

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**ANALISIS DE ARSENICO Y PLOMO EN AGUA PARA USO Y CONSUMO
HUMANO DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO (UAAAN) Y SALTILLO, COAHUILA, MEXICO.**

POR:

FERNANDO DIAZ HERNANDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO

DE

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO.

OCTUBRE 2011

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

ANALISIS DE ARSENICO Y PLOMO EN AGUA PARA USO Y CONSUMO
HUMANO DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO (UAAAN) Y SALTILLO, COAHUILA, MEXICO.

POR:

FERNANDO DIAZ HERNANDEZ

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

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

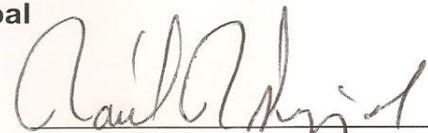
Aprobada
El presidente del Jurado



Dr. Efraín Castro Narro
Asesor principal



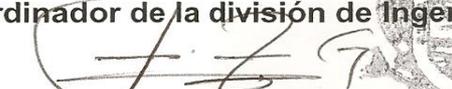
Dra. Manuela Bolívar Duarte
Coasesor (a)



Dr. Raúl Rodríguez García
Coasesor

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la división de Ingeniería



MC. Luis Rodríguez Gutiérrez



Coordinación de
Ingeniería

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO.
OCTUBRE 2011

AGRADECIMIENTO

A mi “Alma Terra Mater”, la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**. Gracias por permitirme durante todo este tiempo estar en sus instalaciones, su ayuda fue invaluable, por haberme dado la oportunidad de realizar mis sueños.

A mis Maestros, por haber compartido sus conocimientos y experiencias profesionales, por haber sido uno de los eslabones que me ayudo a forjarme profesionalmente.

Al Dr. Efraín Castro Narro, gracias por brindarme su tiempo, apoyo y confianza, sobre todo por el apoyo en la conducción de este trabajo.

A la Dra. Manuela Bolívar Duarte, por su dedicación, por sus enseñanzas, sus consejos, sus comentarios y sobre todo por compartir su tiempo para la realización de esta tesis.

Al Dr. Raúl Rodríguez García por su dedicación y apoyo, por brindarme su tiempo para la revisión de esta tesis.

DEDICATORIA

A DIOS, porque en este momento tú me has dado un grandioso regalo que es vivir un día más, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por darme la fortaleza de salir adelante en los momentos difíciles de la vida además de su infinita bondad y amor, gracias Señor.

A mis padres.

Sr. Don Andrés Díaz Díaz, por su gran corazón y capacidad de entrega, por su interminable apoyo en todo momento de mi vida, quien me guió por un buen camino, por sus enseñanzas, consejos y por su eterna paciencia y perdón ante mis constantes errores.

Sra. Doña Pascuala Hernández Gómez, por darme la oportunidad de vivir, por brindarme el amor y cariño incondicionalmente, por estar siempre pendiente en mí, por darme tiempo para atender mis dudas, mis temores, enfermedades, por sacrificarse en todo momento para la realización de mis sueños. Gracias por ser la madre más buena del mundo. Te amo.

A mis hermanos, con todo respeto y amor a, Antonio, Manuela, Pilo, Xlolén, Berto, Ray, Lupe, Telex, Cris, Saca y Norma, gracias por los consejos y apoyo incondicional, que me animaban a seguir y lograr mis metas. Mil gracias. Sabes que los amo mucho.

A mis sobrinos, sobrinas y sobrinitos, quisiera nombrarlos a cada uno de ustedes pero son muchos, pero eso no quiere decir que no me acuerde de cada uno, a todos los quiero mucho y más que mis sobrinos son como mis amigos. Y especialmente a mi sobrinita Gabriela Edith me acuerdo cuando me pedías cosas por teléfono y ya no pude llevártela pero te dedico este trabajo con todo mi corazón, sé que siempre estuviste conmigo, siempre te llevare en mi mente y mi corazón, te quiero mucho. Y nunca te olvidare.

INDICE DE CONTENIDO	PAG
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. El Agua.....	4
2.1.1. Importancia del Agua.....	5
2.1.2. Distribución de Agua en Nuestro Planeta.....	6
2.1.3. Consumo del Agua a Nivel Mundial.....	9
2.1.4. Fuentes de Agua.....	9
a). Abastecimiento de Agua Subterránea.....	9
b). Abastecimientos Superficiales.....	10
c). Ríos.....	11
d). Lagos Naturales.....	11
2.2 .Situación de Agua en Nuestro Continente Americano.....	12
2.2.1. Disponibilidad de Agua en algunos Países del Continente Americano.....	12
2.2.2. Disponibilidad de Agua en México.....	12
2.2.3. Aprovechamiento del Agua Precipitada en México.....	15
2.2.4. Infraestructura Hidráulica del País.....	16
2.2.5. Principales Presas de México.....	16

2.3. Agua en Coahuila.....	17
2.3.1. Usos del Agua.....	17
2.3.2. Agua en Saltillo.....	18
2.4. Calidad de Agua.....	19
2.5. Contaminantes del Agua y los Fuentes Contaminantes.....	20
2.5.1. Fuentes de Contaminación.....	20
2.5.2. Fuentes Puntuales.....	22
2.5.3. Fuentes No Puntuales.....	22
2.5.4. Aspectos Físicos.....	23
a). Color.....	23
b). Conductividad.....	23
c). pH.....	23
d). Sólidos.....	24
2.5.5. Aspectos Químicos.....	24
a). Sulfuros.....	24
b). Sulfatos.....	25
c). Nitrógeno Amoniacal.....	25
d). Nitritos.....	25
e). Nitratos.....	26

f). Metales.....	26
g). Detergentes.....	26
h). Hidrocarburos.....	26
2.5.6. Aspectos Biológicos.....	27
a). Indicadoras de la Contaminación Bacteriológicas.....	27
b). Contaminación por Virus.....	28
2.5.7. Otras Sustancias Toxicas.....	28
2.5.8. Procedencia de la Contaminación de Metales Tóxicos...	29
a). Contaminación Natural.....	29
b). Contaminación Artificial.....	29
2.5.9. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.....	30
2.6. Contaminación por Arsénico.....	31
2.6.1. El Arsénico en el Agua.....	32
2.6.2. Efectos del Arsénico en la Salud.....	32
2.6.3. Control de la Contaminación del Arsénico.....	33
2.6.4. Límites Máximos Permisibles del Arsénico.....	34
2.7. Plomo.....	35
2.7.1. Efectos del Plomo en la Salud Humana.....	36

2.7.2. Para Reducir la Exposición del Plomo.....	37
2.7.3. Medidas Preventivas para la Exposición del Plomo.....	38
2.7.4. Límites Máximos Permisibles del Plomo.....	38
2.8. Absorción Atómica.....	39
2.8.1. Absorción Atómica en Análisis de los Líquidos.....	39
III. MATERIALES Y METODOS.....	41
3.1. Lugar y Fecha de Establecimiento.....	41
3.2. Materiales y Equipos Requeridos.....	45
3.3. Metodología Utilizada.....	46
3.3.1. Procedimiento para la Toma de Muestra.....	46
3.3.2. Procedimiento para el Análisis en Laboratorio.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	48
4.1. Determinación del Arsénico.....	48
4.2. Determinación del Plomo.....	49
4.3. Determinación del pH.....	51
4.4. Determinación del Plomo en Agua por Absorción Atómica.....	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMDACIONES.....	53
VI. LITERATURA CITADA.....	54

INDICE DE CUADROS

Título

Cuadro 2.1. Distribución del Agua en la Hidrosfera.....	8
Cuadro 2.2. Disponibilidad de Agua por Región Administrativa para Fines de Planeación.....	13
Cuadro 4.1. Resultados de la concentración de Arsénico de las Muestras Tomadas (ppb).....	48
Cuadro 4.2. Resultados de la concentración del Plomo de las Muestras Tomadas (ppm).....	50
Cuadro 4.3. Resultados de los Análisis de pH realizados en las Muestras Tomadas.....	51
Cuadro 4.4. Resultados de análisis del Plomo por Absorción Atómica.....	52

INDICE DE FIGURAS

Título

Figura 2.1. Distribución Global del Agua.....	8
Figura 2.2. Disponibilidad de Agua en México.....	14
Figura 2.3. Estadística de la Disponibilidad del Agua en 2008.....	14
Figura 3.1. Saltillo, Coahuila y sus Colindancias.....	42
Figura 4.1. Resultados de la Concentración del Arsénico de las Muestras Tomadas (ppb).....	49
Figura 4.2. Resultados de la Concentración de Plomo de las Muestras Tomadas (ppm)	50
Figura 4.3. Resultados de análisis de pH en las muestras tomadas.....	51
Figura 4.4. Resultado de Análisis de Plomo en Absorción Atómica...	52

RESUMEN

El agua es considerada como una de las sustancias vitales más importantes para los seres vivos. La facilidad con la que el agua al ser extraída y distribuida se puede contaminar, amerita que se analice periódicamente. Este trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) para verificar la calidad del agua en apoyo a la sustentabilidad de los recursos hídricos.

En este trabajo de tesis tenemos como objetivo verificar si la calidad de agua en el área de estudio está dentro de los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 para uso y consumo humano en el Sureste de Coahuila, como en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y la Ciudad de Saltillo.

Se recolectaron 8 muestras de agua y se hicieron cuatro tipos de análisis en cada muestra en la determinación de Arsénico, Plomo, pH y determinación del plomo por absorción Atómica. Siendo estos cuatro análisis se vio que en ninguna de las muestras se encontraron dichos contaminantes, afortunadamente para la comunidad puede estar tranquila al consumir el agua del área de estudio.

PALABRAS CLAVE: Análisis de arsénico y plomo, agua, contaminación de agua, aspectos químicos, salud humana

CAPITULO 1

I. INTRODUCCION

Una de las mayores necesidades de la sociedad moderna es el de disponer de abundante agua para las actividades cotidianas y el consumo. Ante el aumento constante de la población, la expansión de la industria y la falta de protección al medio ambiente, la disponibilidad del agua potable en el planeta ha ido disminuyendo, ya que la mayor parte se encuentra actualmente contaminada. El agua natural puede contener materiales visibles e invisibles, pudiendo ser: sustancias y minerales disueltos, materia orgánica y especies microbiológicas. (J. C. I. Dooge. "Integrated Management of Water Resources", 2001).

El agua es un elemento fundamental para la vida y en el marco global el agua potable es escasa y muchas personas no pueden acceder a ella, ya que solo el 0.003 por ciento del agua del planeta puede ser usada para el consumo humano. Además se sabe que va a llegar un momento en que todos vamos a carecer de agua (Artículo de "Hidrología" Globe, 1997).

En México, especialmente en el Norte, una de las mayores necesidades es la de disponer de agua para las actividades agrícolas y de consumo humano; antes el aumento de la población, esto genera una demanda que poco a poco es más difícil de satisfacer. También debido a la expansión de las industrias y la falta de protección del medio ambiente, se ha originado que la disponibilidad de agua potable en el planeta valla disminuyendo, ya que una gran parte se encuentra actualmente contaminada (Guyton, 1975).

El agua potable es esencial para todas formas de vida, incluida la humana. Como afirma Björn (2001) cuando cita que el acceso al agua potable se ha incrementado sustancialmente durante las últimas décadas en prácticamente la totalidad de la superficie terrestre. Sin embargo, estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2008), estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo

tendrá problemas de escasez de agua antes de 2030; en esos países es urgente un menor gasto de agua en la agricultura, modernizando los sistemas de riego en los cuales sea más eficiente el aprovechamiento del agua por los cultivos.

El agua es una sustancia con propiedades poco usuales y con características físicas y químicas muy diferentes de otros líquidos. Así podemos hablar de propiedades de cambio de transparencia, color y densidad.

Podemos considerar al agua potable, como aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos al ser humano ya que debe de cumplir los requisitos de calidad del Reglamento Oficial, mientras que el agua purificada es agua sometida a un proceso físico y químico, su ingestión no causa efectos nocivos a la salud, se encuentra libre de gérmenes patógenos y además cumple con los requisitos de la Norma Oficial Mexicana NOM 127-SSA1-1994(Diario Oficial de la Federación-DOF- 1994).

Este tema de investigación es de mucha importancia ya que gracias a él conoceremos si el agua que consumen los pobladores de los lugares de estudio es de buena calidad, tema que a veces es ignorado por muchas personas y a largo plazo traen consecuencias en la salud de quienes consumen agua de mala calidad.

1.1. Objetivo

Determinar la calidad de agua en consumo de la población Saltillo, Coahuila y de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), como marca la Norma Oficial Mexicana 127 (NOM-127-SSA1-1994.)

1.2. Hipótesis

Los parámetros analizados para la determinación de la calidad de agua para uso y consumo humano en el área de estudio están dentro de los límites permisibles de la calidad que marca la norma NOM-127-SSA1-1994.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. El Agua

El agua (del latín *aqua*) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. El agua es esencial para la mayoría de las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana. El agua es un elemento de la naturaleza que está en continuo movimiento y va adoptando distintos estados: sólido, líquido y gaseoso.

De esta forma, el agua va desde los océanos a la atmósfera y luego regresa a los mares ya sea por la superficie o por debajo del suelo y, así, pareciera que se trata de un recurso renovable, pero cuando en alguna región no se cuenta con la disponibilidad suficiente para la vida, el agua debe considerarse como un recurso no renovable.

Según Baroni *et al.* (2007) se estima que aproximadamente a nivel mundial el 70 por ciento del agua dulce se consume en la agricultura. El agua en la industria una media de 20 por ciento, empleándose en la refrigeración, el transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico absorbe el orden del 10 por ciento restantes.

De total de agua disponible de la República Mexicana, el 79.5 por ciento para el uso agrícola, el 9.3 por ciento para el uso doméstico, el 7 por ciento para el uso industrial y el 4.2 por ciento restante para el uso en las plantas generadoras de electricidad (Mosqueira, 2005).

2.1.1. Importancia del Agua

El agua, es uno de los elementos más importantes para la vida sobre el planeta Tierra. Para los seres vivos en general el agua, es un elemento vital, pues no solo es parte integrante de su estructura orgánico-molecular, sino que además participa en innumerables procesos y reacciones químicas, físicas y biológicas que condicionan su propia existencia. Para los seres humanos en particular el agua, no sólo cumple ese rol orgánico-fisiológico, sino que además las propiedades físicas y químicas propias con que cuenta han determinado que el hombre la utilice en numerosas instancias de índole social, productiva o industrial.

En todas sus formas y estados, el agua es un elemento primordial e insustituible para la vida, siendo innumerables las situaciones en las cuáles comparte su existencia con otros elementos ambientales. Sin ser el único, se puede afirmar que el agua directa o indirectamente, como protagonista o cumpliendo un rol secundario, el agua está presente en todas y en las más diversas situaciones que ocurren sobre la faz de la tierra. Ello sólo, justifica la necesidad y la obligación que tiene el hombre de encontrar las formas que aseguren que su inevitable accionar, no ponga en riesgo la integridad del agua como tan vital recurso y de aquellos con los que interactúa (Mosqueira, 2005).

El contenido del agua de los diferentes órganos no es el mismo. El agua se encarga de acarrear nutrientes por todo nuestro cuerpo, ayuda a la digestión, a incrementar el nivel de energía y ayuda a controlar el peso metabolizando las grasas. La pequeña proporción de 22 a 34 por ciento es la que entra en los huesos y en los tejidos se eleva a 70 y 80 por ciento en las vísceras.

El mayor contenido corresponde a los tejidos nerviosos que contienen una proporción del 82 al 94 por ciento respecto al contenido porcentual de

agua de cada órgano. El agua es un recurso indispensable para los seres vivos y para los seres humanos (Baroni, 2007).

Su importancia estriba en diversos aspectos como:

- Es fuente de vida: Sin ella no pueden vivir ni las plantas, ni los animales, ni el ser humano.
- Uso doméstico: para lavar, cocinar, regar, lavar ropa, etc.
- Uso industrial: para curtir, fabricar alimentos, limpieza, generar electricidad, etc.
- Uso agrícola: irrigar los campos.
- Uso ganadero: para dar de beber a los animales domésticos.
- Uso medicinal: en la medicina para curar enfermedades. Las aguas termales.

Las aguas minerales son de consumo para bebidas y contienen sustancias minerales de tipo medicinal.

2.1.2. Distribución de Agua en Nuestro Planeta

El 97.4 por ciento del agua en nuestro planeta se encuentra en los mares. Por lo tanto sólo un 2.6 por ciento está en la tierra. De ésta sólo un 0.06 por ciento está disponible a los seres humanos y demás organismos, dado que el resto está en el subsuelo o en forma de hielo y nieve.

Un 70 por ciento de la superficie de la tierra es agua, pero la mayor parte de esta es oceánica; en volumen, solo el 3 por ciento de toda el agua en el mundo es agua dulce, y en mayor parte no se halla disponible. Unas tres cuartas partes de toda el agua dulce son inaccesibles, ya que se encuentra en forma de casquetes de hielo y glaciares situados en zonas polares

alejadas de los centros de población: solo el 1 por ciento es agua dulce superficial fácilmente accesible.

Esta es el agua que se encuentra en los lagos y ríos a poca profundidad en el suelo, de donde puede extraerse sin mayor costo. Sólo la cantidad de agua se renueva habitualmente con la lluvia y las nevadas y es, por tanto, un recurso sostenible, solamente un centésimo del uno por ciento del suministro total del agua en el mundo, se considera fácilmente accesible para uso humano.

A nivel mundial se dispone de 12,500 a 14,000 millones de metros cúbicos de agua por año para uso humano. Esto representa unos 9,000 metros cúbicos persona por año (1989). Se proyecta que en el año 2025, la disponibilidad global de agua dulce descenderá a 5,100 metros cúbicos por persona por año, por el crecimiento poblacional. Aun entonces, esta cantidad sería suficiente para satisfacer las necesidades humanas si el agua estuviera distribuida por igual entre todos los habitantes; de ahí la importancia de tomar conciencia del uso y conservación del agua, así como de los esfuerzos que se realizan para que llegue a nuestros hogares(Les chantiers, 2000).

Resulta interesante resaltar lo asegurado por el Director General de la UNESCO Koichiro Matsuura (2003), al comentar el informe más exhaustivo que se halla conocido sobre el estado actual del agua al decir “de todas las crisis sociales y naturales que debemos afrontar los seres humanos, la de los recursos hídricos es la que más afecta a nuestra supervivencia y a la del planeta”. Prevé que en los próximos 20 años el promedio mundial de abastecimiento de agua por habitante disminuirá en un tercio” a causa del crecimiento de la población, de la contaminación y del cambio climático. En el mejor de los casos, a mediados del presente siglo habrá 2,000 millones de personas de 48 países que sufrirán la escasez del agua.

Cuadro 2.1. Distribución del Agua en la Hidrósfera (Jiménez, 2007)

	VOLUMEN (Km ³)	%	TIEMPO PROMEDIO DE RENOVACION
MARES Y OCEANOS	1 457 000 000	96.811	3100 años
ATMOSFERA	15 000	0.001	16 000 años
CASQUETES POLARES	33 380 000	2.218	9 a 12 días
GLACIARES	230 000	0.015	16 000 años
LAGOS SALADOS	100 000	0.007	10 a 100 años
LAGOS DE AGUA DULCE	135 000	0.009	10 a 100 años
RIOS	1 500	0.0001	12 a 20 días
HUMEDAD DEL SUELO	38 500	0.002	280 días
AGUA SUBTERRANEA (Hasta 1000 m de profundidad.)	4 550 000	0.302	300 años
AGUA SUBTERRANEA (1000 A 2000 m de profundidad.)	9 550 000	0.635	4 600 años

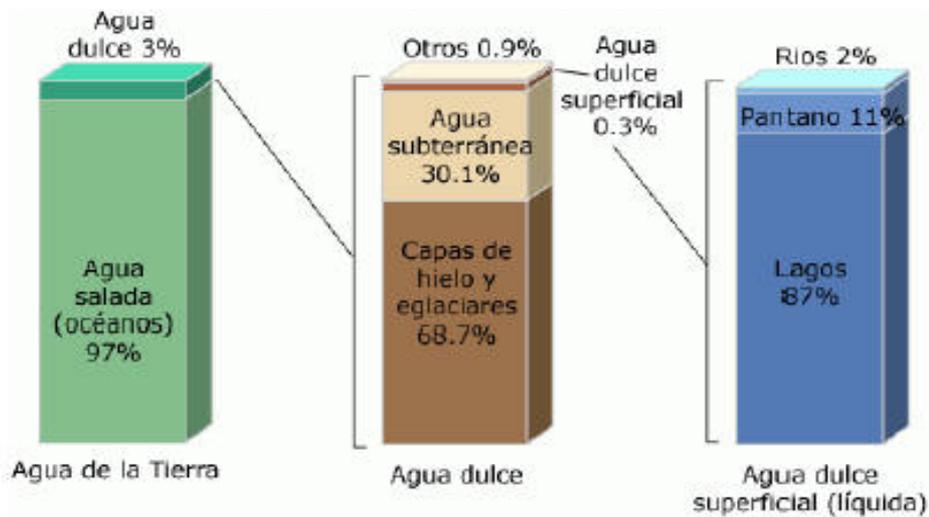


Figura 2.1. Distribución Global del Agua

Citado en: http://elaguaenelmundo.webcindario.com/el_agua_en_el_mundo.htm

2.1.3. Consumo del Agua a Nivel Mundial

¿Cuáles son los países y territorios más avanzados por la escasez del agua? La lista la encabeza Kuwait, que actualmente dispone de 10 m³ anuales de agua por habitante, seguido por la Franja de Gaza (52 m³), y los Emiratos Árabes Unidos (58 m³) y las Islas Bahamas (66 m³). En el otro extremo de la lista, se encuentran, Islandia (609.319) y la Guyana Francesa (812.121 m³), (juillet, 2000).

2.1.4. Fuentes de Agua

Las aguas dulces que podemos aprovechar son superficiales, como los ríos y lagos, y subterráneas, conocidas como acuíferos. También se puede recoger el agua de lluvia y almacenarla en los aljibes, pero en nuestra zona, aunque se han construido aljibes desde tiempos remotos, la lluvia es tan escasa e irregular que su aprovechamiento directo es muy difícil. Se entiende por fuente de almacenamiento del agua aquel punto o fase del ciclo natural por cual se desvía o aparta el agua, temporalmente, para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Afortunadamente, la naturaleza nos permite disponer de agua todo el año. Parte de la lluvia queda retenida en los suelos y es liberada después, lentamente, a través de los ríos y acuíferos. Para disponer de agua en los periodos secos hemos de cuidar tanto que el agua sea bien almacenada por el suelo como de los ríos y acuíferos.

a). Abastecimiento de Agua Subterránea

El agua contenida en la zona de saturación es la única parte de toda el agua de subsuelo de lo cual se puede hablar con propiedad como agua subterránea. El agua subterránea se encuentra en forma de un solo cuerpo continuo o también en estratos separados.

Hillebeo (2007) dice que las comunidades más pequeñas son las que emplean abastecimientos subterráneos de agua, por lo limitado que resulta el volumen de un acuífero. Un inconveniente de los abastecimientos subterráneos es su tendencia a proporcionar aguas excesivamente duras, lo cual se debe a que los constituyentes que causan la dureza son lavados de los depósitos minerales. El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece gran parte de la población mundial, pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación.

Por otro lado, el abastecimiento subterráneo tiene la ventaja de proporcionar aguas que requieren un menor grado de tratamiento, porque las impurezas se eliminan de forma natural a medida que el agua atraviesa las capas del suelo y el subsuelo (Hillebeo, 2007).

b). Abastecimientos Superficiales

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno. Por lo general las grandes ciudades dependen de los abastecimientos superficiales, y en la mayoría de los casos las aguas superficiales, ya sea de corrientes, lagos o embalses, no son seguras para consumo humano y requieren tratamiento.

Los grandes corrientes usualmente reciben agua de cuencas habitadas y reciben también contaminaciones más serias producidas por el escurrimiento superficial de las tierras erosionadas o aradas, por lo que las características físicas de estas aguas son, por lo general, inferiores a las de aguas subterráneas. Además las aguas negras y los desperdicios industriales pueden ser descargados directamente a muchas corrientes sin tratamientos.

c). Ríos

Según Hilleboe (2007) el abastecimiento de agua de río requiere por lo común de los mayores recursos para su tratamiento. La turbiedad o enturbiamiento, el contenido mineral y el grado de contaminación varía considerablemente de un día a otro. La variación de la temperatura del agua durante el año también puede hacerla indeseable, especialmente en los meses calurosos en verano.

d). Lagos Naturales

El mismo autor menciona que el abastecimiento de lagos pueden proporcionar agua de muy buena calidad, excepto de tomas cercanas de las descargas de drenaje o de escurrimientos fuertes. Además de necesitar un tratamiento mínimo, la disponibilidad de cantidades de aguas prácticamente ilimitadas como una ventaja decisiva.

2.2 .Situación de Agua en Nuestro Continente Americano

2.2.1. Disponibilidad de Agua en algunos Países del Continente Americano

América del Sur posee la mayor disponibilidad de agua renovable tanto absolutamente como por habitante: 9.526 km³ y 30.005 m³, respectivamente y América Central, en donde hemos incluido a México, en el extremo, presenta los valores más bajos: 1.057 km³ y 8.558 m³, respecto de los mismos indicadores. América del Norte, considerando únicamente Estados Unidos y Canadá, presenta los valores medios: 5.309 km³ y 17.896 m³, respectivamente. En lo que se refiere al consumo, América del Norte tiene los consumos mayores: 512 km³ y 1798 m³, total de consumo anual y consumo personal. América Central sigue presentando los consumos menores: 96 km³ y 335 m³. En este rubro América del Sur, posee valores intermedios: 106 km³ de consumo total y 335 m³ de consumo personal. Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua potable se refiere al aprovechamiento eficiente de la precipitación pluvial, es decir, el agua de lluvia, ya que un milímetro de lluvia equivale a un litro por metro cuadrado (Torres, 2006).

2.2.2. Disponibilidad de Agua en México

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 2003, México se encuentra en el lugar 94 en cuanto a disponibilidad de agua con cuatro mil 547 metros cúbicos por persona, lo cual contrasta con países como Canadá que dispone de 91 mil 640 metros cúbicos de agua. Nuestro país tiene menos de los cinco mil metros cúbicos de agua por persona que recomienda el organismo internacional. En algunas regiones del territorio mexicano la situación es crítica. Por ejemplo, ciertas zonas de Baja California Sur enfrentan problemas de estrés hídrico con menos de mil 700

m³ por año y hay áreas con “escasez”, con menos de mil metros cúbicos al año.

En medio siglo la disposición de agua por persona, bajó a menos de la mitad, al pasar de 11 mil metros cúbicos por persona a cuatro mil 547 metros cúbicos, lo cual coloca al país en una categoría “baja”. La distribución desigual de la población, en relación con las zonas donde hay agua, hace que 77 por ciento de los mexicanos vivan en las zonas donde hay una disposición “extremadamente baja”, se trata de las regiones norte, centro y noreste del país, donde hay mil 300 metros cúbicos por habitante, de acuerdo con cifras de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2007).

En contraste, en el sureste del país se encuentra 68 por ciento del agua siete veces más que en el resto del territorio, pero ahí reside tan sólo 23 por ciento de los mexicanos.

Sobre la disponibilidad de las aguas nacionales, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), publica en la página 10 de su documento “Compendio Básico del agua en México 2001”, como se muestra en la figura 2.2, y también se muestra la estadística en el año 2008 en México tal como lo indica en la Figura 2.3.

Cuadro 2.2. Disponibilidad de Agua por Región Administrativa para Fines de Planeación (CONAGUA, 2007)

DISPONIBILIDAD Y USOS DEL AGUA POR REGIÓN ADMINISTRATIVA PARA FINES DE PLANEACION				
Región Administrativa	Disponibilidad natural base media hm ³	Escurrimiento superficial virgen medio hm ³	Recarga media de acuíferos hm ³	Extracción total bruta del agua hm ³
I. Península de B.C.	4.102	2.522	1.580	3.589
II Noroeste	8.128	5.428	2.700	7.387
III Pacífico Norte	25.425	23.950	1.475	10.200
IV Balsas	28.151	24.800	3.351	9.070
V Pacífico Sur	36.061	34.238	1.823	2.010
VI Río Bravo	12.170	7.370	4.800	10.431
VII Cuencas Centrales del Norte	5.557	3.713	1.814	4.322
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	35.377	28.191	7.186	14.208
IX Golfo Norte	23.505	22.031	1.474	4.763
X Golfo Centro	108.638	106.539	2.099	4.056
XI Frontera Sur	157.484	151.707	5.777	2.044
XII Península de Yucatán	35.354	4.300	31.054	1.287
XIII <u>Valle de México</u>	3.319	2.294	1.025	5.035
Nacional	400.271	417.110	66.150	70.402

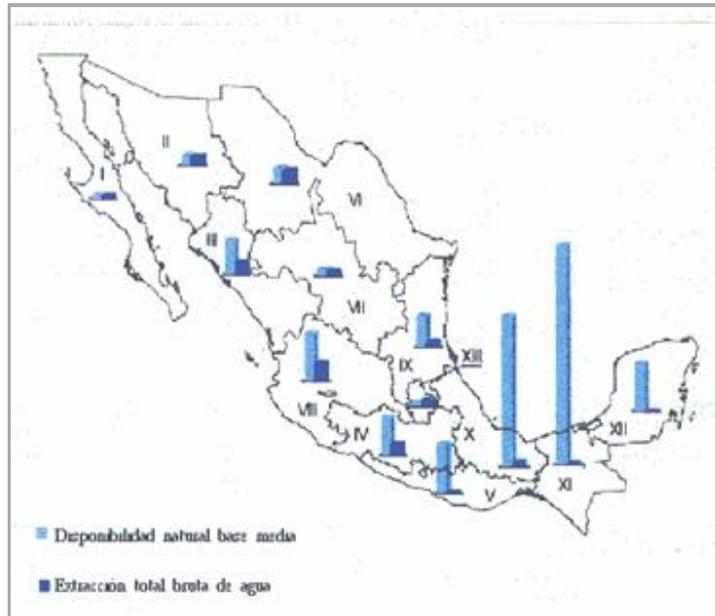


Figura 2.2. Disponibilidad de Agua en México

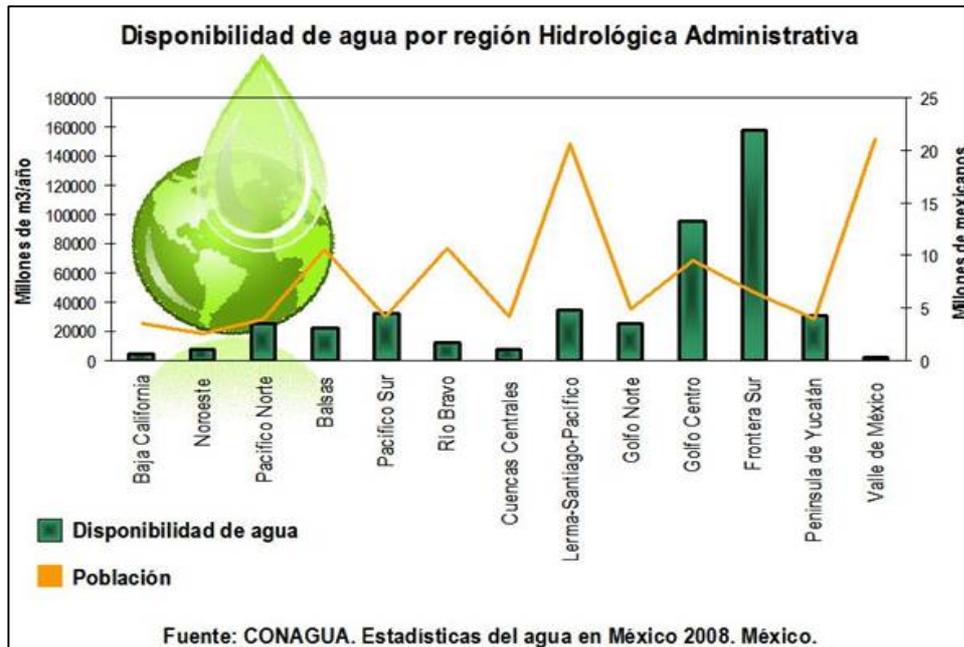


Figura 2.3. Estadística de la Disponibilidad de Agua en 2008

2.2.3. Aprovechamiento del Agua Precipitada en México

El control, retención y almacenamiento del agua de lluvia, ha sido una de las opciones más utilizadas para el abasto de agua tanto para el consumo humano y animal como para la producción agrícola en las regiones de climas secos o semisecos que carecen de corrientes o cuerpos de agua superficiales. Las soluciones tecnológicas tradicionales para el control y almacenamiento del agua de lluvia a emplear en la producción agrícola o el uso doméstico son diversas.

Desde técnicamente más simples y temporales como colocar cercas de ramas sobre el curso de un arroyo seco para desviar las avenidas de aguas broncas e introducirlas a las parcelas. Según Jiménez (2007) en todo el país llueve aproximadamente de 1511 km³ de agua cada año. El 72 por ciento (1084 km³) de esa agua se evapora. De acuerdo al actor anterior del total del agua disponible equivalente a 427 km³, aproximadamente 402 km³ escurre y 25 km³ se acumulan en el acuífero.

La capacidad de almacenamiento de escurrimiento con la infraestructura nacional es de 150 km³, por lo que 252 km³ del agua disponible anualmente se van al mar sin ningún aprovechamiento. Pero si consideramos que la presa ha perdido el 40 por ciento de su capacidad de almacenamiento por azolve, hay que aumentar 60 km³ al volumen que escurriría al mar (312 km³ equivalente al 73 por ciento de agua disponible.).

El agua que se pierde hacia el mar no va sola, también se lleva una gran cantidad de suelo fértil, materia orgánica, arboles, hojas y semillas, ganado muerto, destruye zócalos de pueblos, calles, casas, carreteras y puentes, a veces lleva cuerpos inertes de seres humanos, pero casi siempre se lleva la expectativa y la ilusión de una vida mejor para la gente.

2.2.4. Infraestructura Hidráulica del País

Dentro de la infraestructura hidráulica con que cuenta el país para proporcionar el agua requerida para los diferentes usuarios nacionales, destaca la siguiente como reporta (CONAGUA, 2008):

- 4 000 presas de almacenamiento.
- 6.46 millones de ha. con riego.
- 2.74 millones de ha. con temporal tecnificado.
- 541 plantas potabilizadoras en operación.
- 1 710 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación.
- 2 021 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales en operación.
- 3 000 km. de acueductos

2.2.5. Principales Presas de México

Existen alrededor de 4 mil presas en México según CONAGUA (2008) de las cuales 667 están clasificados como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés). Todas las presas en el país en conjunto pueden almacenar un total de aproximadamente 150 mil millones de m³. El volumen almacenado en las 52 presas principales, en el periodo de 1990 a 2007, tuvo un valor inicial de 67,350 millones de m³ en el año de 1990, un valor mínimo de 41,342 millones de m³ en el año de 2002 y un valor máximo de 80,876 millones de m³ en el año 2007.

2.3. Agua en Coahuila

El Estado alberga las dos Regiones Hidrológicas consideradas las más grandes del Norte del País, la Bravo-Conchos y la de los ríos Nazas y Aguanaval. Cuenta con cinco grandes presas: Venustiano Carranza, también conocida como Don Martín, La Amistad, y La Fragua, Piedritas y Noche Buena. Las presas Centenario y San Miguel, aunque no son de gran capacidad, son relevantes por ser la fuente de suministro para el Distrito de Riego 006.

También cuenta con importantes corrientes de agua superficial, destacándose el río Bravo, que se localiza al norte y sirve como frontera a lo largo de 2,008 kilómetros entre México y los Estados Unidos.

Este río nace en las montañas Rocallosas, cerca del paralelo N 38° dentro del estado de Colorado; colinda con las cuencas de los Ríos Colorado y Mississippi, y sigue con dirección norte- sur hasta tocar territorio mexicano en ciudad Juárez, Chihuahua, desde donde recorre 2,896 kilómetros hasta su desembocadura en el Golfo de México. Su recorrido en Coahuila es de aproximadamente 740 kilómetros (CONAGUA, 2008).

2.3.1. Usos del Agua

Volúmenes de agua concesionados para uso consuntivo.

- 1.- Industria autoabastecida 10 por ciento.
- 2.- Abastecimiento publico 13 por ciento.
- 3.- Uso agropecuario 77 por ciento.

La entidad avanzó del cuarto al primer lugar nacional del agua potable, y en eficiencia de cloración, ascendió del vigésimo tercero en el año 2001 hasta ocupar el primer lugar en el escalafón mensual que lleva la Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios en el transcurso del año

2005. En tratamiento de aguas residuales, entre el año 2000 y el año 2005, la capacidad instalada aumentó del 23 al 54 por ciento.

Sin embargo, una parte importante de la infraestructura de la distribución actual tiene más de cincuenta años de antigüedad y existen insuficiencias y rezagos que son precisos continuar enfrentando. Para un estado moderno es inaceptable que, por ejemplo, un tratamiento de aguas residuales estemos todavía arrojando al medio ambiente cada segundo más de 2 000 litros de agua contaminada y estemos perdiendo por fuga cerca de la mitad de agua extraída.

2.3.2. Agua en Saltillo.

En la reunión efectuada por los organismos. Aguas de Saltillo y la Unión de Organismos Empresariales de Coahuila Sureste, en la cual lo más destacado fue que en estudios realizados se definió que restan 22 años de reserva 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 a registrado una alta sobreexplotación de los pozos, principalmente los ubicados de los acuíferos de Carneros, Zapalinamé y Loma Alta. En una declaración oficial de la CONAGUA (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 de Zapalinamé, Carneros y Loma Alta se están abatiendo a una velocidad impredecible (<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/98194.el-problema-del-agua-potable-en-saltillo.html>).

2.4. Calidad de Agua

Este término es relativo a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias ya sea tóxicas o producidas por procesos naturales. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normados por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro. El agua por su nivel de contaminación se juzga adecuada para la irrigación, ya que no tiene calidad apropiada para su uso como agua potable, para determinar esto existen organizaciones que se han puesto la tarea de establecer parámetros o rangos que establezcan las concentraciones o el grado de contaminación que debe tener de acuerdo al uso que se le pretende dar. En el caso extremo si el agua está demasiado contaminada, no tiene la calidad necesaria para ninguno de los usos comunes, tales como agua potable, de lavado, para irrigación o en plantas industriales (para generar vapor o como agua de enfriamiento). La contaminación de agua puede ser calorífica o con radioisótopos, iones de metales tóxicos y aniones, moléculas orgánicas, ácidos, álcalis y organismos que causan enfermedades (patógenos) como es descrito por (Mosqueira, 2005).

2.5. Contaminantes del Agua y las Fuentes Contaminantes

La acción y el efecto de introducir materias, o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. Y los tipos de contaminantes pueden estar producidas por:

- Compuestos minerales: pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, arsénico, etc.), nitratos, nitritos. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O₂ disuelto en el agua) como el fósforo.
- Compuestos orgánicos (fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc.) Producen también eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y éstos consumen O₂.
- La contaminación microbiológica se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares.
- La contaminación térmica provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua (Aguilar Fernández, 1997).

2.5.1. Fuentes de Contaminación

Según el origen se considera que la contaminación es de dos tipos:

a)- la contaminación producida por causas naturales o geoquímicas y que generalmente no está influenciada por el hombre.

b)- la contaminación provocada por las actividades del hombre y se le llama contaminación antropogénica.

La gestión de las aguas residuales representa la mayor fuente mundial de contaminación. Los desechos domésticos e industriales se vierten sobre la superficie de las aguas a través de los sistemas de alcantarillado. En algunos casos, los residuos industriales son liberados directamente sobre los ríos y mares.

La calidad de las aguas residuales depende de los contaminantes que están presentes en el agua y de la medida en que esta agua es tratada antes de liberarla junto con el resto de vías fluviales. Las aguas residuales domésticas constan principalmente de papel, jabón, orina, heces y detergentes. Los desechos industriales, en cambio, son variados y dependen de los procesos específicos de las plantas de las que proceden en origen.

Por ejemplo, los metales pesados están asociados con la minería y la fundición. Los cloro fenoles y fungicidas con las fábricas de insecticidas con la industria química y las sustancias radiactivas con las centrales nucleares. En terreno seco, las emisiones de residuos industriales están estrechamente controladas, pero la extracción de petróleo y la extracción de manganeso suelen provocar a menudo vertidos contaminantes directamente en el mar.

Los residuos radiactivos se vierten en el mar en grandes barriles con objeto de mantenerlos alejados de los centros urbanos, pero a menudo los barriles se deterioran después de un tiempo. El petróleo en muchas ocasiones, es liberado en el mar a través de petroleros y barcos hundidos. Este tipo de desgracias ocurre con bastante asiduidad en los últimos años.

Los plaguicidas se aplican al agua para controlar las plagas acuáticas. Las pinturas de los barcos durante los viajes largos sobre el océano suelen finalmente acabar en el agua. Durante el período de crecimiento de los

cultivos, los nitratos y fosfatos son absorbidos por las plantas, pero cuando las plantas mueren, todo este material es liberado en el suelo y en ocasiones termina alcanzando las aguas. Salvo en el caso de las deliberadas causas de la contaminación de las aguas, los contaminantes pueden también entrar accidentalmente al medio a través de la deposición atmosférica. Los pesticidas pueden entrar en las aguas fácilmente de esta manera, porque se aplican como gotas o asperciones. Los contaminantes presentes en la tierra pueden entrar en las aguas superficiales a través de fuertes lluvias o infiltrarse en el suelo y entrar en las aguas subterráneas (Aguilar, 1997).

2.5.2. Fuentes Puntuales

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1981) las fuente puntuales son aquellas que descargan los contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías, acequias o alcantarillas a cuerpos de aguas superficiales. Los ejemplos incluyen fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras (que retiran algunos, pero no todos los elementos contaminantes), minas subterráneas de carbón activas o abandonadas, minas de oro, pozos de petróleo fuera de costas y buques-tanques petroleros.

2.5.3 Fuentes no Puntuales

FAO (1981) menciona las fuentes no puntuales, son grandes áreas de terrenos que descargan contaminantes a las aguas superficiales y subterráneas sobre una región extensa y parte de la atmósfera donde los contaminantes son depositados en el agua superficial. Los ejemplos pueden ser los vertimientos de sustancias químicas en el agua superficial y la infiltración de tierras de cultivos, lotes de pastura para ganados, bosques talados, tierras urbanas y suburbanas, tanques sépticos, predios de construcción, sitios de estacionamientos, carreteras.

2.5.4. Aspectos Físicos

a). Color

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El agua pura sólo es azulada en grandes espesores. No se puede atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes.

b). Conductividad

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad, por lo tanto es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua, proviene de un ácido, una base o una sal disociada en iones. La temperatura modifica mucho la conductividad de una solución La conductividad y la dureza de las aguas también son dos parámetros cuyos valores están, en general, bastante relacionados, ya que las sales de calcio y magnesio son las más abundantes en la naturaleza y, en ausencia de aportes ajenos al sustrato por el que escurren, la conductividad de las aguas se debe a la concentración de las sales de estos cationes en las mismas. La conductividad y la dureza reflejan, a su vez, el grado de mineralización de las aguas y su productividad potencial.

c). pH

Se utiliza esta notación como medida de la naturaleza ácida o alcalina de una solución acuosa. Se expresa como pH que:

pH= 7 medio neutro

pH= <7 medio ácido

pH=>7 medio alcalino

El pH del agua natural depende de la concentración de ácido carbónico, consecuencia de la mineralización de las sales presentes en el agua. El pH de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos atravesados, así pues, el pH alcalino indica que éstos son calizos, y un pH ácido que son silíceos. Los valores de pH compatibles con la vida de las especies acuáticas están comprendidos entre 5 y 9, situándose los más favorables entre 6 y 7,2. En un vertido con pH ácidos, se disuelven los metales pesados, y con pH alcalinos precipitan.

d).Sólidos

Se definen los sólidos totales como los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los sólidos suspendidos, o porción de sólidos totales retenidos por un filtro, y los sólidos disueltos totales, o porción que atraviesa el filtro. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas superficiales como subterráneas. Para las aguas potables se indica un valor máximo de 500 ppm. En los usos industriales, la concentración elevada de estos puede interferir en los procesos de fabricación, o como causa de espuma en las calderas.

2.5.5. Aspectos Químicos

a). Sulfuros

El sulfuro de hidrógeno es un gas muy soluble en el agua, de 3,5 a 7 g/l en condiciones normales, de olor a huevos podridos y muy venenosos. Las aguas que contengan sulfuro de hidrógeno serán muy tóxicas a pH ácidos, incluso para las bacterias. La toxicidad disminuirá extraordinariamente a pH básicos.

b). Sulfatos

El ión sulfato es uno de los iones que contribuyen a la salinidad de las aguas, encontrándose en la mayoría de las aguas naturales. El origen de los sulfatos se debe fundamentalmente a la disolución de los yesos, dependiendo su concentración de los terrenos drenados. Se encuentra disuelto en las aguas debido a su estabilidad y resistencia a la reducción.

C). Nitrógeno amoniacal

Las aguas superficiales, si están aereadas, no deben contener normalmente amoníaco. Ahora bien, si se consideran los tramos aguas abajo de las aglomeraciones humanas, donde se descargan aguas negras, tienen siempre amoníaco, llegando a veces hasta 4 mg/l y aún más. En general, la presencia de amoníaco libre o ión amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosas. A pH elevados el amonio pasa a estado de amoníaco, considerándose éste en aguas aptas para la vida piscícola, valores legislados inferiores de 0,025 mg/l. si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.

d). Nitritos

Los nitritos pueden estar presentes en las aguas, bien por la oxidación del amoníaco o por la reducción de los nitratos. En el primer caso, es casi seguro que su presencia se deba a una contaminación reciente, aunque haya desaparecido el amoníaco. En las aguas subterráneas, sobre todo en las de origen profundo, se pueden encontrar nitritos como consecuencia de la existencia de un medio reductor.

e). Nitratos

En las aguas los nitratos pueden encontrarse bien procedentes de las rocas que los contengan, lo que ocurre raramente, o bien por oxidación bacteriana de las materias orgánicas principalmente de las eliminadas por los animales. En las aguas superficiales y subterráneas la concentración de nitratos tiende a aumentar hoy día, como consecuencia del incremento del uso de fertilizantes y del aumento de la población.

f). Metales

Son micro contaminantes inorgánicos (se hallan en pequeñas concentraciones, pero tienen efectos amplios en el medio ambiente). Son biorefractarios, es decir, tienden a persistir en el medio ambiente indefinidamente, por lo que representan una amenaza más seria que los compuestos orgánicos, que pueden ser más o menos persistentes.

g). Detergentes

Los detergentes aniónicos son los más empleados, los primeros fueron los alquilbencenosulfonatos (ABS), muy resistentes a la degradación microbiana y tóxica para la vida acuática. Estos son fácilmente degradables por las bacterias, lo que quiere decir que no poseen bastante toxicidad. Influyen en este proceso el oxígeno disuelto y la dureza, el primero potenciándolo y el segundo atenuándolo, por razones hasta ahora desconocidas. En general, la longitud de la cadena de estas moléculas aumenta la toxicidad, como podría preverse.

h). Hidrocarburos

En las aguas continentales están presentes por fuga de oleoductos y vertidos industriales. Dan al agua un sabor y olor desagradables, lo que

permite detectarlos en cantidades incluso de PPB, que además se intensifica con la cloración. La película superficial impide el intercambio gaseoso agua-aire, con el consiguiente trastorno para la vida acuática.

2.5.6. Aspectos Biológicos

a). Indicadoras de la Contaminación Bacteriológica

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. La norma bacteriológica de calidad establece que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal que son los responsables de transmitir enfermedades como salmonelosis, shigelosis, amibiasis, etc. Los microorganismos indicadores de contaminación deben cumplir los siguientes requisitos: fáciles de aislar y crecer en el laboratorio; ser relativamente inocuos para el hombre y animales; y presencia en agua relacionada, cualitativamente y cuantitativamente con la de otros microorganismos patógenos de aislamiento más difícil. Tres tipos de bacterias califican a tal fin:

- Coliformes fecales: indican contaminación fecal.
- Aerobias mesófilas: determinan efectividad del tratamiento de aguas.
- Pseudomonas: señalan deterioro en la calidad del agua o una recontaminación.

Desde el punto de vista bacteriológico, para definir la potabilidad del agua, es preciso investigar bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y fecales. La gran sensibilidad de las bacterias aerobias mesófilas a los agentes de cloración, las ubica como indicadoras de la eficacia del tratamiento de potabilización del agua.

b). Contaminación por Virus

La FAO (1981) indica que la fuente primaria de contaminación por virus de los depósitos de agua proviene de las aguas fecales. No existe un método tradicional para realizar pruebas de presencia de virus. Los organismos de sanidad en general, no disponen de ningún criterio sobre la contaminación de virus, a pesar de haberse confirmado varias experiencias con hepatitis infecciosa en agua de abastecimiento.

2.5.7. Otras Sustancias Tóxicas

Metales tan conocidos y utilizados como el plomo, mercurio, cadmio, níquel, vanadio, cromo, cobre, aluminio, arsénico o plata, etc., son sustancias tóxicas si están en concentraciones altas. Especialmente tóxicos son sus iones y compuestos.

Muchos de estos elementos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas o formar parte de la dieta de los animales. Pero cuando por motivos naturales o por la acción del hombre se acumulan en los suelos, las aguas o los seres vivos en concentraciones altas se convierten en tóxicos peligrosos.

La industrialización ha extendido este tipo de contaminación ambiental. Por ejemplo en los países más desarrollados la contaminación con el plomo procedente de los tubos de escape de los vehículos ha sido un importante problema, aunque desde hace unos años se está corrigiendo con el uso de gasolinas sin plomo. También la contaminación en los alrededores de las grandes industrias metalúrgicas y siderúrgicas puede alcanzar niveles muy altos y desechos tan frecuentes como algunos tipos de pilas pueden dejar en el ambiente cantidades dañinas de metales tóxicos, si no se recogen y tratan adecuadamente.

2.5.8. Procedencia de la contaminación con metales tóxicos

a). Contaminación Natural

Algunos elementos químicos, como el cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, mercurio, níquel, plata y uranio, se encuentran repartidos en pequeñas cantidades por todas partes. Todos estos elementos son potencialmente tóxicos y pueden dañar a los seres vivos en concentraciones tan pequeñas como de 1 ppm. Además de ser elementos que se encuentran en la composición normal de rocas y minerales, pueden ser especialmente abundantes como resultado de erupciones volcánicas, o por fuentes de aguas termales. Algunos compuestos de estos metales pueden sufrir acumulación en la cadena trófica, lo que origina que a pesar de encontrarse en dosis muy bajas en el ambiente, pueden llegar a concentrarse en plantas o animales, hasta llegar a provocar daños en la salud.

Otros elementos, especialmente aluminio y hierro son muy abundantes en las rocas y en el suelo, y también pueden ser tóxicos, pero afortunadamente se encuentran en formas químicas no solubles y es muy difícil que los seres vivos los asimilen.

b). Contaminación artificial

La agricultura usaba algunos pesticidas inorgánicos como arseniatos de Pb y Ca, sulfato de Cr, etc. que eran muy tóxicos. Se han usado hasta hace no mucho tiempo, especialmente en las plagas forestales.

El uso de los lodos de depuradoras como abonos es, en principio, una buena idea que permite aprovechar los desechos de las plantas porque contienen una elevada cantidad de materia orgánica, magnífico nutriente para las plantas. Pero si el agua que llega a la depuradora no es solo urbana, sino que viene también de instalaciones industriales, es muy frecuente que

contenga metales tóxicos que quedan en los lodos e intoxican las plantas y el suelo si se usan como abonos.

Los vertederos de minas y las industrias metalúrgicas son otra fuente de contaminación con metales muy importante en las zonas en las que están situadas. En los vertederos se suele producir lixiviación cuando el agua de lluvia disuelve y arrastra las sustancias tóxicas y las transporta por los ríos o contamina las aguas subterráneas.

Los automóviles contaminan, especialmente en la franja de unas decenas de metros más cercanas a las carreteras y en las ciudades. La contaminación con plomo ha disminuido desde que se ha sustituido el tetra etileno de plomo por otras sustancias antidetonantes en las llamadas gasolinas sin plomo, aunque algo de plomo siguen conteniendo. Otro metal procedente de los automóviles es el zinc que es un componente de los neumáticos.

2.5.9. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994

El suministro de agua con la calidad para el consumo humano es necesario para evitar y prevenir las enfermedades gastrointestinales y otras diversas, por lo cual es conveniente establecer límites permisibles en cuanto a sus contenidos tanto bacteriológicos, físicos, químicos y radiactivos, que nos sirvan como bases para determinar si el agua a consumir cumple con los requisitos necesarios para el consumo humano, con el fin de reservar una buena calidad de vida y una buena salud (DOF, 1994).

2.6. Contaminación por Arsénico

El arsénico es un elemento químico presente en la naturaleza, cuyo símbolo es As. Este elemento es considerado como uno de los más tóxicos que existen. Existen tres formas en las que se puede encontrar al arsénico, las que se denominan alótropos. La primera es su forma cúbica amarilla, la que se obtiene a partir de la condensación, a muy baja temperatura, del vapor. En segundo lugar, se encuentra la polimórfica negra, que es isoestructural con el fósforo negro. Por último, en su forma metálica, el arsénico se comporta como un conductor tanto térmico como eléctrico, sin embargo, es muy frágil y posee una ductibilidad muy baja (Hayden, 2011).

A presión atmosférica el arsénico sublima a 613 °C, y a 400 °C arde con llama blanca formando el sesquióxido As_4O_6 . Reacciona violentamente con el cloro y se combina, al calentarse, con la mayoría de los metales para formar el arseniuro correspondiente y con el azufre. No reacciona con el ácido clorhídrico en ausencia de oxígeno, pero sí con el nítrico caliente, sea diluido o concentrado y otros oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ácido perclórico, etc. (Martin, 2000).

2.6.1. El Arsénico en el Agua

El arsénico es un elemento encontrado en la atmósfera, suelos, rocas, aguas naturales y organismos. Es movilizado en el medio ambiente a través de una combinación de procesos naturales tales como reacciones ambientales, actividad biológica y emisiones volcánicas, así como a través de un amplio rango de actividades antropogénicas.

En el agua (aguas superficiales y subterráneas) el arsénico comúnmente se encuentra en estado de oxidación +5 (arsenato) y +3 (arsenito). En aguas

superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es el arsénico pentavalente o arsenato (As^{+5}). Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito (As^{+3}), (Martin Villota, 2002).

2.6.2. Efectos del Arsénico en la Salud

Las principales rutas de exposición de las personas al arsénico son la ingesta y la inhalación. El arsénico es acumulable en el organismo por exposiciones crónicas y separadas en ciertos niveles de concentración. Puede ocasionar afecciones como alteraciones de la piel (relajamiento de los capilares cutáneos y la dilatación de los mismos), lesiones dérmicas (neoplasias de la piel), vasculopatías periféricas (enfermedades de pie negro), además de enfermedades respiratorias; neurológicas, cardiovasculares y diversos tipos de cáncer (pulmón, hígado, vejiga y de piel). Además, personas que ingieren de forma prolongada arsénico inorgánico, via agua bebida, puedan presentar hiperqueratosis cuya manifestación principal es la pigmentación de la piel y callosidades localizadas en las palmas de las manos y pies. La toxicidad por arsénico puede ocurrir en dos formas: toxicidad aguda y toxicidad crónica. La toxicidad aguda es consecuencia de la ingesta de alto contenido de arsénico en un tiempo corto y la toxicidad crónica es el resultado de la ingesta de pequeñas cantidades de arsénico en un largo periodo del tiempo.

La toxicidad aguda de compuestos de arsénico en el ser humano en función de la capacidad de asimilación del cuerpo humano. La arsina es considerada la forma más tóxica, seguido del arsenito, de arsenatos y los compuestos orgánicos del arsénico. La dosis letal para adultos está en el rango de $1\text{-}4\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ del peso corporal (trióxido de diarsénico). La toxicidad del arsenito es 10 veces superior a la del arsenato. La dosis letal 50 de

trióxido de Arsénico (As_2O_3) es de 2 a 3 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ del peso corporal, aunque en ocasiones cantidades considerablemente mayores no han causado la muerte debido a su expulsión inmediata por medio de vómitos originados por la irritación gástrica. Las combinaciones orgánicas del Arsénico liberan lentamente el toxico y no producen, en general, intoxicaciones agudas, salvo casos especiales. La inhalación de arsenina causa la muerte en pocos minutos si se encuentra en cantidad de 5 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ de aire. La concentración máxima permitida de esta cantidad compuesta en un ambiente industrial es de 0,05 ppm. En los alimentos se pueden admitir hasta 3,5 ppm. En el tabaco se ha encontrado hasta 13 ppm, proveniente en las plaguicidas usados en las plantas de tabaco. En el organismo humano el arsénico elemental ingestado se absorbe lentamente pero luego es eliminado por la vía urinaria, heces, sudor y epitelio de la piel (descamación). El riñón elimina rápida y completamente el As^{+5} y arsénico orgánico. En cambio el tacto intestinal absorbe rápidamente los compuestos solubles de Arsénico. El tiempo de vida media del arsénico inorgánico en el ser humano es de 2 a 40 días (Meharg, 2005).

2.6.3. Control de la Contaminación del Arsénico

Son sistemas que intentan manejar o gestionar la contaminación. Pone su atención en lo que sucede al “final de la tubería”, es decir, una vez que los residuos ya se han generado. Se basa en el principio de asimilación, que considera que el ambiente está en condiciones de asimilar los contaminantes que recibe. Basa la protección de cada ambiente en exigir a las diferentes industrias no superar ciertos niveles de emisión de algunos contaminantes. Una de sus consecuencias es la transferencia de las sustancias de un medio al otro pero la carga contaminante total en el ambiente no disminuye. Para evitar superar los límites de sustancias en los efluentes, se puede lograr que

éstos permanezcan en los filtros de tratamiento. Si esos filtros son luego incinerados o enterrados, las sustancias contaminantes irán a la atmósfera o contaminarán el suelo y las napas de agua subterráneas.

Son pocas, de todos modos, las sustancias contempladas, para la mayoría de los compuestos ni siquiera existen normas. Tampoco éstas tienen en cuenta el efecto simultaneo de todas las sustancias ni la complejidad de la composición de los efluentes y de las emisiones, donde una amplia gama de contaminantes diferentes no puede ser manejada adecuadamente. La UNESCO creo un filtro de anti arsénico (Frers, 2003).

Otros tratamientos para abatir el arsénico:

- Coagulación/filtración.
- Alúmina activada.
- Ósmosis inversa
- Intercambio iónico
- Nanofiltacion
- Ablandamiento con cal

2.6.4. Límites Máximos Permisibles del Arsénico

La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, el límite máximo permisible del arsénico es de 0.05 mg/L (miligramos por litro). Tanto los sistemas de agua públicos como los privados deben de cumplir con este estándar (<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>).

2.7. Plomo

El plomo es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16 °C, de color plateado con tono azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. El plomo es un metal muy tóxico que afecta negativamente la salud de las personas, en particular la de los niños pequeños. El uso más amplio del plomo, como tal, se encuentra en la fabricación de acumuladores. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de tetra etilo de plomo, forros para cables, elementos de construcción, pigmentos, soldadura suave, municiones, plomadas para pesca y también en la fabricación desde soldaditos de juguete hasta para hacer tubos de órganos musicales. Entradas del plomo en el cuerpo humano. Hay dos vías principales por las cuales el plomo puede entrar al cuerpo: inhalación e ingestión. El plomo puede ser inhalado cuando es quemado o derretido, liberándose vapor de plomo. El plomo también puede ser inhalado cuando el polvo en el aire contiene plomo (ej. Cuando trabajadores con plomo se llevan la ropa contaminada a la casa o se remueve de una superficie pintura seca a base de plomo).

El plomo puede ser ingerido por niños pequeños cuando comen fragmentos de pintura a base de plomo o juegan en suelo contaminado. El plomo también puede ser ingerido cuando los cigarrillos, comida o superficies de preparación de comida se contaminan por polvo que contiene plomo. El plomo también puede ser ingerido a través del agua potable. Indica que el plomo puede aparecer en el agua potable al desprenderse de las tuberías, las llaves y pedazos de soldaduras que contienen plomo. Estas estructuras pueden encontrarse en edificios viejos (Burriel, 2006).

- Las tuberías que contienen plomo son más comunes en los edificios construidos antes de 1986, aunque hogares más recientes también pueden tener ciertos riesgos.

- Hervir el agua no hace desaparecer el plomo.
- Otras fuentes potenciales de contaminación del plomo son los accesorios de latón, los enfriadores viejos de agua potable y las cafeteras viejas.

2.7.1 Efectos del Plomo en la Salud Humana

El plomo es un elemento que puede afectar muchas partes diferentes del cuerpo y existen muchos síntomas posibles de intoxicación con él. Una sola dosis alta de plomo puede ocasionar síntomas de emergencia graves. Sin embargo, es más común que la intoxicación con plomo se dé por acumulación lenta con el paso del tiempo y esto ocurre por exposición repetitiva a pequeñas cantidades de este elemento. En este caso, puede que no se presenten síntomas obvios. Con el tiempo, incluso niveles bajos de exposición al plomo pueden causar daño al desarrollo mental de un niño y los posibles problemas de salud empeoran a medida que el nivel de este elemento en la sangre se eleva.

El plomo es mucho más dañino para los niños que para los adultos, dado que puede afectar el cerebro y nervios en desarrollo de los primeros. Cuanto más pequeño sea el niño, más dañino puede resultar el plomo y los bebés que aún no han nacido son los más vulnerables (Goldman, 2007).

Las posibles complicaciones abarcan:

- Problemas de comportamiento o atención
- Bajo rendimiento escolar
- Problemas auditivos
- Daño renal
- Reducción del cociente intelectual

- Lentitud en el crecimiento corporal

Los síntomas de la intoxicación con plomo pueden abarcar:

- Dolor y cólicos abdominales (generalmente el primer signo de una dosis tóxica alta de intoxicación con plomo)
- Comportamiento agresivo
- Anemia
- Estreñimiento
- Dificultad para dormir
- Dolores de cabeza
- Irritabilidad
- Pérdida de habilidades del desarrollo previas (en niños pequeños)
- Inapetencia y falta de energía
- Reducción de la sensibilidad
- Los niveles muy altos pueden ocasionar vómitos, marcha inestable, debilidad muscular, convulsiones o coma (López y Cols, 2001).

2.7.2 Para Reducir la Exposición del Plomo

Para disminuir la exposición al plomo hay que evitar las posibles fuentes de contaminación. Es importante lavarse las manos frecuentemente y lavar los juguetes que los niños usen en la tierra y las superficies que puedan tener plomo. Manténgase informado sobre los juguetes de sus hijos y descarte aquellos que contengan plomo. Se ha visto que la absorción gastrointestinal de plomo está relacionada con la falta del calcio y hierro, y con el exceso de grasa y proteínas en el cuerpo humano. Se pueden reducir los efectos del plomo si se lleva una dieta balanceada y comiendo alimentos bajos en grasa. Además, es importante mantener una dieta con suficiente hierro y calcio. Si usted sospecha que ha sido expuesto al plomo, consulte a su médico y pida que le hagan un examen de sangre. El examen de sangre le dirá si ha sido expuesto al plomo, estimará la cantidad de la exposición y

también determinará cuando fue expuesto. Se recomienda que a los niños entre los 12 y los 24 meses de edad se les haga un examen de sangre para determinar sus niveles de plomo (Goldman, 2007).

2.7.3. Medidas Preventivas Para la Exposición del Plomo

Para controlar la contaminación es necesario conocer cuál es su origen, identificar la o las fuentes y actuar sobre ellas.

Podemos contribuir a controlar la contaminación en el hogar mediante las siguientes medidas.

- Realizar la limpieza con paños húmedos o agua, evitando levantar polvo.
- Frecuente lavado de manos. Siempre antes de ingerir alimentos.
- Lavado frecuente de juguetes infantiles, sobre todo aquellos que se llevan directamente a la boca.

- Estar atento y evitar que el niño se lleve a la boca restos de pinturas descascaradas.
- Lavado de frutas y verduras crudas.
- Dieta con aporte de hierro y calcio (Woolf, 2007).

2.7.4. Límites Máximos Permisibles del Plomo

La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, el límite máximo permisible del plomo es de 0.025 mg/L (miligramos por litro). Tanto los sistemas de agua públicos como los privados deben de cumplir con este estándar. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>

2.8. Absorción Atómica

La Absorción Atómica es una técnica capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos del sistema periódico. Sus campos de aplicación son, por tanto, muy diversos. Este método se puede aplicar para la determinación de ciertos metales tales como: antimonio, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, plomo, níquel, entre otros. Se emplea en el análisis de aguas, análisis de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria petroquímica, etc. Este método consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra, siendo los distintos procedimientos utilizados para llegar al estado fundamental del átomo lo que diferencia las técnicas y accesorios utilizados. La técnica de atomización más usada es la de Absorción Atómica con flama o llama, que nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire acetileno u óxido nitroso-acetileno (Morrall, 2003). En metalurgia, la absorción atómica es una técnica muy útil ya que permite determinar diversos elementos en un amplio rango de concentraciones. Las mayores dificultades radican en la puesta en solución de aleaciones, la que se efectúa por ataques con ácidos fuertes, por ejemplo nítrico, clorhídrico y perclórico. Se determinan normalmente Fe, Pb, Ni, Cr, Mn, Co, Sb, etc. en rangos que van desde los 0.003 por ciento hasta 30 por ciento, en aleaciones con base Cu, Zn, Al, Pb, Fe y Sn entre otras (David Havey, 2000).

2.8.1. Absorción Atómica en Análisis de los Líquidos

Una muestra de líquido normalmente se convierte en gas atómico en tres pasos:

1. Desolvación. El líquido disolvente se evapora, y la muestra permanece seca.

2. Vaporización. La muestra sólida se evapora a gas.

3. Atomización. Los compuestos que componen la muestra se dividen en átomos libres (Romero R, 1991).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar y Fecha de Establecimiento

Las muestras de agua tomadas se analizaron cuantitativamente en el laboratorio de Química del Departamento de Ciencias Básicas, localizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son 25° 22' 00'' Latitud Norte y 101° 01' 00'' Longitud Oeste y una altura de 1743 msnm. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las tomas de muestras de aguas se hicieron en el municipio de Saltillo, Coahuila, México. Las primeras muestras en zona Centro de la Ciudad de Saltillo, y las segundas en la Colonia Bellavista en la misma Ciudad y las otras seis muestras se hicieron en diferentes puntos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Localización del Municipio de Saltillo, Coahuila.

Saltillo Coahuila tiene una altitud de mil 600 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con el municipio de Ramos Arizpe; al sur con los estados de San Luís Potosí y Zacatecas; al Oeste con los municipios de General Cepeda y Parras; al Oeste con el municipio de Arteaga y el estado de Nuevo León. El Municipio se divide en 319 localidades, siendo las principales: Saltillo, La Aurora, San José de los Cerritos, Derramadero, San Juan de la Vaquería, Agua Nueva, Carneros, Rancho Nuevo, La libertad, Buena vista, La Angostura, y Gómez Farías. Saltillo, Coahuila se ubica en las coordenadas: 25° 26' 00'' latitud Norte y longitud Oeste: 101° 00' 00'' (INEGI, 2006).



Figura 3.1. Saltillo, Coahuila y sus Colindancias

Extensión

Cuenta con una superficie de 6,837 kilómetros cuadrados, que representan un 3.7 por ciento del total de la superficie del Estado. Ocupa el lugar 11° en extensión, respecto a los 38 municipios del estado (INEGI, 2006).

Orografía

Al Oeste se localiza la sierra Playa Madero, que abarca también la parte del Sureste de Parras de la Fuente. En el Suroeste se localiza la sierra El Laurel, que forma parte también de Parras de la Fuente. La sierra de Zapalinamé se levanta al Este del municipio y la sierra Hermosa está localizada en el suroeste (INEGI, 2006)

Hidrografía

Al sur se encuentran la presa de San Pedro y la Presa de los Muchachos.

Clima

El clima en el municipio es de subtipo seco semicálido, al suroeste subtipo semiseco templado y grupos de climas secos y semifríos, en la parte sureste y noreste. La temperatura media anual es de 17.5°C y la precipitación media anual en el sur del municipio se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros; al centro tiene un rango de 400 a 500 milímetros y al norte de 300 a 400 milímetros; con lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, además de precipitaciones escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. Los vientos predominantes tienen dirección noreste con velocidad de 22.5 km/hr. La frecuencia de heladas es de 20 a 40 días en la parte norte-noreste y suroeste; y granizadas de uno a dos días en la parte sureste y de cero a un día en el resto (http://www.travelsaltillo.com/conoce_mas_saltillo.php).

Principales Ecosistemas

Hacia las partes montañosas predominan los bosques de pino-encino, de oyamel, mezclado con matorrales semidesérticos de tipo osetófilo y pastizales naturales. En las regiones montañosas y las llanuras hay una vegetación de matorrales semidesérticos y pastizales inducidos y naturales. La fauna se circunscribe a especies del sami desierto como codorniz, conejo de cola blanca, liebre y paloma triquera y entre las especies mayores predomina el venado, el coyote y el leoncillo (http://www.travelsaltillo.com/conoce_mas_saltillo.php).

Recursos Naturales

Explotación de candelilla, fibra de lechuguilla y palma.

Características y Uso del Suelo

Se pueden distinguir cinco tipos de suelo en el municipio: Xerosol, Regosol, Feozem, Rendzina, Litosol. *Xerosol*: Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión. *Regosol*: No presenta capas distintas, es claro y se parece a la roca que le dio origen. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre. *Feozem*: Su capa superficial es suave y rica en materia orgánica y nutrientes. La susceptibilidad a la erosión depende del tipo de terreno donde se encuentre. *Rendzina*: Tiene una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y su susceptibilidad a la erosión es moderada. *Litosol*: Suelos sin desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros, tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta. Respecto al uso del suelo; 40,265 hectáreas son utilizadas para la producción agrícola. A la explotación pecuaria se dedican 250,159 hectáreas y a la forestal 266,076 hectáreas. La superficie urbana ocupa 127,200 hectáreas. En cuanto a la tenencia de la tierra, predomina el régimen de tipo ejidal. El 9.55 por ciento de la superficie municipal se dedica a la agricultura; principalmente se siembra maíz, frijol, trigo, empleados para uso comestible. El 9.55 por ciento de la superficie municipal es de pastizal y encontramos zacate banderilla, navajita y zacate tres barbas, mismo que se utiliza para forraje.

La zona boscosa es el 8.28 por ciento de la superficie; se encuentran árboles piñoneros, cedros, pinos y encinos. En el 60.52 por ciento de la superficie municipal encontramos matorral: hojasén (uso medicinal), lechuguilla (fibras), gobernadora (medicinal) y sotol (artesanía), (INEGI, 2006).

3.2. Materiales y Equipos Requeridos

Materiales para Análisis por Arsénico

- Test Kits Ez arsénico 2822800
- Ácido sulfámico
- Botes de plástico de 1 L con tapas
- Zinc metálico
- Tiras de bromuro mercurico
- Cronometro
- Agua de diferentes puntos de la Universidad y partes de Saltillo

Materiales para Análisis por Plomo

- Lead Test Kit
- Cotonete
- Tubo de ensayo con tapón
- Solución de indicador de sulfuro de sodio
- Botes de Plástico de 1 L con tapas
- Agua de diferentes puntos de la Universidad y partes de Saltillo

Para el análisis en pH

- Potenciómetro
- Electrodo de pH

3.3. Metodología Utilizada

3.3.1. Procedimiento para la Toma de Muestra

Las ocho muestras de agua se tomaron en botes de plástico de 1.5 l dejándose correr el agua por tres minutos. El muestreo se hizo cuidadosamente evitándose que se contaminara el tapón, boca e interior del envase, se enjuago el envase tres veces con el agua a estudiar, procediendo enseguida a tomar la muestra, por cada bote de muestra se etiquetaron el nombre del lugar del estudio y la fecha en que se tomó la muestra. Los botes no se llenaron en su totalidad, dejando como el 15 por ciento vacío, cerrándolos herméticamente y conservándolo a 4°C dejándolo en el refrigerador durante menos de 24 horas antes de su análisis de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 “procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de aguas públicas y privados”.

3.3.2. Procedimiento para el Análisis en Laboratorio

Para el análisis de Arsénico

El muestreo de agua para el análisis de arsénico se llevó a cabo en frasco con boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada esterilizado. Entre la tapa se puso una tira de bromuro de mercurio por cada una de las 8 muestras. Luego en cada frasco se pusieron 50 ml de agua, después se añadió el sobre 1 de ácido sulfámico y enseguida el sobre 2 de Zinc metálico, luego se tapó el frasco incluyendo la tira en la tapa. El primer minuto se agitó, después se volvió a agitar a los 9 min durante 60 segundos y por último se volvió a agitar durante 60 segundos a los 18 min y se esperó a que llegara al tiempo indicado de 20 min. Enseguida se quitó la tira e inmediatamente se comparó con la escala de color para ver si está dentro de la norma que

marca la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994). Este procedimiento se repitió dos veces por cada muestra de agua.

Para el análisis de Plomo

El análisis de plomo en las muestras de agua se llevó a cabo con un tubo de ensayo con tapón, en el tubo se introdujeron 1.5 ml de la muestra de agua a estudiar, posteriormente, se metió el cotonete a la solución de indicador de sulfuro de sodio, una vez húmedo el cotonete, se introdujo al tubo de ensayo con el agua de interés, después se sacó el cotonete, se tapó el tubo con un tapón de plástico y se agitó por 10 segundos y enseguida se comparó el color del agua con indicador, con la escalara de color para ver si el agua contenía menos de 1 ppm de plomo. Estos análisis realizaron con dos repeticiones.

Para la determinación del pH

En un vaso de precipitados se pusieron 50 ml de la muestra de agua y se introdujo el electrodo de pH previamente calibrado con soluciones buffer de pH 7 y 10, el cual estaba conectado a un potenciómetro, esperando que la lectura de pH estuviera dentro del límite permisible de la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994). Estos análisis se llevaron a cabo con dos repeticiones.

Para el análisis de plomo por absorción atómica

El análisis de plomo se realizó por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DESCUSIONES

A continuación se presentan los resultados que se arrojaron en los análisis para cada una de las pruebas.

4.1. Determinación del Arsénico

Los análisis realizados de Arsénico que se realizaron en el laboratorio. La muestras analizadas dieron resultados que son mostrados a continuación se presenta en el cuadro 4.1 y en la figura 4.1

Cuadro 4.1. Resultados de la concentración de Arsénico de las Muestras Tomadas (ppb).

Lugar de muestreo	Contenido de As ppb	NOM-127-SSA1-1994	Condición del agua
Rectoría	0	0.05 ppb	Buena
Comedor	0	0.05 ppb	Buena
Bebedero Ed. A y B	0	0.05 ppb	Buena
Bebedero Ed. B y C	0	0.05 ppb	Buena
Bebedero Ed. E y F	0	0.05 ppb	Buena
Dormitorio	0	0.05 ppb	Buena
Centro	0	0.05 ppb	Buena
Col. Bellavista	0	0.05 ppb	Buena

Resultados de Arsénico

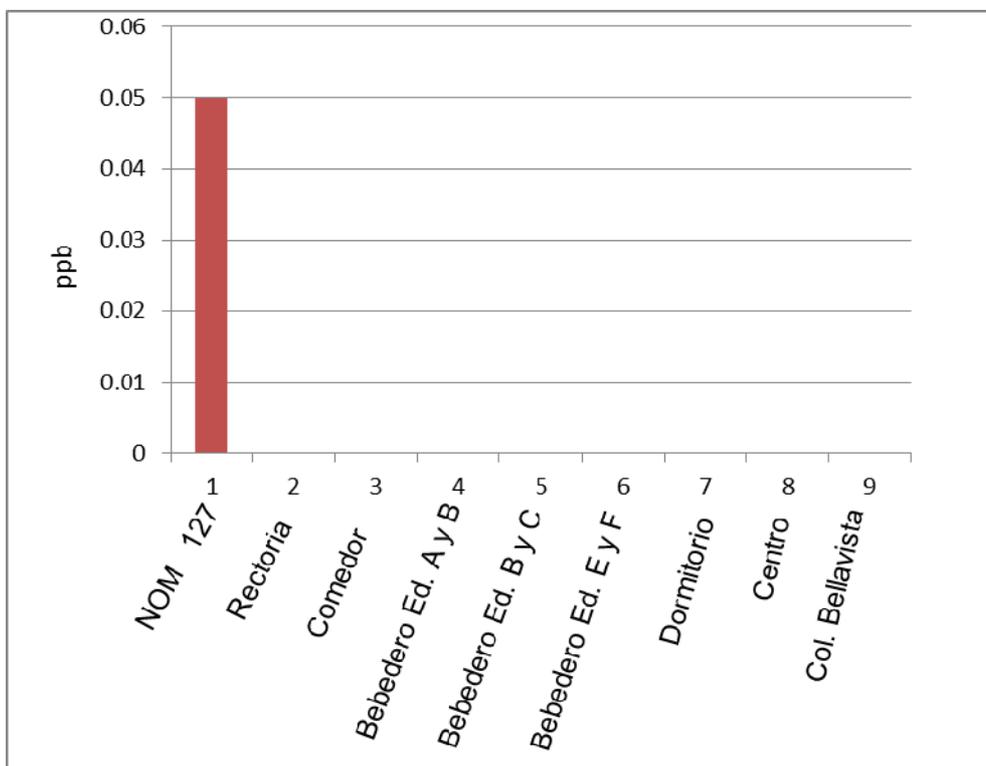


Figura 4.1. Resultados de la Concentración del Arsénico de las Muestras Tomadas (ppb).

4.2. Determinación de Plomo

Los análisis de Plomo realizados en el laboratorio. Teniendo las muestras analizadas obtenidos son mostradas en el siguiente cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Resultados de Concentración de Plomo de las Muestras Tomadas (ppm)

Lugar de muestreo	Contenido de Pb (ppm)	NOM-127-SSA1-1994	Condición del agua
Rectoría	< 1	0.025 ppm	Buena
Comedor	< 1	0.025 ppm	Buena
Bebedero Ed. A y B	< 1	0.025 ppm	Buena
Bebedero Ed. B y C	< 1	0.025 ppm	Buena
Bebedero Ed. E y F	< 1	0.025 ppm	Buena
Dormitorio	< 1	0.025 ppm	Buena
Centro	< 1	0.025 ppm	Buena
Col. Bellavista	< 1	0.025 ppm	Buena

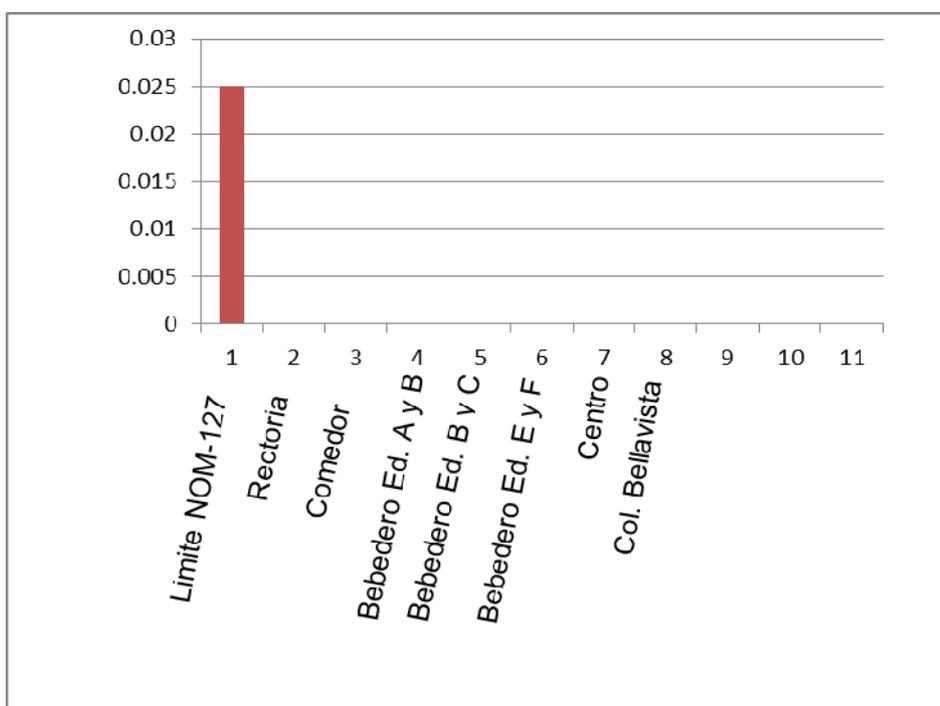


Figura 4.2. Resultados de la Concentración de Plomo de las Muestras Tomadas (ppm).

4.3. Determinación de pH

Resultados obtenidos en las pruebas de agua en pH se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en el siguiente cuadro 4.3 y en la figura 4.3.

Tabla 4.3. Resultado de los análisis en pH realizados en las muestras tomadas.

Lugar de muestreo	Determinación de pH del agua (mg/l)	NOM-127-SSA1-1994	Condición del agua
Rectoría	7.48	6.5-8.5 mg/l	Buena
Comedor	7.01	6.5-8.5 mg/l	Buena
Bebedero Ed. A y B	7.63	6.5-8.5 mg/l	Buena
Bebedero Ed. B y C	7.76	6.5-8.5 mg/l	Buena
Bebedero Ed. E y F	8.01	6.5-8.5 mg/l	Buena
Dormitorio	8.23	6.5-8.5 mg/l	Buena
Centro	7.81	6.5-8.5 mg/l	Buena
Col. Bellavista	6.50	6.5-8.5 mg/l	Buena

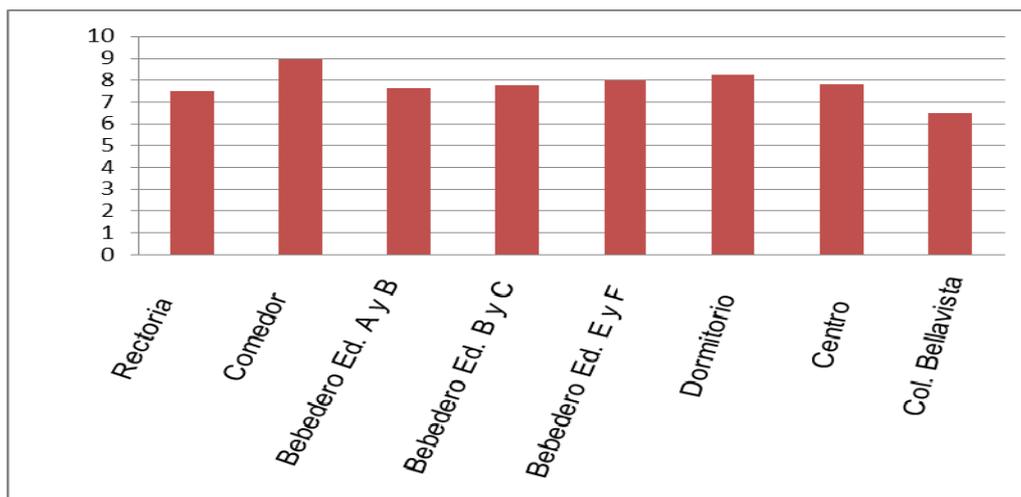


Figura 4.3. Resultados de análisis de pH en las muestras tomadas.

4.4. Determinación del Plomo en Agua por Absorción Atómica.

Los resultados obtenidos del Plomo en Agua en Absorción Atómica, se muestran en el siguiente cuadro y en la siguiente figura.

Tabla 4.4. Resultados de análisis del Plomo por Absorción Atómica

Lugar de muestreo	Resultados de Plomo (mg/l* ⁻¹)	NOM-127-SSA1-1994	Condición del agua
Rectoría	0.010 mg/l	0.025	Buena
Comedor	0.010 mg/l	0.025	Buena
Bebedero Ed. A y B	0.010 mg/l	0.025	Buena
Bebedero Ed. B y C	0.010 mg/l	0.025	Buena
Bebedero Ed. E y F	0.010 mg/l	0.025	Buena
Dormitorio	0.010 mg/l	0.025	Buena
Centro	0.010 mg/l	0.025	Buena
Col. Bellavista	0.022 mg/l	0.025	Buena

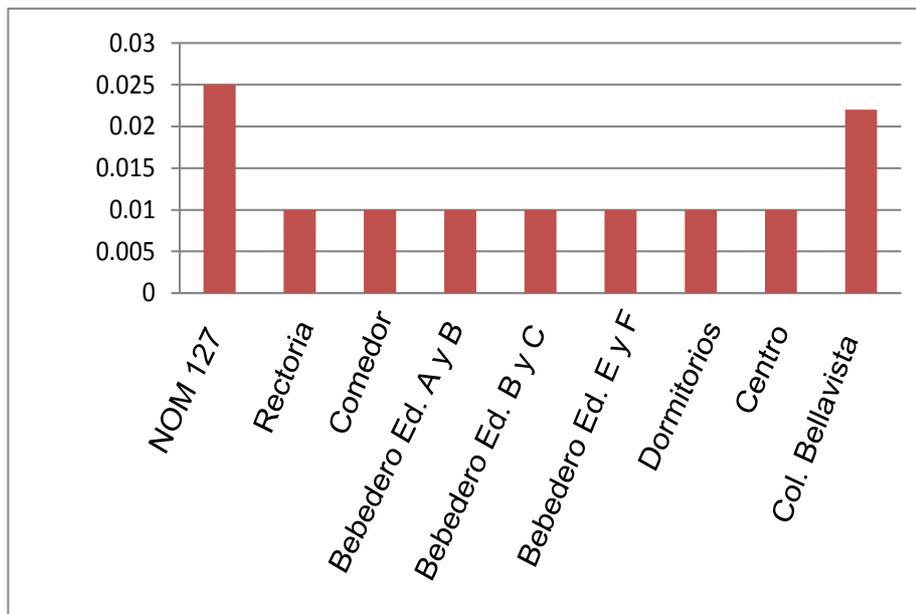


Figura 4.4. Resultado de Análisis de Plomo en Absorción Atómica.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos de los análisis se determinó si el agua que consumen los pobladores de Saltillo, Coah. y en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cumplen con los parámetros de la calidad de agua para Uso y Consumo Humano de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994). Para la salud ambiental y tratamientos a que se debe someterse el Agua para su Potabilización se obtuvo una conclusión en la siguiente manera:

En el análisis del Arsénico se pudo concluir que los resultados están dentro del límite máximo que marca la norma establecida, para uso y consumo humano, así es que la población no corre ningún riesgo para contraer alguna enfermedad e intoxicación por arsénico al ingerir esta agua.

En tanto al Plomo en los análisis que se realizaron se pudieron obtener buenos resultados, ya que en todas las muestras están dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-127.

En los análisis que se realizaron de pH, las muestras tienen un valor de 6.47 a 8.23, valores que se encuentran dentro de los límites que marca la norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994), la cual en pH marca de 6.5 a 8.5. Es conveniente obtener más muestras en lugar del estudio, y presentar más completas las condiciones de calidad de estas áreas, para el apoyo al control de calidad de los recursos hídricos, así como seguir monitoreando la calidad del agua en dicho lugar.

CAPITULO VI

LITERATURA CITADA

ACOT, PASCAL Historia de la ecología. Madrid: Taurus Ediciones S.A., 1990

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE Medio ambiente en Europa, el informe Dobris / Agencia Europea De Medio Ambiente. Madrid : Ministerio de Medio Ambiente.

Andrew Meharg (2005). Macmillan Science. ed. Venomous Earth - How Arsenic Caused The World's Worst Mass Poisoning

ATSDR en Español - El Agua Subterránea Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU

CASCIO, J. Guía ISO 14000. Las nuevas normas internacionales para la adm. Ambiental. México : Mcgraw-Hill International, 1997

CEDEX Curso sobre impactos y riesgos climáticos. Madrid: Ministerio de Obras Publicas, 1995

CONAGUA. 2006 Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Edición 2006

Comisión Nacional del Agua, 2008. Estadística de Agua en México. SEMARNAT, 1ª edición 2008. 21-66

Comision Nacional del Agua, 2009. Atlas de Agua en Mexico. SEMARNAT, 2009.pp.17-121.

Department of Health and Human Services - Agency for Toxic Substances and Disease Registry

Edwar E. Johnson, INC. Saint Paul, Minnesota 55104, Propiedad Literaria, 1966; Origen, Manifestacion Y Movimiento Del Agua Subterránea.

Edwards, B. (2004). Guía básica de la sostenibilidad. Ed. Gamma. Edimburgo.

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.

FAO. 2008. MDG Report. "No hay crisis mundial de agua, pero muchos países en vías de desarrollo tendrán que hacer frente a la escasez de recursos hídricos."

FAO / OMS, 1988. Informe de un Comité Mixto, la Alimentación y la Agricultura Organización de las Naciones Unidas, Consulta de Expertos, Roma

F. Burriel Martí, F. Lucena Conde, S. Arribas Jimeno, J. Hernández Méndez (2006). «Química analítica de los cationes: Plomo». Química analítica cualitativa (18ª edición edición). Thomson. pp. 426-435.

Guías para la Calidad del Agua Potable, Vol. 3, Publicación Científica N° 58, Organización Panamericana de la Salud, Washington, (1988).

J. C. I. Dooge. "Integrated Management of Water Resources", en E. Ehlers, T. Krafft. (eds.) Understanding the Earth System: compartments, processes, and interactions. Springer, 2001, p. 116.

J. Rodier, Análisis de las aguas, Omega, Barcelona, (1989).

LAE José Ramón Arteaga Meza Fundador 2008

Les chantiers de l'environnement à l'Est par Philippe Rekacewicz. - juillet 2000

López y Cols. Anemia secundaria a intoxicación por plomo. Rev Clin Esp 2001; 201:390-393.

Martín-Gil J, San Martín Toro JM y Martín-Villota MJ. (2002). Tecno ambiente, año XII (118), pp 5-9. ed. "Problemática planteada por la presencia de niveles elevados de arsénico en el Acuífero de Los Arenales

M.I. Gómez, Ingeniería Sanitaria y otros estudios proyectos ejecutivos de plantas de tratamiento de aguas residuales

Mycyk, Hryhorczuk y Amitai. «Lead» en Timothy Erickson y cols editors: Pediatric Toxicology: Diagnosis and Management of the Poisoned Child. McGraw-Hill, 1ra edición, 2005.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

Ponencia presentada en el foro temático: Medio ambiente, realizado el 15 de octubre de 2005, en La Paz, BCS, organizado por la Comisión para Elaborar la Plataforma Electoral 2006 del PRD.

SAURÍ, CANTÓ, (2007) Integración de Políticas Sectoriales: Agua y Urbanismo Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona.

Secretaría de Agricultura y Recurso Hidráulicos, Programa de Incremento a la Producción de Maíz en la zona de Coeneo, Michoacán, SARH, México, 1985, 85 pp.

López, M. (2006). Instrucciones técnicas para normas de saneamiento. Ed. EMASESA. Sevilla.

Wolf AD, Goldman R, Bellinger DC. Update on the clinical management of childhood lead poisoning. *Pediatr Clin North Am.* 2007;54:271-294.

U.S. Environmental Protection Agency - Lead Program

7.1. Páginas Citadas

<http://www.agua10.com/amplianoticia.asp?cod=82>

http://abe.ufl.edu/carpaena/files/pdf/zona_no_saturada/estudios_de_la_zona_v6/p091-098.pdf

<http://www.buenastareas.com/ensayos/El-Agua-Base-Fundamental-Para-La/1866943.html>

<http://www.ecologismo.com/2010/06/18/importancia-del-agua/>

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

<http://ierd.prd.org.mx/coy130/acm1.htm>

http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1018764

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S165913212010000100018&script=sci_arttext

<http://www.megasitio.org/2007/09/19/la-importancia-del-agua-en-el-planeta-tierra.html>

<http://www.monografias.com/trabajos59/contaminacionarsenico/contaminacion-arsenico2.shtml>

<http://water.epa.gov/drink/agua/plomo.cfm>

http://www.xtec.es/~gjimene2/llicencia/students/bscw.gmd.de_bscw_bscw.cgi_d40324900-2_____aguas_subterrenas_legislacion_madrid.pdf