesio, calcio, sodio, cobre, hierro y zinc.

Las alteraciones del sabor normal del agua de un abastecimiento público pueden construir un indicio de cambios en la calidad de la fuente de agua natural o de deficiencias en el proceso de tratamiento.

Como el agua debe de estar libre de olores y sabores desagradables para la mayoría de los consumidores, el criterio guía se define en términos de “no desagradable para la mayoría de los consumidores”.

2.34.2. Aspectos Microbiológicos

Idealmente, el agua potable no debe contener ningún microorganismo considerado patógeno. De igual manera debe de estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Para asegurarse de que un abastecimiento satisfaga ciertas normas, el primer indicador bacteriano que se recomienda para este propósito, es el grupo de organismos coliformes en conjunto (o grupo coliforme). Aunque considerados como grupo estos organismos no son exclusivamente de origen fecal, ellos están siempre presentes en las heces fecales del hombre y de otros animales de sangre caliente, por lo que puede ser detectados aun después de considerable dilución. La detección de organismos coliformes fecales (termoresistentes) en particular de *Escherichia coli*, brinda una evidencia definitiva de contaminación fecal.

Se ha demostrado que la cloración puede convertir agua de fuentes de contaminación fecal en agua libre de virus, siempre que la concentración de cloro libre residual sea por lo menos de 0.5 mg.l⁻¹ durante un periodo de contacto mínimo de 30 minutos a un pH menor de 8.0y con una turbiedad equivalente a 1 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT) o menos. También es conveniente mantener de color libre residual de 0.2 a 0.5 mg.l⁻¹ en el sistema de distribución para reducir el riesgo de una reactivación microbiana.

Si se detectan densidades de coliformes totales superiores a 6 organismos por 100 ml, se debe incrementar inmediatamente la cantidad de

desinfectante aplicado para obtener un nivel de cloro libre residual de 0.2 a 0.5 mg.l⁻¹ en todas las partes del sistema de distribución. El cloro es el desinfectante preeminente debido a su fácil disponibilidad con la que se puede usar, controlar y medir en el agua.

2.35. Antecedentes sobre el Agua Potable para Uso y Consumo Humano

Los patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema por el agua, un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (Murguía, 1982).

El agua de calidad para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, retrosifonaje, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos contra incendios dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad (OMS, 1995). Así mismo defectos en la construcción o en las estructuras de pozos, depósitos, ausencia o irregular mantenimiento de dichas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos desde distintas fuentes. Además existen factores secundarios que permiten el crecimiento de microorganismos en el agua dentro de los sistemas de distribución y almacenamiento como: cantidad y tipo de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH, concentración de desinfectante y material de las tuberías (Galarraga, 1984).

El grupo coliforme abarca los géneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*. Cuatro de estos géneros (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*) se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos) no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo para la salud (Catalán, 1972). Las bacterias coliformes, no deben de estar presentes en sistemas de abastecimiento,

almacenamiento y distribución de agua y si así ocurriese, ello es indicio de el tratamiento fue inadecuado o que se produjo contaminación posterior.

Los Estreptococos fecales rara vez se multiplican en agua contaminada y son más persistentes que *E. coli* y las bacterias coliformes. Además los estreptococos son muy resistentes al secado y pueden ser utilizados para realizar controles sistemáticos después de la colocación de nuevas tuberías maestras o la reparación de los sistemas de distribución, así como para detectar la contaminación de aguas subterráneas o superficiales (OMS, 1995).

2.36. Bacterias que Indican la Contaminación del Agua

Mencionan Fair, et al. (1971) que las bacterias del grupo coliformes son los organismos indicadores preferidos para determinar la contaminación del agua, por tener estas bacterias su hábitat primario en el conducto intestinal de los seres humanos y por su posible presencia consecuente de los parásitos intestinales o de los patógenos.

Cita Carpenter (1977) que dentro del grupo de bacterias coliformes se encuentra la *Escherichia coli*, siendo la principal de este grupo además de otras bacterias que se asemejan morfológicamente y fisiológicamente. Agrega este autor que las bacterias coliformes son bacilos cortos, gramnegativos, que fermentan la lactosa y forman ácido y gas. Son anaerobios facultativos y se multiplican a mayor rapidez a temperaturas entre 30 y 37 °C.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y Fecha de Establecimiento

El presente estudio se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en los laboratorios de apoyo a la investigación en el Departamento de Ciencias Básicas de la misma universidad que se ubica en el poblado de Buenavista, Saltillo Coah. a 6 km al Sur de la ciudad, sus coordenadas geográficas se ubican entre los 25° 25' Latitud Norte y 100° 59' Longitud Oeste a una altura de 1742 msnm. Las precipitaciones medias anuales son de los 300 y 400 mm; temperatura media anual es de 20 °C, en épocas frías las temperaturas alcanzan hasta - 10 °C y con temperaturas máximas en épocas calientes de 37 °C (CNA, 2009).

Las tomas de muestras de agua se hicieron en la ciudad de Saltillo Coah. México; la que se localiza en región. Sus coordenadas geográficas son al Norte 29°53', al Sur 24°32' de Latitud Nor te; al Este 99°51', al Oeste 103°58' de Longitud Oeste. A una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar.

Limita al Norte con los municipios de Ramos Arizpe, Arteaga y General Cepeda; al Sur con los estados de Nuevo León y Zacatecas, al Oeste con el estado de Zacatecas y los municipios de Parras y General Cepeda; al Este con el municipio de Arteaga y el estado de Nuevo León.

La primera muestra se encuentra localizada en el centro de la ciudad de Saltillo en la calle Murguía, entre Muzquíz y Álvarez, siendo la fecha de muestreo el 9/agosto/2009.

El segundo lugar de muestreo está localizado en la calle Pérez Treviño, entre Guillermo Purcell y Calzada Emilio Carranza, siendo la fecha de muestreo el 9/agosto/2009.

El tercer punto de muestreo se efectuó en la colonia Lomas de Lourdes sobre la Calle Paseo de los Correcaminos 1231-,1 siendo la fecha de muestreo el 5/agosto/2009.

3.2. Materiales y Equipos Requeridos

Phenolphthalein indicator Merck, anaranjado de metilo Analit, Química Dinámica S.A. de C.V., ácido clorhídrico concentrado CTR Scientific, sal disódica del ácido etilendiamintetraacético $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ CTR Scientific, hidróxido de amonio NH_4OH CTR Scientific, cloruro de amonio (gránulos) NH_4Cl Productos Químicos Monterrey S.A., eriocromo negro T CTR Scientific, azul de hidroxinaftol A.C.S. Jalmek Científica S.A. de C.V., caldo verde brillante bilis al 2 por ciento BD Bioxon, hidróxido de potasio KOH (lenteja) CTR Scientific, botes de plástico de 2 L de taparosca, botes de plástico y de vidrio con tapa esterilizados de 50 mL, potenciómetro Russell RL060P portable pH meter Thermo Electron Corporation, electrodo de pH Thermo Electron Corporation, soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 buffer solution color coded CTR Scientific, estufa FELISA.

3.3. Metodología

3.3.1. Preparación de Envases para Toma de Muestras

* Para análisis bacteriológico.

Los frascos se esterilizaron en una olla de presión a 120 °C durante 15 minutos.

* Para análisis físico-químico.

Los envases se lavaron perfectamente y se enjuagaron con agua destilada previamente antes de efectuar el muestreo.

3.3.2. Procedimiento para Toma de Muestra

* Para análisis bacteriológico.

El muestreo de agua para análisis bacteriológico se tomó en frascos de boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada esterilizados, o frascos de

polipropileno esterilizados. La muestra de agua se tomó directamente del grifo de la red de distribución de agua potable, este no presentaba ninguna fuga, así se pudo hacer un muestreo seguro y así evitamos que la muestra se contaminara.

El agua se dejó correr aproximadamente durante 3 minutos, cerca del orificio de salida se quitó el tapón del frasco y se procedió a llenar el frasco, se dejó espacio libre aproximadamente el 10 por ciento de volumen del frasco, para una agitación de la muestra previa al análisis. Después de la toma de muestra se colocó el tapón cerrándolos herméticamente y conservándolos a una temperatura de 4°C y en la oscuridad durante menos de 6 horas antes de su análisis de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-014-SSA1-1993) "procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados".

* Para análisis físico-químico.

Las muestras de agua para análisis de dureza se tomaron en botes de plástico de 2 litros dejándose correr el agua aproximadamente por 3 minutos. El muestreo se realizó cuidadosamente, evitando que se contaminaran el tapón, boca e interior del envase; se enjuagó el envase dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra. Los envases no se llenaron a su totalidad, dejando aproximadamente un 10 por ciento vacío, cerrándolos herméticamente y conservándolos a 4 ° C y en la oscuridad durante menos de 24 horas antes de su análisis de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-014-SSA1-1993) "procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados".

3.3.3. Procedimiento para la Identificación de Toma de Muestras

Para la identificación de toma de muestreo los botes de plástico se marcaron con una etiqueta adherible e impermeable con un marcador a

prueba de agua y lápiz, anotando la fecha, la hora, el lugar de muestreo, la persona quien lo realizó y los parámetros que se quieren analizar.

3.3.4. Procedimiento para el Análisis en el Laboratorio

** Para análisis bacteriológico.*

➤ Pasos para la detección de coliformes.

1. Preparación del medio: Se disolvieron 40 gr del polvo de caldo verde brillante bilis al 2 por ciento en un litro de agua destilada, este medio se distribuyó en tubos de ensaye en proporciones de 10 ml para este caso se utilizaron 2 repeticiones por muestras.
2. Introducción al tubo de ensaye y llenado de la campana de Durham; se taparon los tubos de ensaye con algodón y se procedió a esterilizar en una olla de presión a una temperatura de 121 °C durante 15 minutos.
3. Transcurrido los 15 minutos se deja enfriar y posteriormente se agrega 1 ml de muestra a examinar con una micropipeta en un área esterilizada que en este caso cerca de un mechero, utilizando una puntilla azul de 1 mililitro para cada muestra.
4. Se introdujeron los tubos en la estufa a una temperatura de 35 ± 2 °C durante 24-48 horas. Si transcurridas las 24-48 horas las campanas de Durham presentaron una burbuja de aire o si el medio presenta turbidez indicaba la presencia de coliformes. Se realizaron tres repeticiones de cada muestra y un testigo, el cual se tomo de una laguna de agua residual.

** Para análisis físico-químico.*

➤ Análisis de dureza (Calcio + Magnesio).

La dureza del agua se determinó utilizando la metodología del Manual del Laboratorio para Análisis Químicos Cuantitativos de la Universidad de Nebraska-Lincoln U.S.A. del mes de agosto de 2005 (Castro *et al.* 2008).

Esta metodología va de acuerdo con la utilizada en la Norma Mexicana para análisis de agua –determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas (NMX-AA-072-SCFI-2001).

➤ Análisis de Calcio

Primeramente se colocaron tres porciones de 25 ml de muestra de agua en tres matraces de erlenmeyer de 250 ml, después se añadieron 50 ml de agua destilada a cada matraz. Posteriormente se añadieron 10 gotas de KOH al 50 por ciento y se agitó durante dos minutos. A cada solución se le agregó una pequeña cantidad de hidroxinaftol sólido y por último se tituló con la solución de EDTA previamente preparada hasta el punto final azul. Después de alcanzar el punto final aparente, cada muestra se dejó reposar por aproximadamente 2 minutos, agitándose ocasionalmente y terminándose de titular hasta el punto final azul.

➤ Análisis de Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos)

Para la determinación de la alcalinidad de las muestras de agua se empleó la metodología utilizada actualmente en el manual de Laboratorio de Análisis Cuantitativo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Castro *et al.*, (2008). Dicha metodología va de acuerdo con la Norma Mexicana para análisis de agua – determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas NMX-AA-036-SCFI-2001.

3.4. Consideraciones Estadísticas

Para la determinación de alcalinidad y dureza, cada muestra se analizó tres veces calculando la media o promedio $\bar{x}$:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

x_i = Los valores medidos.

n = El número de mediciones.

La desviación estándar “s” como sigue:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

$\bar{x}$ = La media.

x_i = Los valores medidos.

n = El número de observaciones.

Y el intervalo de confianza con la siguiente fórmula:

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

Donde:

μ = La media para un conjunto infinito de datos.

$\bar{x}$ = La media de las muestras.

s = La desviación estándar.

n = El número de observaciones.

t = t de estudiante a 95 por ciento de nivel de confianza.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se hicieron tres repeticiones por cada muestra. A continuación se presentan los resultados que arrojaron los análisis para cada una de las pruebas.

4.1. Determinación de Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos)

Resultados Obtenidos en Laboratorio.

En el cuadro 5 se observan los resultados de la Alcalinidad de la muestra en la colonia “Lomas de Lourdes”.

Cuadro 5. Resultados de Alcalinidad de la colonia “Lomas de Lourdes”.

<i>Repetición</i>	<i>Muestra ml</i>	<i>*Fenolftaleína (ml de HCl)</i>	<i>**Anaranjado de Metilo (ml de HCl)</i>	<i>ml totales de HCl</i>
R1=	100	0,132	4,77	4,902
R2=	100	0,132	4,7	4,832
R3=	100	0,132	4,82	4,952
	Promedio	0.132	4.7633	4.89533

En el cuadro 6 se muestran los resultados de la Alcalinidad de la calle “Pérez Treviño”.

Cuadro 6. Resultados de la Alcalinidad de la calle “Pérez Treviño”.

<i>Repetición</i>	<i>Muestra ml</i>	<i>*Fenolftaleína (ml de HCl)</i>	<i>**Anaranjado de Metilo (ml de HCl)</i>	<i>ml totales de HCl</i>
R1=	100	0,132	5,57	5,702
R2=	100	0,132	5,56	5,692
R3=	100	0,132	5,5	5,632
	Promedio	0.132	5.5433	5.675333

En el cuadro 7 se muestran los resultados de la Alcalinidad de la calle “Francisco Murguía”.

Cuadro 7. Resultados de la Alcalinidad de la calle “Francisco Murguía”.

<i>Repetición</i>	<i>Muestra ml</i>	<i>*Fenolftaleína (ml de HCl)</i>	<i>**Anaranjado de Metilo (ml de HCl)</i>	<i>ml totales de HCl</i>
R1=	100	0	5,75	5,75
R2=	100	0	5,76	5,76
R3=	100	0	5,63	5,63
	Promedio	0	5.7133	5.7133

*Los ml de HCl en la titulación fueron los que se le agregaron a la fenolftaleína para que el color de la muestra cambiará a incolora, con esto se calculó la alcalinidad parcial.

** Los ml de HCl en la titulación fueron los que se le agregaron al Anaranjado de Metilo para que el color de la muestra tomara un color de rojo–canela, con esto se calculó la alcalinidad total.

- ✓ Para obtener los resultados de la alcalinidad tanto total como parcial se utilizó la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{\text{ml totales HCl}}{\text{v de la muestra (ml)}} \right) * \left(\frac{\text{moles HCl}}{\text{L}} \right) * \left(\frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCl}} \right) * \left(\frac{\text{g CaCO}_3}{1 \text{ mol de CaCO}_3} \right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) * \left(\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} \right)$$

4.1.1. Cálculos para Determinar las Alcalinidad Parcial

- *Lomas de Lourdes. Cálculo de Alcalinidad Parcial*

$$\left(\frac{0.132 \text{ ml de HCl}}{100 \text{ ml}} \right) * \left(\frac{0.09627 \text{ moles HCl}}{1 \text{ litro}} \right) * \left(\frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCl}} \right) * \left(\frac{100.0869 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCO}_3} \right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) * \left(\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} \right) = 6.35934147 \text{ ppm}$$

- *Pérez Treviño. Cálculo de Alcalinidad Parcial*

$$\left(\frac{0.132 \text{ ml de HCl}}{100 \text{ ml}} \right) * \left(\frac{0.09627 \text{ moles HCl}}{1 \text{ litro}} \right) * \left(\frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCl}} \right) * \left(\frac{100.0869 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCO}_3} \right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) * \left(\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} \right) = 6.35934147 \text{ ppm}$$

➤ *Francisco Murguía. Cálculo de Alcalinidad Parcial*

$$\left(\frac{0 \text{ ml de HCL}}{100 \text{ ml}}\right) * \left(\frac{0.09627 \text{ moles HCl}}{1 \text{ litro}}\right) * \left(\frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCL}}\right) * \left(\frac{100.0869 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCO}_3}\right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) * \left(\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}}\right) = 0 \text{ ppm}$$

En el cuadro 8 se muestran los resultados de la Alcalinidad de Parcial.

Cuadro 8. Resultados de Alcalinidad de Parcial (Carbonatos y Bicarbonatos).

<i>Muestra</i>	<i>Resultados de Alcalinidad Parcial</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Intervalo de Confianza</i>
Lomas de Lourdes	6,35934146958 ppm	0,18667619	0,595766794
Pérez Treviño	6,35934146958 ppm	0,18667619	0,595766794
Francisco Murguía	0 ppm	0	0

4.1.2. Cálculos para Determinar la Alcalinidad Total

➤ *Lomas de Lourdes. Cálculo de Alcalinidad Total*

$$\left(\frac{4.896333 \text{ ml de HCL}}{100 \text{ ml}}\right) * \left(\frac{0.09627 \text{ moles HCl}}{1 \text{ litro}}\right) * \left(\frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCL}}\right) * \left(\frac{100.0869 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCO}_3}\right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) * \left(\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}}\right) = 235.8416384 \text{ ppm}$$

➤ *Pérez Treviño. Cálculo de Alcalinidad Total*

$$\left(\frac{5.676333 \text{ ml de HCL}}{100 \text{ ml}}\right) * \left(\frac{0.09627 \text{ moles HCl}}{1 \text{ litro}}\right) * \left(\frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCL}}\right) * \left(\frac{100.0869 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCO}_3}\right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) * \left(\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}}\right) = 273.4195653 \text{ ppm}$$

➤ *Francisco Murguía. Cálculo de Alcalinidad Total*

$$\left(\frac{5.713333 \text{ ml de HCL}}{100 \text{ ml}}\right) * \left(\frac{0.09627 \text{ moles HCl}}{1 \text{ litro}}\right) * \left(\frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCL}}\right) * \left(\frac{100.0869 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCO}_3}\right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right) * \left(\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}}\right) = 275.2502848 \text{ ppm}$$

En el cuadro 9 se muestran los resultados de la Alcalinidad de Total.

Cuadro 9. Resultados de Alcalinidad Total (Carbonatos y Bicarbonatos).

<i>Muestra</i>	<i>Resultados de Alcalinidad Total</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Intervalo de Confianza</i>	<i>NOM-041-SSA1-1993 (Limite Máximo Permisible)</i>
Lomas de Lourdes	235,8416384 ppm	6,923046792	22,09452307	300 mg/l
Pérez Treviño	273,4195653 ppm	8,026133371	25,61496322	300 mg/l
Francisco Murguía	275,2502848 ppm	8,079873486	25,78647184	300 mg/l

4.1.3. Resultados de la Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos)

Los resultados obtenidos en cada punto de muestreo de la Alcalinidad se compararon con la *NOM-041-SSA1-1993*.

- La muestra tomada en Lomas de Lourdes arrojó que los resultados sí están dentro del rango que establece esta norma, que habla sobre el agua purificada envasada.
- La muestra tomada en la calle Pérez Treviño arrojó que los resultados sí están dentro del rango que establece esta norma, que habla sobre el agua purificada envasada.
- La muestra tomada en la calle Francisco Murguía arrojó que los resultados sí están dentro del rango que establece esta norma, que habla sobre el agua purificada envasada.

4.2. Determinación de Dureza (Calcio y Magnesio)

Resultados Obtenidos en Laboratorio.

- *Determinación de Calcio*

En los cuadros 10, 11, y 12 se observan los resultados de Calcio de los diferentes sitios de muestreo.

Cuadro 10. Resultados de Calcio de la Muestra de “Lomas de Lourdes”.

<i>Repetición</i>	<i>Muestra</i>	<i>KOH al 50% (P/V)</i>	<i>Azul de hidroxinaftol</i>	<i>ml de EDTA</i>
R1=	25 ml	10 gotas	Pisca	4,40
R2=	25 ml	10 gotas	Pisca	4,50
R3=	25 ml	10 gotas	Pisca	4,49
			Promedio	4,463333333

Cuadro 11. Resultados de Calcio de la Muestra de la calle “Pérez Treviño”.

<i>Repetición</i>	<i>Muestra</i>	<i>KOH al 50% (P/V)</i>	<i>Azul de Hidroxinaftol</i>	<i>ml de EDTA</i>
R1=	25 ml	10 gotas	Pisca	1,95
R2=	25 ml	10 gotas	Pisca	1,94
R3=	25 ml	10 gotas	Pisca	2,20
			Promedio	2,03

Cuadro 12. Resultados de Calcio de la Muestra de la calle “Francisco Murguía”.

<i>Repetición</i>	<i>Muestra</i>	<i>KOH al 50% (P/V)</i>	<i>Azul de Hidroxinaftol</i>	<i>ml de EDTA</i>
R1=	25 ml	10 gotas	Pisca	2,22
R2=	25 ml	10 gotas	Pisca	2,10
R3=	25 ml	10 gotas	Pisca	1,80
			Promedio	2,04

- *Determinación de Dureza (Calcio y Magnesio).*

En los cuadros 13, 14 y 15 se muestran los resultados de dureza de la Muestras Lomas de Lourdes, Pérez Treviño y Francisco Murguía, respectivamente.

Cuadro 13. Resultados de dureza de la muestra de la colonia “Lomas de Lourdes”.

<i>Repetición</i>	<i>Muestra</i>	<i>Indicador “Eriocromo T”</i>	<i>ml de EDTA de Titulación</i>
R1=	25 ml	Pisca	6,3
R2=	25 ml	Pisca	5,9
R3=	25 ml	Pisca	5,5
		Promedio	5,9

Cuadro 14. Resultados de dureza de la muestra de la calle “Pérez Treviño”.

Repetición	Muestra	Indicador “Eriocromo T”	ml de EDTA de Titulación
R1=	25 ml	Pisca	8,3
R2=	25 ml	Pisca	8,4
R3=	25 ml	Pisca	8,3
		Promedio	8,333

Cuadro 15. Resultados de dureza de la muestra de la calle “Francisco Murguía”.

Repetición	Muestra	Indicador “Eriocromo T”	ml de EDTA de Titulación
R1=	25 ml	Pisca	8,7
R2=	25 ml	Pisca	8,45
R3=	25 ml	Pisca	8,39
		Promedio	8,51333

4.2.1. Cálculo para la Determinación de Dureza

- ✓ Para la obtención del Calcio + Magnesio en ppm se utilizó la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{v.de\ EDTA(lt)}{v.de\ la\ muestra(mi)} \right) * \left(\frac{conc\ moles\ EDTA}{lt} \right) * \left(\frac{1\ mol\ de\ calcio}{1\ mol\ de\ EDTA} \right) * \left(\frac{1\ mol\ de\ CaCo3}{1\ mol\ de\ calcio} \right) * \left(\frac{pm\ CaCo3g}{1\ mol\ de\ CaCo3} \right) * \left(\frac{1000mg}{1g} \right) * \left(\frac{1000\mu g}{1mg} \right)$$

- Lomas de Lourdes. Cálculo de Dureza.

$$\left(\frac{0.00891l)}{25ml} \right) * \left(\frac{0.01075moles\ EDTA}{lt} \right) * \left(\frac{1\ mol\ de\ calcio}{1\ mol\ de\ EDTA} \right) * \left(\frac{1\ mol\ de\ CaCo3}{1\ mol\ de\ calcio} \right) * \left(\frac{100.0869CaCo3}{1\ mol\ de\ CaCo3} \right) * \left(\frac{1000\ mg}{1\ gr} \right) * \left(\frac{1000\mu g}{1mg} \right) = 253.9204653\ ppm$$

- Pérez Treviño. Cálculo de Dureza.

$$\left(\frac{0.008333l)}{25ml} \right) * \left(\frac{0.01075moles\ EDTA}{lt} \right) * \left(\frac{1\ mol\ de\ calcio}{1\ mol\ de\ EDTA} \right) * \left(\frac{1\ mol\ de\ CaCo3}{1\ mol\ de\ calcio} \right) * \left(\frac{100.0869CaCo3}{1\ mol\ de\ CaCo3} \right) * \left(\frac{1000\ mg}{1\ gr} \right) * \left(\frac{1000\mu g}{1mg} \right) = 358.644725ppm$$

- Francisco Murguía. Cálculo de Dureza.

$$\left(\frac{0.00851333\text{L}}{25\text{ml}}\right) * \left(\frac{0.01075\text{moles EDTA}}{\text{lt}}\right) * \left(\frac{1\text{ mol de calcio}}{1\text{ mol de EDTA}}\right) * \left(\frac{1\text{ mol de CaCO}_3}{1\text{ mol de calcio}}\right) * \left(\frac{100.0869\text{CaCO}_3}{1\text{ mol de CaCO}_3}\right) * \left(\frac{1000\text{ mg}}{1\text{ gr}}\right) * \left(\frac{1000\mu\text{g}}{1\text{mg}}\right) = 366.3914511\text{ppm}$$

- ✓ Para la obtención del Calcio + Magnesio en moles (Ca o Mg)/ L se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{moles de Ca \& Mg}}{L} = \left(\frac{\text{v.de EDTA(L)}}{\text{v.de la muestra(L)}}\right) \left(\frac{\text{moles EDTA}}{L}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca+ Mg}}{1\text{ mol de EDTA}}\right)$$

- Lomas de Lourdes. Cálculo de Calcio y Magnesio.

$$\left(\frac{0.0059\text{L}}{0.025\text{L}}\right) \left(\frac{0.010751\text{moles EDTA}}{1\text{L}}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca+ Mg}}{1\text{ mol de EDTA}}\right) = 0.00253724 \frac{\text{moles de Ca \& Mg}}{L}$$

- Pérez Treviño. Cálculo de Calcio y Magnesio.

$$\left(\frac{0.008333\text{L}}{0.025\text{L}}\right) \left(\frac{0.010751\text{moles EDTA}}{1\text{L}}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca+ Mg}}{1\text{ mol de EDTA}}\right) = 0.00358367 \frac{\text{moles de Ca \& Mg}}{L}$$

- Francisco Murguía. Cálculo de Calcio y Magnesio.

$$\left(\frac{0.00851333\text{L}}{0.025\text{L}}\right) \left(\frac{0.010751\text{moles EDTA}}{1\text{L}}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca+ Mg}}{1\text{ mol de EDTA}}\right) = 0.00366107 \frac{\text{moles de Ca \& Mg}}{L}$$

- ✓ Para la obtención del Calcio en moles Ca / L se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{moles de Ca}}{L} = \left(\frac{\text{v.de EDTA(L)}}{\text{v.de la muestra(L)}}\right) \left(\frac{\text{moles EDTA}}{L}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca}}{1\text{ mol de EDTA}}\right)$$

- Lomas de Lourdes. Cálculo de Calcio.

$$\left(\frac{0.0044633\text{L}}{0.025\text{L}}\right) \left(\frac{0.010751\text{ moles EDTA}}{1\text{L}}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca}}{1\text{ mol de EDTA}}\right) = 0.001999 \frac{\text{moles de Ca}}{L}$$

- Pérez Treviño. Cálculo de Calcio.

$$\left(\frac{0.00203\text{L}}{0.025\text{L}}\right) \left(\frac{0.010751\text{ moles EDTA}}{1\text{L}}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca}}{1\text{ mol de EDTA}}\right) = 0.00087298 \frac{\text{moles de Ca}}{L}$$

- Francisco Murguía. Cálculo de Calcio.

$$\left(\frac{0.00204\text{L}}{0.025\text{L}}\right) \left(\frac{0.010751\text{ moles EDTA}}{1\text{L}}\right) \left(\frac{1\text{ mol Ca}}{1\text{ mol de EDTA}}\right) = 0.00087728 \frac{\text{moles de Ca}}{L}$$

- ✓ Para la obtención del Magnesio en moles Mg / L se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{moles de Mg}}{L} = \left(\frac{\text{Moles de Ca + Mg}}{\text{litro}} \right) - \left(\frac{\text{Moles de Ca}}{\text{litro}} \right)$$

- Lomas de Lourdes. Cálculo de Magnesio.

$$\left(\frac{0.0025374}{1\text{litro}} \right) - \left(\frac{0.001999}{1\text{litro}} \right) = 0.00053785 \frac{\text{moles de Mg}}{L}$$

- Pérez Treviño. Cálculo de Magnesio.

$$\left(\frac{0.00358367}{1\text{litro}} \right) - \left(\frac{0.00087298}{1\text{litro}} \right) = 0.00271069 \frac{\text{moles de Mg}}{L}$$

- Francisco Murguía. Cálculo de Magnesio.

$$\left(\frac{0.00366107}{1\text{litro}} \right) - \left(\frac{0.00087728}{1\text{litro}} \right) = 0.00278379 \frac{\text{moles de Mg}}{L}$$

En el siguiente cuadro (Cuadro 16) se comparan los resultados obtenidos de las muestras con la NOM – 127.

Cuadro 16. Comparación de Resultados en la determinación de la dureza total (Calcio y Magnesio) con respecto a la Norma establecida.

Muestra	Resultado de Dureza Total (Calcio + Magnesio)	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza	NOM-127-SSA1-1994 (Límite Máximo Permisible)
Lomas de Lourdes	253,9204653 ppm	0,00834386	0,02662897	500 mg/l
Pérez Treviño	358,644725 ppm	0,011785113	0,03761154	500 mg/l
Francisco Murguía	366,3914511 ppm	0,012039671	0,038423949	500 mg/l

4.2.2. Resultados de la Dureza Total (Calcio y Magnesio)

Los resultados obtenidos para el cálculo de dureza total (Calcio y Magnesio) se compararon con la NOM-127-SSA1-1994, la cual habla sobre la salud ambiental. Agua para uso y consumo humano.

- En la muestra tomada en Lomas de Lourdes, los resultados arrojados por el análisis de agua están dentro del rango que cita esta norma.
- En la toma de muestra en Pérez Treviño, los resultados arrojados por el análisis de agua están dentro del rango que cita esta norma.
- En la muestra tomada en Francisco Murguía, los resultados arrojados por el análisis de agua están dentro del rango que cita esta norma.

4.3.- Determinación de Bacterias Coliformes Totales.

En el cuadro 17 se comparan los resultados obtenidos de las muestras con la NOM – 127.

Cuadro 17. Comparación de resultados en la Determinación de Coliformes Totales con respecto a la norma establecida.

<i>Muestra</i>	<i>Coliformes</i>	<i>NOM-127-SSA1-1994 (Limite Permisible)</i>
Lomas de Lourdes	No detectable	Ausencia o no Detectables.
Centro “Pérez Treviño”	No detectable	Ausencia o no Detectables.
Centro “Francisco Murguía”	No detectable	Ausencia o no Detectables.

4.3.1. Resultados de las Bacterias Coliformes Totales

Los resultados obtenidos para la determinación de Bacterias Coliformes Totales, se compararon con la *NOM-127-SSA1-1994* la cual habla sobre la salud ambiental. Agua para uso y consumo Humano.

- En la muestra tomada en Lomas de Lourdes los resultados obtenidos en el análisis de agua están dentro del rango permisible que cita la norma correspondiente.
- En la muestra tomada en Pérez Treviño los resultados obtenidos en el análisis de agua están dentro del rango permisible que cita la norma correspondiente.
- En la muestra tomada en Francisco Murguía los resultados obtenidos en el análisis de agua están dentro del rango permisible que cita la norma correspondiente.

4.4. Determinación del pH.

En el siguiente cuadro (Cuadro 18) se comparan los resultados obtenidos de las muestras con la NOM – 127.

Cuadro 18. Comparación de los Resultados en la Determinación del pH con respecto a la Norma establecida.

Muestra	pH	NOM-127-SSA1-1994 (<i>Limite Permissible</i>)
Lomas de Lourdes	7,69	6,5 - 8,5
Centro "Pérez Treviño"	7,80	6,5 - 8,5
Centro "Francisco Murguía"	7,88	6,5 - 8,5

4.4.1. Resultados del pH

Los resultados obtenidos en la determinación del pH se compararon con la *NOM-127-SSA1-1994* la cual habla sobre la salud ambiental. Agua para uso y consumo humano.

- En la muestra tomada en Lomas de Lourdes los resultados obtenidos en el análisis de agua están dentro del rango permisible que cita la norma correspondiente.
- En la muestra tomada en Pérez Treviño los resultados obtenidos en el análisis de agua están dentro del rango permisible que cita la norma correspondiente.
- En la muestra tomada en Francisco Murguía los resultados obtenidos en el análisis de agua están dentro de la norma permisible que cita la norma correspondiente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del trabajo podemos concluir que los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros analizados si están dentro de las normas oficiales establecidas, para uso humano. Por lo tanto, en términos generales el humano no corre riesgos por contraer alguna enfermedad que provenga de los recursos hídricos con que éste cuenta para su uso humano que día a día les es indispensable para su vida cotidiana.

Algunas de las recomendaciones que se pueden dar en este trabajo, es que se necesitan estudiar más parámetros sobre la calidad de agua de uso humano (Cobre, Cloruros, Fierros, Nitratos, Nitritos, Plomo, Zinc), y tener más puntos de muestreo que sean representativos para obtener una mayor visión con respecto a la calidad de agua en la Ciudad de Saltillo, así como para servir de apoyo a los recursos hídricos con que cuenta esta ciudad.

VI. LITERATURA CITADA

Bibliografía

- Aceves, M.L.A., 1991. Recreación y Calidad del Agua en el Cauce de los "CHORROS" de Arteaga Coahuila. UAAAN. PP: 5-10.
- Alcántara B., M. 1995. "Química de Hoy". Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. 2ª Edición. México.
- Anderson, H.W; M.D Hoover, and K.G. Reinhart. 1976. Forest and Water: of Forest Management on Floods, Gen. Tench, Rep. Psw-18. Pacific Southwest for and Ran. Exp. Stn., Berkeley, CA. U.S.A. PP: 115.
- Arreguín. C.F. 1991. Uso Eficiente del Agua. Instituto Mexicano en Tecnología del Agua, CNA. Mexico.
- Biswas, A.K. 1992. Sustainable Water Develoment: A Global Perpective Water International, Vol. 17, Nº 2., International Water Resources Association, Urbana, Ill., U.S.A.
- Cardona, V.W. 2007. Uso Eficiente del Agua. Global Water Parthership. Chile.
- Carpenter, P.L. 1977. Microbiología. Segunda Edición. Editorial Interamericana. México. Pp: 421.
- Castro N., E.; Villarreal M., G.; De la Garza T., H.; Palacios O., M. T.; Rodríguez F., M. L. 2008. Manual de Prácticas de Laboratorio de Química, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Catalán, C.P. 1972. Bacteriología y Potabilidad del Agua. Primera Edición. Editorial Blume. Madrid, España. Pp: 268.
- Comisión Nacional del Agua - CNA, 2003. El Agua en México, Retos y Avances, México, 2003.

- CNA, 2004. Estadística del agua en México SUIBA. Sistema Unificado de la Información Básica del Agua (SUIBA) pp: 68-78.
- CNA, 2006 Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2006.
- CNA 2009, El Quehacer de la Infraestructura Hidroagrícola en México, México, 2009.
- Corona, R., 1981. "Introducción a la Química", Publicaciones Cultural, S.A. Séptima Edición, México.
- Cuthbert, R.W. 1989. Effectiveness of Conservation – Oriented Water Rates in Tucson, Journal of the American Water Works Association, U.S.A.
- Diario Oficial de la Federación. Ley de Aguas Nacionales. Fecha de publicación en el: 1 de diciembre de 1994.
- Dunne, T. and L.b. Leopold. 1978. Water in Eviromental Planing. San Francisco, Cal. USA. Witt. Freeman and Company. PP: 713 – 766.
- Fair, M.G., Geyer C.J., Okun, D.A. 1971. Purificacion de Aguas y Tratamiento y Remocion de Aguas Residuales. Volumen II. Editorial Limusa-Wiley, S.A. Mexico. Pp: 466 – 470.
- FAO, 1981. Contaminación de las Aguas Subterráneas: Tecnología, Economía y Gestión. Preparado por el Instituto Geológico y Minero de España, en Cooperación con el Instituto Tecnológico de Massachusetts Cambridge. U.S.A.
- Food and Agriculture Organization – FAO, 2005. Gestión Sostenible, Eficaz y Equitativa de los Recursos Hídricos, Desafío para los próximos cien años. Estados Unidos.
- Galarraaga, H.B. 1984. Instrumentación y Control en el Tratamiento de Aguas Potables. Editorial Limusa. México.

- García, B.A y Cortes, M.P.1989. Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de Excusados de Bajo Consumo de Fabricación Extranjera, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- Gosz, J.R. 1982. Non - Point Source Pollution of Water and Recreation; Research Assessment and Research Needs. Eisenhower Commission Bulletin. PP: 13-11.
- Grisham, A. y Flemming, W. 1989. Long Term Options for Municipal Water Conservation, Journal of American Water Works Association, U.S.A.
- Guerrero I., E. 1991. El agua Fuente de Vida. 4ª Edición. Ed. Interamericana, México. Pp.:14-15.
- Gutiérrez, C.J., S, Gomez M; J. Duñez A. y J.A Salazar V., 1987 Características del Agua Superficial de los Aguajes del Cañon San Lorenzo, Saltillo Coahuila. Agraria, Revista Científica, UAAAN 3 (1). PP: 82 – 97.
- Hammer, M. 1986, Water and Wastewater Technology. Second Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Instituto Mexicano en Tecnología del Agua (IMTA). 1997. Calidad de las Aguas Municipales en México. Jiutepec Morelos, México. ABES.200.
- Instituto Mexicano en Tecnología del Agua (IMTA), 1989. Manual para la Organización de la Macromedición, Serie Didáctica 8, Cuernavaca, Morelos, México.
- Jiménez, B, E. 2002. La Contaminación Ambiental en México: Causa y Efectos y Tecnología Apropriada. Primera Edición. Editorial McGraw Hill México, D.F. PP: 690-696, 702-705, 709-719.
- Martínez, A.P. 1991. Uso Eficiente de Agua en Riego, Memoria del Seminario Internacional Sobre el Uso Eficiente del Agua, México, D.F. México.
- Miller, G., 2000. Curso Teórico-Práctico de Tratamiento de Agua Residual e Industrial. Aguas Residuales. México.

- Mosqueira, P., S. 2005. Introducción a la Química y el Ambiente. Primera Edición. Publicaciones Cultural. México.
- Murguía, V.E. 1982. "Contaminación de Aguas". Facultad de Ingeniería / UNAM. México.
- Nero, W. y Sorensen, L. 1990. Residential Veriscape, A Working Demonstration, Proceedings of the Conservation 90, Phoenix Arizona, U.S.A.
- Ochoa, L.; Camacho, C.A.; ERIQUE; Z.S. y Maldonado, S.J., 1990. Resumen de Informe Final del Proyecto detección y Control de Fugas e Impacto de Micromedición de Guaymas, Sonora. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos, México.
- Organización Mundial de la Salud – OMS, 2000. *Farmacopea Internacional*, tercera edición, vol. 3: *Normas de calidad*. Ginebra, Suiza.
- OMS. 1995. Curso de capacitación. Atención integrada a las enfermedades prevalentes de la infancia. Cuadros de procedimientos.
- Organización de las Naciones Unidas - ONU. 1992. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (GEO) 4. Medio ambiente para el desarrollo. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Saavedra, S.J.C. 1991. Medición del Agua en las Ciudades Mexicanas. Un esfuerzo Institucional, Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua, México, D.F. México.
- Seoanez, C.M. 1995. Aguas Residuales Urbanas. Primera Edición. Editorial Mund- Prensa. Madrid, España. PP. 131-137.
- Seoanez C.M. 1995 Ingeniería Medio Ambiental Aplicado a la Industria y a la Empresa. Madrid, España. Mund-Prensa. PP: 34-37.
- Shainberg, I., Oster, J.D.1978. Quality of Irrigation Water. Publication N° 2. International Irrigation. Information Center. Ottawa, Canadá. PP: 3-12.
- Stocker, y Seager. 1981. Química Ambiental. Contaminación del Aire y del Agua. Blome, Co. Primera Edición. Barcelona. España. Pp: 320.

Unicef. Informe anual, 1994. Unicef. New York. 1994.

Vargas, B.J., y Zambrano, B.M., 1996. Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Antayasta Rio Cal. Un Modelo Unidimensional de la Calidad de agua en Ríos.

Páginas Web

<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/98194.el-problema-del-agua-potable-en-salttillo.html>

[http://www.agua.org.mx/content/section/9/31/.](http://www.agua.org.mx/content/section/9/31/)

[http://labquimica.wordpress.com/2009/02/25/distintos-tipos-de-titulaciones/.](http://labquimica.wordpress.com/2009/02/25/distintos-tipos-de-titulaciones/)

<http://www.monografias.com/trabajos37/ácido-base/ácido-base.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Turbidez>

[http://www.monografias.com/trabajos74/metodos-potenciometricos/metodos-potenciometricos.shtml.](http://www.monografias.com/trabajos74/metodos-potenciometricos/metodos-potenciometricos.shtml)

[http://www.conagua.gob.mx/conagua/Espanio/TmpContenido.aspx?id=e7820bc-2da04646-a13e-ba8d39bd249320%ACERCA%DEL%AGUA.](http://www.conagua.gob.mx/conagua/Espanio/TmpContenido.aspx?id=e7820bc-2da04646-a13e-ba8d39bd249320%ACERCA%DEL%AGUA)

[http://www.conagua.gob.mx/conagua/español/TmpContenido.aspx?id=Publicaciones%202007CPUBLICACIONES%20CONAGUA%7CO%7C68%7CO%7CO%7CO.](http://www.conagua.gob.mx/conagua/español/TmpContenido.aspx?id=Publicaciones%202007CPUBLICACIONES%20CONAGUA%7CO%7C68%7CO%7CO%7CO)

[http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html.](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html)

[http:// http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/14ssa13.html.](http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/14ssa13.html)

[http://www.aguainmaculada.com/docs/NOM-041-SSA1-1993.pdf.](http://www.aguainmaculada.com/docs/NOM-041-SSA1-1993.pdf)

[http://books.google.com.mx/books?id=X9QgncMbnsYC&pg=PA4&dq=aspectos+fisicos,+quimicos+del+agua+potable#v=onepage&q=&f=false.](http://books.google.com.mx/books?id=X9QgncMbnsYC&pg=PA4&dq=aspectos+fisicos,+quimicos+del+agua+potable#v=onepage&q=&f=false)

http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/index.html
(OMS, UNICEF, 2000).

VII. ANEXOS

ANEXOS 1.

7.1. NOM – 127. Norma Oficial Mexicana

Salud Ambiental. Agua para Uso y Consumo Humano. Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe Someterse el Agua para su Potabilización.

- El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido con la siguiente tabla:

Cuadro 19. Límites Permisibles de Características Microbiológicas.

<i>Característica</i>	<i>Limite Permissible</i>
Organismos Coliformes Totales.	Ausencia o no Detectables.
E. coli Coliformes Fecales u Organismos Termotolerantes.	Ausencia o no Detectables.

- Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes podrán establecer los agentes biológicos nocivos a la salud que se deban investigar.
- Las unidades de medida deberán reportarse de acuerdo a la metodología empleada.
- El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimientos de localidades con una población mayor de 50000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de 12 meses de un mismo año.
- Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la siguiente tabla.

Cuadro 20. Límites Permisibles de Características Físicas y Organolépticas.

<i>Característica</i>	<i>Límite Permissible</i>
Color	20 Unidades de color verdadero en la escala de Platino - Cobalto
Olor y Sabor	Agradable (se aceptan aquéllos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones desde el punto de vista biológico o químico)
Turbiedad	5 Unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

- El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en el cuadro 20. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Cuadro 21. Límites Permisibles de Características Químicas.

Característica	Límite Permissible en mg/l
Aluminio.	0,2
Arsénico (Nota 2).	0,05
Bario.	0,7
Cadmio.	0,005
Cianuros (como CN ⁻).	0,07
Cloro Residual Libre.	0,2 - 1,5
Cloruros (como Cl ⁻).	250
Cobre.	2

Cromo Total.	0,05
Dureza Total (Como CaCO ₃).	500
Fenoles o compuestos fenólicos.	0,3
Fierro.	0,3
Fluoruros (como F ⁻).	1,5

Cuadro 21.....Continuación

Hidrocarburos Aromáticos en Microgramos/l.	
Benceno.	10
Etilbenceno.	300
Tolueno.	700
Xileno (tres isómeros).	500
Manganeso.	0,15
Mercurio.	0,001
Nitratos (como N).	10
Nitritos (como N).	1
Nitrógeno Amoniacal (como N).	0,5
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH.	6,5 - 8,5
Plaguicidas en Microgramos/l.	
Aldrín y Dieldrín (separados o combinados).	0,03
Clordano (total de isómeros).	0,2
DDT (total de isómeros).	1
Gamma - HCH (lindano).	2
Hexaclorobenceno.	1
Heptacloro y epóxido de heptacloro.	0,03
Metoxicloro.	20
2,4 – D.	30
Plomo.	0,01
Sodio.	200
Sólidos Disueltos Totales.	100
Sulfatos (como SO ₄ =).	400
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).	0,5
Trihalometados Totales.	0,2
Yodo Residual Libre.	0,2 - 0,5
Zinc.	5

Nota 1. Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total de agua, la cual incluye los suspendidos y disueltos.

Nota 2. El límite permisible para el arsénico se ajustara anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual:

Cuadro 22. Tabla de Cumplimiento Gradual.

<i>Límite Permissible mg/l</i>	<i>Año</i>
0,045	2001
0,040	2002
0,035	2003
0,030	2004
0,025	2005

- En caso de que el sistema de abastecimiento se utilicen para la desinfección del agua, métodos que no incluyan cloro o sus derivados, la autoridad sanitaria determinara los casos en que adicionalmente deberá dosificarse cloro al agua distribuida, para mantener la concentración libre dentro del límite permisible establecido en el cuadro 20.

Tratamientos de Potabilización.

La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe justificarse con estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes microbiológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua, excedan los límites permisibles establecidos en ésta Norma.

- *Contaminación Microbiológica.*

Bacterias, helmintos, protozoarios y virus. Deben desinfectarse con cloro, compuestos de cloro, yodo, ozono, luz ultravioleta; plata iónica o coloidal; coagulación-sedimentación-filtración; filtración en múltiples etapas.

➤ *Características Físicas y Organolépticas.*

Color, olor, sabor y turbiedad.- Oxidación – coagulación – floculación – sedimentación - filtración; adsorción en carbón activado.

➤ *Constituyentes químicos.*

- ✓ Arsénico. Coagulación – floculación – sedimentación - filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.
- ✓ Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo. Coagulación-floculación-sedimentación - filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.
- ✓ Cloruros. Intercambio iónico, ósmosis inversa o evaporación.
- ✓ Dureza. Ablandamiento químico o intercambio iónico.
- ✓ Fenoles o compuestos fenólicos. Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.
- ✓ Fierro y/o manganeso. Oxidación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.
- ✓ Fluoruros. Alúmina activada, carbón de hueso u ósmosis inversa.
- ✓ Hidrocarburos aromáticos. Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.
- ✓ Mercurio. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado granular u ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Adsorción en carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l.
- ✓ Nitratos y nitritos. Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración.
- ✓ Nitrógeno amoniacal. Coagulación – floculación – sedimentación - filtración, desgasificación o desorción en columna.
- ✓ pH (potencial de hidrógeno). Neutralización.
- ✓ Plaguicidas. Adsorción en carbón activado granular.
- ✓ Sodio. Intercambio iónico.
- ✓ Sólidos disueltos totales. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico.

- ✓ Sulfatos. Intercambio iónico u ósmosis inversa.
 - ✓ Sustancias activas al azul de metileno. Adsorción en carbón activado.
 - ✓ Trihalometanos. Oxidación con aireación u ozono y adsorción en carbón activado granular.
 - ✓ Zinc. Evaporación o intercambio iónico.
-
- ❖ En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas, involucrados en la contingencia, deben coordinarse con la autoridad sanitaria competente, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población.

ANEXO 2.

7.2. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y Servicios.

Agua purificada Envasada. Especificaciones Sanitarias

Especificaciones Sanitarias

Cuadro 23. Límite Máximo de Características Organolépticas y Físicas.

<i>Característica</i>	<i>Límite Máximo</i>
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
Color	15 Unidades de color verdadero* en la escala de platino-cobalto
Turbiedad	5 Unidades d UTN

Cuadro 24. Límite Máximo de Características Fisicoquímicas.

Fenoles o Compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros como F-	0.70
Manganeso	0.05
Mercurio	0.0001
Nitratos como N	10.00
Nitritos como N	0.05
Nitrógeno amoniacal como N	0.50
Nitrógeno orgánico Total como N	0.10
Oxígeno Consumido en medio de ácido	2.00
Ozono al envasar	0.40
Plata	0.05
Plomo	0.02
Sólidos disueltos totales	500.00
Sulfatos como SO ₄ =	250.00
Sustancias activas al metileno	0.50
Trihalometanos totales	0.10
Zinc	3.00

Ph	6.5 – 8.5
----	-----------

Cuadro 25. Límite Máximo de Características Microbiológicas.

<i>Característica</i>	<i>Límite Máximo</i>
Mesofilicos aerobios UFC/ml	100
Coliformes totales* NMP/100 ml	No detectable
Coliformes totales** UFC/100 ml	Cero
Vibrio Cholerae***	Negativo

* Técnica de número más probable.

** Método de filtración por membrana.

*** Bajo situaciones de emergencia sanitaria la Secretaría de Salud, sin perjuicio de las atribuciones de otras Dependencias del Ejecutivo establecerá los casos en los que se habrá de determinar la presencia de este agente biológico.

ANEXO 3.

7.3. Norma Oficial Mexicana. NOM 014-SSA1-1993

"Procedimientos Sanitarios para el Muestreo de Agua para Uso y Consumo Humano en Sistemas de Abastecimiento de Agua Públicos y Privados."

Material, Reactivos y Equipo de Muestreo

➤ *Envases para Toma de Muestra.*

* *Para análisis bacteriológico.*- Frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada, o frascos de polipropileno; resistentes a esterilización en estufa o autoclave o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 ó 250 ml.

* *Para análisis físico-químico.*- Envases de plástico o vidrio inertes al agua de 2 l de capacidad como mínimo, con tapones del mismo material que proporcionen cierre hermético.

* El material del envase, así como el volumen de muestra requerido y el método de preservación para la determinación de los diferentes parámetros, deben ser los señalados en el cuadro N° 25.

Preparación de Envases para Toma de Muestras.

* Para Análisis Bacteriológico.

- *Toma de muestra de agua sin cloro residual.*- Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por un tiempo mínimo de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min. Antes de la esterilización, con papel resistente a ésta, debe cubrirse en forma de capuchón el tapón del frasco.
- *Toma de muestra de agua con cloro residual.*- Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por un tiempo mínimo de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min, los cuales deben

contener 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 3 por ciento por cada 125 ml de capacidad de los mismos. Debe colocarse un papel de protección al tapón del frasco en forma similar a la indicada en el paso anterior.

* Para análisis físico-químico. Los envases deben lavarse perfectamente y enjuagarse a continuación con agua destilada o desionizada.

Procedimiento para Toma de Muestra.

* Para análisis bacteriológico.

En bomba de mano o grifo del sistema de distribución. El agua de los grifos debe provenir directamente del sistema de distribución. No debe efectuarse toma de muestra en grifos que presenten fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua puede correr por la parte exterior del grifo y contaminar la muestra. Deben removerse los accesorios o aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra.

- Debe limpiarse el orificio de salida con una torunda de algodón impregnada de solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/l.
- Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.
- Cerca del orificio de salida, deben quitarse simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.
- Debe mantenerse el tapón hacia abajo para evitar contaminación y procederse a tomar la muestra sin pérdida de tiempo y sin enjuagar el frasco; se debe dejar el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10 por ciento de volumen del frasco). Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón y el papel de protección al frasco.

* Para análisis físico-químico.

El volumen de muestra debe tomarse como se indica en el Cuadro 25 Normativo.

- *En bomba de mano o grifo del sistema de distribución o pozo profundo.*
- Debe dejarse correr el agua aproximadamente por 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.
- El muestreo debe realizarse cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se requiere tomar un poco del agua que se va a analizar, se cierra el envase y agitar fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectúa ésta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra.

Manejo de Muestras

- Las muestras tomadas como se indican en el punto anterior deben colocarse en hielera con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo para su transporte al laboratorio, de preferencia a una temperatura entre los 4 y 10°C, cuidando de no congelar las muestras.
- El periodo máximo que debe transcurrir entre la toma de muestra y el análisis es:
 1. Para análisis bacteriológico 6 horas.
 2. Para análisis físico-químico, el periodo depende de la preservación empleada para cada parámetro como se indica en el Cuadro 25 Normativo.

Identificación y Control de Muestras

- Para la identificación de las muestras deben etiquetarse los frascos y envases con la siguiente información:
 1. Número de registro para identificar la muestra, y
 2. Fecha y hora de muestreo.

- Para el control de la muestra debe llevarse un registro con los datos indicados en la etiqueta del frasco o envase referida en el punto anterior, así como la siguiente información:
 1. Identificación del punto o sitio de muestreo,
 2. Temperatura ambiente y temperatura del agua,
 3. pH,
 4. Cloro residual,
 5. Tipo de análisis a efectuar,
 6. Técnica de preservación empleada,
 7. Observaciones relativas a la toma de muestra, en su caso, y
 8. Nombre de la persona que realiza el muestreo.

Selección de Puntos de Muestreo

La selección de puntos de muestreo debe considerarse individualmente para cada sistema de abastecimiento. Sin embargo, existen criterios que deben tomarse en cuenta para ello. Estos criterios son:

- Los puntos de muestreo deben ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema.
- Los puntos de muestreo deben ser representativos de los lugares más susceptibles de contaminación:
 1. Puntos muertos,
 2. Zonas de baja presión,
 3. Zonas con antecedentes de problemas de contaminación,
 4. Zonas con fugas frecuentes,
 5. Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente,
 6. Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección, y
 7. Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento.
- Debe haber una distribución uniforme de los puntos de muestreo a lo largo del sistema.
- Los puntos se localizarán dependiendo del tipo de sistemas de distribución y en proporción al número de ramales.

- Debe haber como mínimo un punto de muestreo inmediatamente a la salida de las plantas de tratamiento, en su caso.

Cuadro 26. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

<i>Determinación</i>	<i>Material de envase</i>	<i>volumen mínimo (ml)</i>	<i>Preservación</i>	<i>Tiempo máximo almacenamiento</i>
Alcalinidad total	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Arsénico	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Bario	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Boro	p	100	No requiere	180 d
Cianuros	p,v	1000	Adicionar NaOH a pH>12; refrigerar de 4 a 10° C en la oscuridad.	14 d
Cloro residual	p,v	---	Analizar inmediatamente	-----
Cloruros	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Color	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Conductividad	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Dióxido de carbono	p,v	100	Analizar inmediatamente	---
Dureza total	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Fenoles	p,v	300	Adicionar h ₂ so ₄ a pH<2 y refrigerar de 4 a 10° C	28 d
Fluoruros	p,v	300	Refrigerar de 4 a 10° C	28 d
Fosfatos	v	100	Enjuagar el envase con ácido nítrico 1:1. Refrigerar de 4 a 10° C	48 h

Cuadro 26..... Continuación.

Magnesio	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C	28 d
Metales en general	p,v	1000	Enjuagar el envase con HNO ₃ 1 + 1; adicionar HNO ₃ a pH<2; para metales disueltos, filtrar inmediatamente y adicionar HNO ₃ a pH<2	180 d
Nitratos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Nitritos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Nitrógeno amoniacal	p,v	500	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2 y refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Nitrógeno orgánico	p,v	500	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2 refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Olor	---	---	Detectar inmediatamente	---
Oxígeno consumido en medio ácido	p,v	300	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
pH	p,v	---	Analizar inmediatamente	---
Plaguicidas	s	1000	Refrigerar de 4 a 10° C; adicionar 1000 mg/l; de ácido ascórbico, si se detecta cloro residual. Extraídos los plaguicidas con solventes el tiempo de almacenamiento máximo será 40 días.	7 d
Sabor	---	---	Detectar inmediatamente	
Sodio	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Sólidos	p,v	1000	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	7 d
Sulfatos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Sustancias activas al azul metileno	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Temperatura	p,v	---	Determinar inmediatamente	---
Trihalometanos	s	25	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	
Turbiedad	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h

- p = plástico.
- pH = potencial de hidrógeno.
- s = vidrio enjuagado con solventes orgánicos; interior de la tapa del envase recubierta con teflón.
- v = vidrio.