

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



CALIDAD DEL AGUA PARA USO Y CONSUMO
HUMANO EN EL SURESTE DEL ESTADO DE
COAHUILA.

POR:

FRANCISCO IVÁN VALDES ANTUNEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.
NOVIEMBRE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

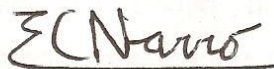
CALIDAD DEL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN EL
SURESTE DEL ESTADO DE COAHUILA.

POR:
FRANCISCO IVÁN VALDES ANTUNEZ

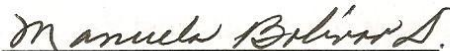
Que somete al H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada
El presidente del Jurado



Dr. Efraín Castro Narro
Asesor Principal



Dra. 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.
NOVIEMBRE 2010

AGRADECIMIENTOS

Primero le doy gracias a Dios por haberme dejado llegar tan lejos en mis estudios.

A mi ***Alma Terra Mater*** por haberme abierto las puertas para continuar con mis estudios y por darme la oportunidad de realizar mis sueños y también por el apoyo que sólo una universidad como la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro me puede dar.

Al Departamento de Riego y Drenaje y a todo el personal que forma parte del mismo. Ya que es uno de los mejores departamentos desde el personal, hasta en el deporte que realizamos los alumnos.

A mis asesores el Doctor Efraín Castro Narro, la Doctora Manuela Bolívar Duarte y al Doctor Raúl Rodríguez García, sinceramente muchas pero muchas gracias por su apoyo brindado, por transmitir sus conocimientos, por su tiempo y por todo lo que hicieron para que pudiera concluir esta tesis y porque dentro y fuera de ésta Institución siempre serán más que unos maestros, un apoyo más en mi vida.

Y también a todos y cada uno que se han involucrado en mi vida y que con ese simple hecho de estar presentes en algún momento, me han hecho ser lo que soy. Gracias de todo corazón...

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios, por estar siempre y en cada momento de mi existir sin dejarme caer, por darme salud, por poner en mi camino a personas tan maravillosas, por ser lo que soy, por darme una gran familia, por todo , muchas gracias Dios.

A mi familia que siempre me apoyó en mis estudios, mí padre: **Francisco Valdes Ventura**, por su insistencia de que por nada dejara de estudiar. A mi madre: **Gloria Antunez Flores**, que incondicionalmente siempre me ha apoyado y me ha dado la fuerza para seguir y seguir cada día de mi vida y de mi estudio, a mis hermanos: Francisco Javier, Francisco Guadalupe y Gloria Berenice.

A alguien muy especial, que a pesar de siempre tener parte de mi tiempo, nunca trató de desviar mi camino de estudio y que me ayudó en estos largos y a la vez cortos años en esta travesía.

A mi abuelita **María** (con sus frases célebres) llenas de sabiduría, mi abuelita **Margarita** con sus regaños pero apoyo diario en mi vida desde el momento en que vine a este mundo, a mis tíos que siempre me apoyaron tanto en asuntos académicos, como de aprendizaje general sobre la vida.

A mis amigos: Alfredo, Pedro, Galileo, Rosemberg, Eliezer, Juan Notario, Julio Borraz, Homero, Víctor y demás racilla, sorry si se me olvidó alguno.

A mis maestros, a mi asesor de tesis el **Dr. Efraín Castro Narro**, que gracias a su gran sentido humano y apoyo llegué a terminar uno más de mis principales objetivos.

A Doña Jesu que me apoyó y ayudo mucho, a Don Mode, a Cheli, a Carlos laboratorista que también me apoyó en mi tesis.

Y en especial, a mi universidad la **UAAAN** que me dio la oportunidad de estudiar en sus instalaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. 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.....	4
2.4. Consumo de Agua a Nivel Mundial.....	5
2.5. El Agua en México.....	5
2.5.1. Disponibilidad Natural Media de Agua.....	6
2.5.2. Precipitación Pluvial.....	7
2.5.3. Aguas Superficiales.....	7
2.5.4. Aguas Subterráneas.....	8
2.5.5. Sobreexplotación de Acuíferos.....	8
2.5.6. Infraestructura Hidráulica del País.....	9
2.5.7. Principales Presas de México.....	9
2.5.8. Sequías.....	10
2.6. El Agua en Coahuila.....	11
2.6.1. Precipitación.....	11
2.6.2. Usos del Agua.....	12
2.7. El Agua en Saltillo.....	12
2.8. Parámetros más Utilizados sobre la Calidad del Agua...	13
2.8.1. Parámetros de Carácter Físico.....	14

2.8.2. Parámetros de Carácter Químico.....	15
2.8.3. Parámetros de Carácter Radioactivo.....	16
2.9. Contaminación del Agua.....	16
2.9.1. Metales.....	17
2.9.2. Otras Sustancias Tóxicas de Carácter Inorgánico.....	18
2.10. Principales Enfermedades Causadas por el Agua.....	18
2.11. Norma Oficial Mexicana <i>NOM-127-SSA1-1994</i>	18
2.12. Análisis del Agua.....	19
2.12.1 Análisis por Métodos Potenciométricos.....	19
2.13. Colorimetría.....	19
2.14. Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	20
2.15. Fierro.....	20
2.15.1. Efectos en las Personas por el Consumo de Fierro.....	21
2.16. Plomo.....	21
2.16.1. Efectos Neurológicos.....	23
2.16.2. Efectos Renales.....	25
2.16.3. Efectos Hematológicos.....	26
2.17. Nitratos.....	26
2.18. Arsénico.....	28
2.18.1. Efectos en la Salud por la Ingesta de Arsénico.....	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Lugar y Fecha de Establecimiento.....	31
3.2. Materiales y Equipos Requeridos.....	32
3.2.1. Área de Estudio.....	32
3.2.2. Materiales.....	32
3.2.3. Metodología.....	33
3.2.3.1. Procedimiento para Toma de Muestra.....	33
3.2.3.2. Procedimiento para el Análisis en Laboratorio.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	37

4.1. Determinación de Hierro por Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	37
4.2. Determinación de Nitratos.....	38
4.3. Determinación de Plomo.....	39
4.4. Determinación de Arsénico.....	40
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
VI. LITERATURA CITADA.....	43
6.1. Páginas Web.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Título	Página
Cuadro 1. Clasificación de la Disponibilidad Natural Media de Agua...	7
Cuadro 2. Características Bacteriológicas.....	14
Cuadro 3. Límites Permisibles de Características Físicas y Organolépticas.....	14
Cuadro 4. Límites Permisibles de Características Químicas.....	16
Cuadro 5. Límites Permisibles de Características Radiactivas.....	16
Cuadro 6. Resultados de Hierro por Absorción Atómica y Comparación con la Norma Oficial Mexicana NOM-127- SSA1-1994.....	37
Cuadro 7. Resultados de Nitrógeno de NO_3^- de las Muestras Tomadas ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).....	38
Cuadro 8. Resultados de Concentración de Plomo de las Muestras Tomadas ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).....	39
Cuadro 9. Resultados de Concentración de Arsénico de las Muestras Tomadas ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Título	
Figura 1. Regiones Hidrológico-Administrativas.....	5
Figura 2. Disponibilidad Natural Media Per-Cápita (2008).....	6
Figura 3 Distribución de la Precipitación Pluvial Anual 1971-2000	8
Figura 4. Condición de los Acuíferos (2009).....	9
Figura 5. Principales Presas (2007).....	10
Figura 6. Agua Potable: Coahuila, Situación Actual de Coberturas por Municipio.....	13
Figura 7. Curva de Calibración del Espectrofotómetro de Absorción Atómica para el Análisis de Hierro.....	34
Figura 8. Resultados de Hierro por Absorción Atómica.....	37
Figura 9. Resultados de NO_3^- de las muestras tomadas ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$).	39
Figura 10. Resultados de la Concentración de Plomo de las Muestras Tomadas ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$).....	40
Figura 11. Resultados de la Concentración de Arsénico de las Muestras Tomadas ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$).....	41

RESUMEN

En este trabajo de tesis tenemos como objetivo verificar si la calidad del agua en el área de estudio esta dentro de los límites máximos permisibles de la Norma Oficial Mexicana 127 (NOM-127-SSA1-1994) de agua para uso y consumo humano. Se hicieron diversos análisis para la determinación de fierro, nitratos, plomo y arsénico siendo éstos dos últimos los más relevantes por ser altamente tóxicos. Obteniendo resultados preocupantes por que en la mayoría de las muestras en cuanto al análisis de Plomo salieron con una alta concentración, al igual que en el análisis de nitratos, que por lo tanto genera una alerta a la comunidad. Los análisis para la determinación de fierro y de arsénico resultaron como se esperaban sin una alta concentración que ponga en riesgo la salud de los usuarios.

Palabras Clave: Calidad de Agua, Fierro, Plomo, Arsénico, Nitratos, NOM-127-SSA1-1994.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

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; ante el aumento constante de la población, esto genera una demanda que poco a poco es más difícil de satisfacer. También debido a la expansión de la industria y la falta de protección al medio ambiente, se ha originado que la disponibilidad de agua potable en el planeta vaya disminuyendo, ya que una gran parte se encuentra actualmente contaminada.

El agua potable es esencial para todas las 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 del 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 físicas tales como: densidad, punto de fusión, punto de ebullición, tensión superficial, transparencia, color, olor y sabor, pudiéndose presentar como sólido, líquido o gas, se considera como el solvente universal y presenta alto calor específico.

La calidad del agua se determina a partir de análisis físicos, químicos y microbiológicos, los cuales pueden variar desde análisis sencillos donde se determinan los principales elementos, hasta análisis complejos que incluyen la determinación de una gran variedad de especies microbianas presentes en el agua.

Podemos considerar al agua potable, como aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos al ser humano ya que debe cumplir los

requisitos del Reglamento Oficial, mientras que el agua purificada es agua sometida a un proceso físico y químico, es considerada óptima para el consumo humano, 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).

La gama de compuestos químicos presentes en el agua va desde compuestos muy conocidos hasta elementos como el plomo, mercurio y arsénico, que presentes a concentraciones altas ocasionan problemas muy graves de contaminación y de salud en el ser humano.

Por lo tanto se requiere y es necesario hacer un estudio de la misma periódicamente. Es casi imposible determinar que toda el agua potable del planeta cumpla con los requisitos para el consumo, por lo tanto como sociedad y como individuos es nuestra responsabilidad monitorear periódicamente la calidad de este preciado líquido.

1.1. Objetivo

Determinar la calidad del agua en el área de estudio como lo marca la Norma Oficial Mexicana 127 (NOM-127-SSA1-1994.) 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 están dentro de los límites permisibles que marca la norma NOM-127-SSA1-1994

CAPITULO II

REVISIÓN 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. En su uso más común, nos referimos a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en forma sólida (hielo) y en forma gaseosa que llamamos vapor. El agua es un elemento de la naturaleza que está en continuo movimiento y va adoptando distintos estados: sólido, líquido y gaseoso.

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 absorbe una media del 20 por ciento, empleándose en la refrigeración, el transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico absorbe del orden del diez por ciento restante.

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

2.2. Importancia del Agua

Consultado en:

(<http://www.monografias.com/trabajos13/agua/agua.shtml>).

El agua entra en gran proporción en la constitución de los seres vivos.- El contenido de agua de los diferentes órganos no es el mismo.- 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 distintas vísceras. El mayor contenido corresponde a los tejidos nerviosos que contiene 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 humanos. 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: en la casa para lavar, cocinar, regar, lavar ropa, etc.
- ❖ Uso industrial: en la industria para curtir, fabricar alimentos, limpieza, generar electricidad, etc.
- ❖ Uso agrícola: en la agricultura para irrigar los campos.
- ❖ Uso ganadero: en la ganadería 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 bebida y contienen sustancias minerales de tipo medicinal.

2.3. Distribución del Agua en Nuestro Planeta

Según Mosqueira (2005) el agua cubre cerca del 72 por ciento de la superficie terrestre. En nuestro planeta, se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 97.25 por ciento del agua total; los glaciares, casquetes polares, depósitos subterráneos en (acuíferos), lagos, la humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos contienen sólo el 2.75 por ciento de agua dulce.

Resulta interesante resaltar lo asegurado por el Director General de la UNESCO Koichiro Matsuura (2003), al comentar el informe más exhaustivo que se haya conocido sobre el estado actual de 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 propia 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 en 48 países que sufrirán la escasez de agua.

2.4. Consumo de Agua a Nivel Mundial

Citado en: <http://www.monografias.com/trabajos13/agua/agua.shtml>

¿Cuales son hoy los países y territorios más amenazados por la escasez de 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), los Emiratos Árabes Unidos (58 m³) y las Islas Bahamas (66 m³). En el otro extremo de las lista, se encuentran, Islandia (609.319 m³) y la Guyana Francesa (812.121 m³).

2.5. El Agua En México

El país se ha dividido en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas debido a que las cuencas son las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, esto con el fin de organizar la administración y preservación de las aguas nacionales (Figura 1), el país se puede dividir en dos grandes zonas: la zona Norte, Centro y Noroeste, donde se concentra el 77 por ciento de la población, se genera el 87 por ciento del PIB, pero únicamente ocurre el 31 por ciento del agua renovable; y la zona Sur y Sureste, donde habita el 23 por ciento de la población, se genera el 13 por ciento del PIB y ocurre el 69 por ciento del agua renovable según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2009).

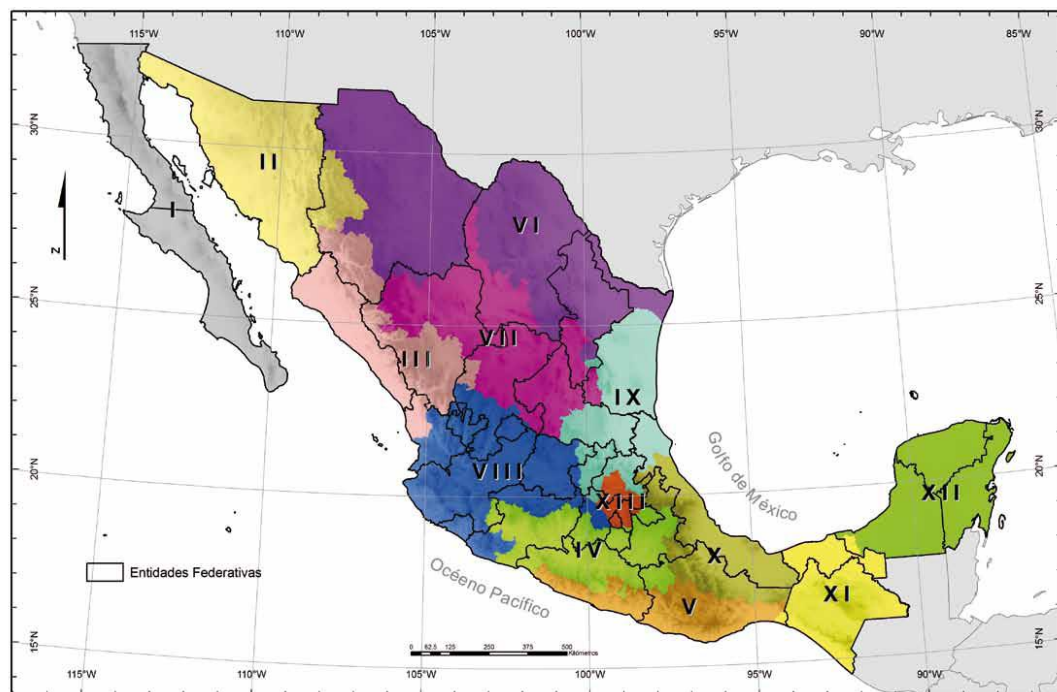


Figura 1. Regiones Hidrológico-Administrativas (CONAGUA, 2009).

2.5.1. Disponibilidad Natural Media De Agua

Aualmente México recibe 1 488 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, el 72.5 por ciento se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22.1 por ciento escurre por los ríos o arroyos y el 5.4 por ciento restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal forma que anualmente el país cuenta con 458 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, a lo que se denomina Disponibilidad Natural Media. (CONAGUA, 2008) (Figura 2).

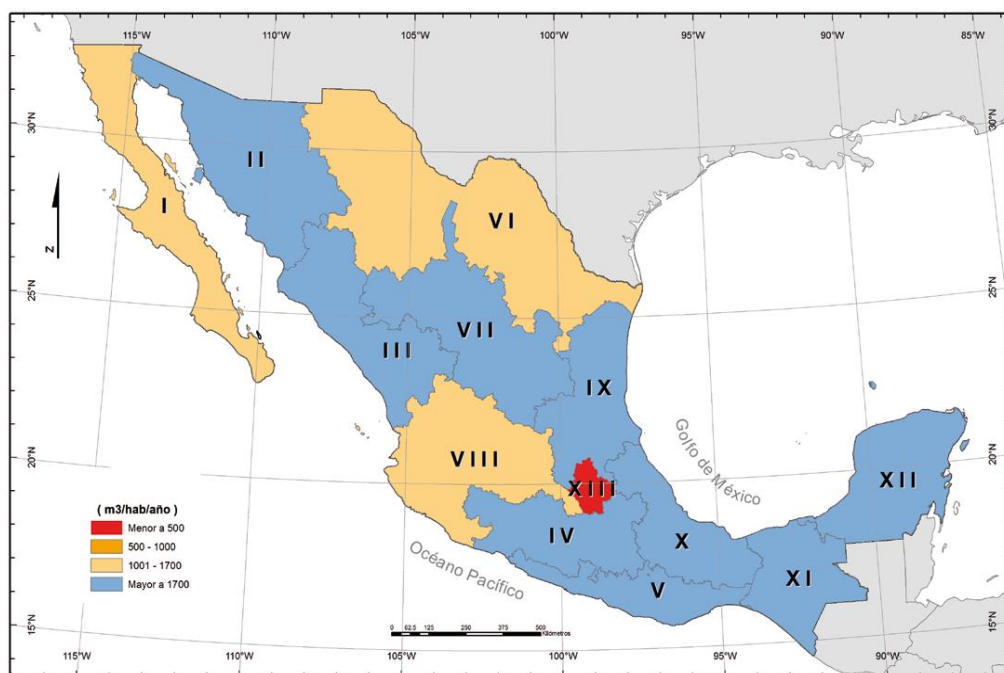


Figura 2. Disponibilidad Natural Media Per Cápita (CONAGUA, 2008)

La Disponibilidad Natural Media de Agua en el país se clasifica desde extremadamente baja, siendo parte de esta la Región Administrativa número XIII, hasta muy alta formando parte de esta la mayoría de las regiones administrativas menos la I, VI, VIII. (Cuadro 1), como lo reportan Shiklomanov, I.A y Rodda (2003).

Cuadro 1.- Clasificación de la Disponibilidad Natural Media de Agua
(Shiklomanov y Rodda, 2003)

Disponibilidad Natural Media per. Capita. (m³/habitante/año)	Clasificación
Menor a 1000	Extremadamente baja
1001 a 2000	Muy baja
2001 a 5000	Baja
5001 a 10 000	Media
10 001 a 20 000	Alta
Mas de 20 000	Muy Alta

2.5.2. Precipitación Pluvial

La precipitación normal del país en el periodo de 1971-2008 fue de 760mm. Los valores “normales”, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2009) corresponden a los promedios calculados para un periodo uniforme y relativamente largo, el cual debe tener como mínimo 30 años de datos, lo que se considera como un periodo climatológico mínimo representativo y que inicie el 1° de Enero de un año que termine en uno y finalice el 31 de Diciembre de un año que termine en cero (CONAGUA. 2009) (Figura 3).

2.5.3. Aguas Superficiales

La misma fuente indica que los ríos y arroyos del país constituyen una red hidrográfica de 633 mil km, en la que destacan 50 ríos principales por los que fluye el 87 por ciento del escurrimiento superficial del país y cuyas cuencas cubren el 65 por ciento de la superficie de la extensión territorial continental del país.

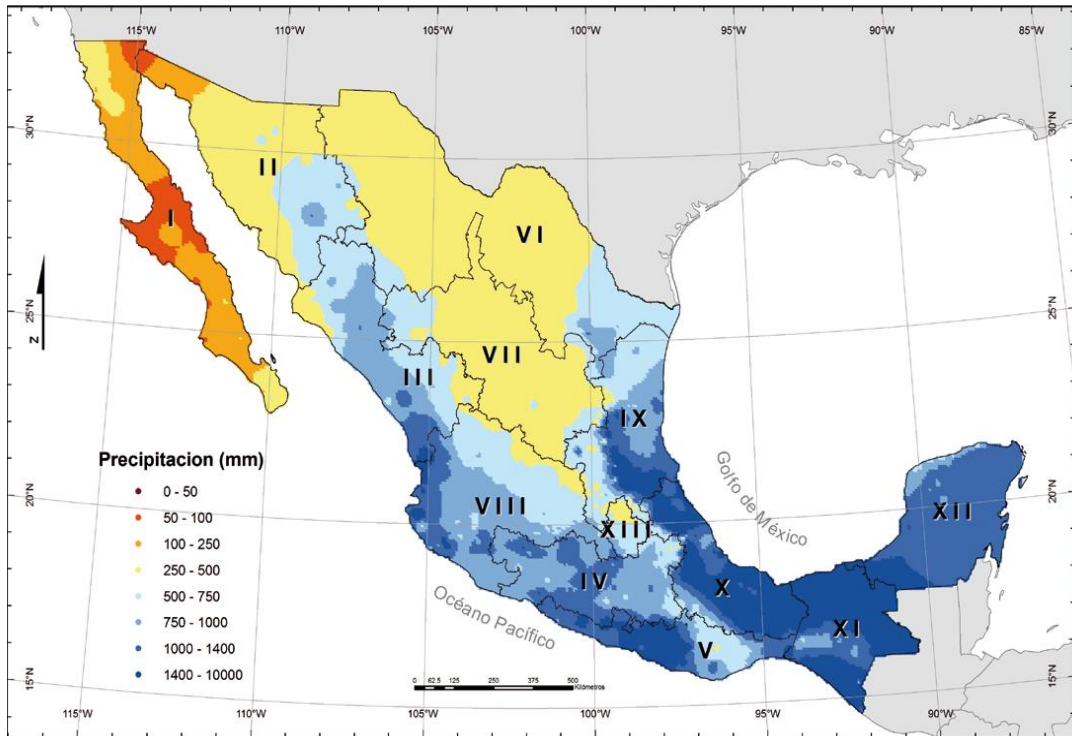


Figura 3. Distribución De La Precipitación Pluvial Anual 1971-2000 (CONAGUA, 2009).

2.5.4. Aguas Subterráneas

La importancia del agua subterránea queda de manifiesto por la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios; cerca del 37 por ciento (28.9 miles de millones de $m^3 \cdot \text{año}^{-1}$) del volumen total concesionado para usos consuntivos es de origen subterráneo. Para fines de administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, cuyos nombres oficiales fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de diciembre de 2001 citado por la CONAGUA (2008).

2.5.5. Sobreexplotación De Acuíferos

La fuente anterior señala que a partir de la década de los setentas ha venido aumentando sustancialmente el número de acuíferos sobreexplotados, 32 en 1975; 36 en 1981; 80 en 1985; 97 en 2001; 102 en 2003 y 104 en el 2006. Sin embargo, en el año 2007 se redujo el número a 101. De éstos se extrae el 58 por ciento del agua subterránea para todos los usos. En la Figura 4 se indican los acuíferos sobreexplotados.

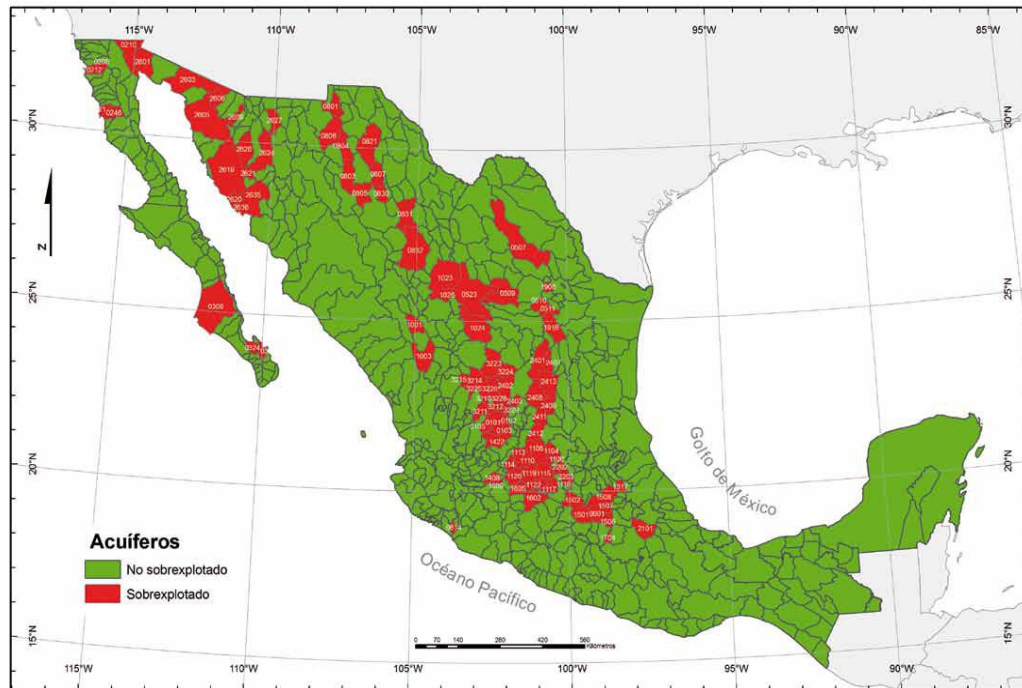


Figura 4. Condición de los acuíferos (CONAGUA, 2009)

2.5.6. 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 lo 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.

2.5.7. Principales Presas de México

Existen alrededor de 4 mil presas en México según CONAGUA (2008) de las cuales 667 están clasificadas como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés). Todas las presas del 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 2002 y un valor máximo de 80, 876 millones de m³ en el año 2007 (Figura 5).



Figura 5. Principales presas 2007 (CONAGUA, 2009)

2.5.7. Sequías

En los últimos 50 años se han presentado sequías en tres periodos críticos según la CONAGUA (2008) entre 1948 y 1954 entre 1960 y 1964 y el más reciente entre 1993 y 1998 afectando simultáneamente a cinco estados del Norte del país. El efecto de la sequía se resiente en el estado de Coahuila debido al crecimiento de la demanda de agua causado por el incremento demográfico aparejado con el desarrollo industrial y de maquiladoras generando empleos de carácter temporal y precario, acarreado hacia el norte del país a miles de personas en busca de empleo. Los efectos de la sequía en la agricultura y ganadería son severos ya que ocasionan pérdidas totales y parciales.

2.6. El 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 $125 \text{ l} \cdot \text{día}^{-1}$ (CONAGUA, 2006).

2.6.1. Precipitación

Citando en:

<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.aquatell.com/water-tips/iron-drinking-water>

En el estado de Coahuila se presenta una precipitación media anual del orden de los 318 mm; contra una precipitación media nacional de 759.6 mm. La región media occidental del estado se encuentra entre dos vertientes que actúan como barreras al paso del aire húmedo tanto del Golfo de México como del Océano Pacífico. Recibe bajas precipitaciones del orden de los 200 mm anuales. El 75 por ciento de la lluvia ocurre generalmente en el periodo lluvioso el cual va de Junio a Octubre y el 25 por ciento restante en el periodo seco que va de Noviembre a Mayo. El estado no dispone de recursos de agua superficiales suficientes a causa del clima adverso caracterizado por escasas precipitaciones. Ante esto los recursos de agua subterránea presentan la principal fuente de abastecimiento para satisfacer todos los usos como son el público, doméstico, agrícola, industrial etc. Sin embargo, el clima adverso también restringe la ocurrencia de agua subterránea y limita la recarga natural. El 90 por ciento del agua que abastece a las poblaciones de Coahuila procede de fuentes subterráneas. Los organismos proveedores de agua potable extraen anualmente 264 millones de m^3 .

2.6.3. Usos Del Agua

Volúmenes de agua concesionados para uso consuntivo:

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

La entidad avanzó del cuarto al primer lugar nacional en 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 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, en tratamiento de aguas residuales estemos todavía arrojando al medio ambiente cada segundo más de 2 mil litros de agua contaminada y estemos perdiendo por fugas cerca de la mitad del agua extraída, Reyes M. (2005). Figura 6.

2.7. El Agua En Saltillo

Citado en:

http://cocipe_coahuila.blospot.com/2008/06/el-agu-en-saltillo.html.

Enclavada en los desiertos del Noreste mexicano, con cerca de 700 mil habitantes, Saltillo le debe su nombre al agua. Pese a que fue fundada en un valle donde hacia 1570 abundaban los manantiales en torno de una cascada o “salto de agua”, que en realidad resultó ser un “saltillo”. A finales del siglo XX la capital de Coahuila enfrentaba graves problemas para hidratarse. De cada mil litros extraídos sólo 460 llegaban a los usuarios y de cada mil litros facturados la autoridad cobraba apenas 650.

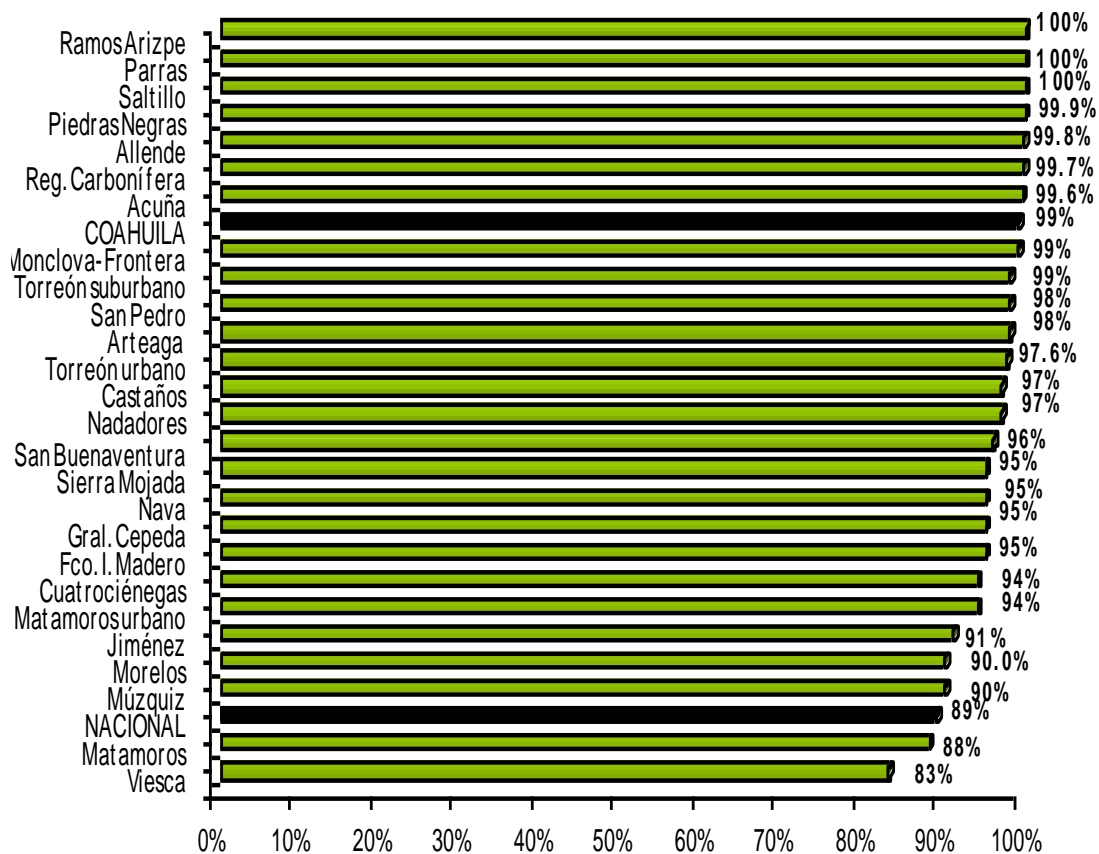


Figura 6. Agua potable: Coahuila, Situación actual de coberturas por municipio (Reyes M; 2005).

Citado en:

http://www.vanguardia.com.mx/diario/noticia/saltillo/coahuila/en_saltillo_hay_menos_agua_y_mas_poblacion:_rogerio_koehn/149543

Para afrontar la temporada de calor, Aguas de Saltillo incrementará en un 20 por ciento la extracción a fin de satisfacer las necesidades de la ciudad. Y son estas necesidades, cada vez más grandes, las que están provocando que se extraiga un 6.8 por ciento más que el año anterior; es decir, que se podrían sacar del acuífero 3 millones de m³ de agua más que en el ejercicio anterior.

2.8. Parámetros más Utilizados sobre la Calidad del Agua

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer parámetros en los cuales se establezcan límites permisibles en cuanto a sus

características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas(DOF, 1994).

2.8.1. Parámetros de Carácter Físico

Los parámetros físicos que se manejan según la NOM-127-SSA1-1994 se establecen en los cuadros 2 y 3 que a continuación se presentan:

Cuadro 2. Características Bacteriológicas (DOF, 1994).

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml
	2 UFC/100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml
	Cero UFC/100 ml

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

Cuadro 3. Límites permisibles de características físicas y organolépticas (DOF, 1994)

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

2.8.2. Parámetros de Carácter Químico

Los parámetros químicos que se indican según la Norma Mexicana 127 se establecen en el cuadro 4 donde se presentan una gran cantidad de ellos y que a continuación se presentan como lo menciona el DOF (1994).

Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Cuadro 4. Límites permisibles de características químicas (DOF, 1994).

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN ⁻)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl ⁻)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros (como F ⁻)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitrógeno como Nitratos(N-NO ₃)	10.00
Nitrógeno como Nitritos(N-NO ₂)	0.05
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en µg*l ⁻¹ : Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30

DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de Heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4 - D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

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

2.8.3. Parámetros de Carácter Radiactivo

Los parámetros radioactivos que están establecidos según la Norma Mexicana 127 se citan en el cuadro 5. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

Cuadro 5. Límites permisibles de características radioactivas (DOF, 1994).

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Radiactividad alfa global	0.1
Radiactividad beta global	1.0

2.9. Contaminación Del Agua

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 está ligera, mediana o fuertemente contaminada y 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).

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 que 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 el 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).

2.9.1. Metales

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.

La presencia de metales en las aguas puede provenir de sustancias en disolución, en cantidades traza o como partículas en suspensión, que pueden acabar sedimentándose y acumulándose en los lechos de los ríos. La persistencia en el ambiente de los metales ocasiona una problemática especial. A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales no pueden degradarse ni biológica ni químicamente en la naturaleza. Los compuestos que contienen metales pueden alterarse, pero los metales indeseables aún permanecen. En algunos casos tales reacciones desembocan en formas más tóxicas del metal. La estabilidad de los metales permite también que sean transportados a distancias considerables, tanto por el aire como por el agua. (<http://www.analizacalidad.com/paragua.html>)

2.9.2. Otras Sustancias Tóxicas de Carácter Inorgánico

Como se explica en la cita anterior respecto a los elementos y especies no metálicos considerados como tóxicos, englobarían a As, Se, Sb y CN^- son especialmente tóxicos a pH bajos. Actúan impidiendo las reacciones de oxidación del fósforo, que es la que permite la respiración celular. Además algunos compuestos cianurados que se forman por reacción con determinados metales pesados, pueden ser incluso sustancias más tóxicas que los contaminantes de partida.

Se: es un nutriente esencial (por su semejanza al S) y desintoxicante de ciertos metales pesados, como el Cd. En dosis excesivas es perjudicial (síntomas parecidos al As). Se encuentra preferentemente en algunas aguas subterráneas que son tóxicas.

As: todos los compuestos solubles son venenosos. Es muy utilizado en pesticidas (arsenitos como herbicidas, arseniatos como insecticidas). El más peligroso para el hombre es el As inorgánico y más la forma As^{3+} .

2.10. Principales Enfermedades Causadas por el Agua

Las enfermedades causadas por el agua contaminada por desechos humanos, animales o químicos son, entre otras, *el cólera, la fiebre tifoidea, la shigella, la poliomielitis, 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 (UNEP, 1989).

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

El suministro de agua con la calidad para el consumo humano es necesaria 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 radioactivos, 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 preservar una buena calidad de vida y una buena salud (DOF, 1994)

2.12. Análisis del agua

2.12.1. Análisis por Métodos Potenciométricos

Citado en:

<http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoIngForestal/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/Presentaciones/Presentaci%C3%B3n%20Tema%2013.pdf>
de electrodos de ion selectivo.

La medida de un potencial eléctrico (mV) con el fin de conocer la concentración de una sustancia (ión) en disolución cumple la Ecuación de Nernst la cual expresa una función logarítmica que relaciona la actividad iónica con el potencial medido.

(Muñoz *et al.*, 2004) analizó la influencia de diversos parámetros ambientales e hidrogeológicos en los contenidos de Nitratos del agua subterránea. Las concentraciones de Nitrato las determinó por Potenciometría con Electrodo de Ión Selectivo. Determinó la existencia de diferencias en las concentraciones de Nitrato con relación a la ubicación, el uso del agua y el tipo de agricultura que se practica donde se encuentran los pozos. La concentración promedio de Nitrato en la temporada de sequía resultó casi el doble respecto a la registrada en la temporada de lluvias.

2.13. Colorimetría

Una definición simple de colorimetría es “la medición de color” y un método colorimétrico es “cualquier técnica usada para evaluar un color desconocido con referencia a un color conocido”. En un ensayo colorimétrico químico la intensidad del color producido por la reacción debe ser proporcional a la concentración de la sustancia analizada, lo que se conoce como Ley de Beer. Algunas reacciones tienen limitaciones o variaciones inherentes a ellos que pueden dar resultados erróneos. Muchas de estas interferencias son discutidas en la introducción de cada ensayo en particular.

En los ensayos colorimétricos más básicos la muestra que se analiza se compara visualmente con un estándar de color conocido. Sin embargo, resultados precisos y reproducibles se limitan por la visión del analista, inconsistencias en las fuentes de luz y la disminución del color del estándar (Windermere, 2000).

2.14. Espectrofotometría de Absorción Atómica

El análisis de absorción atómica es 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 cobalto, oro, plomo, calcio, níquel, entre otros. Se basa en que cada elemento tiene un número de electrones asociado con su núcleo. El estado normal y más estable de la configuración orbital de un átomo es conocido como el estado fundamental. Si se aplica energía a un átomo, la energía será absorbida y un electrón será promovido a un estado menos estable conocido como estado excitado. Desde este estado inestable el átomo volverá a su estado fundamental, liberando energía luminosa. En el estado fundamental un átomo absorbe energía luminosa a una longitud de onda específica para pasar al estado excitado. Si el número de átomos en el paso de luz se incrementa, la cantidad de luz absorbida hará lo mismo. Por la medición de la cantidad de luz absorbida, se puede hacer una determinación cuantitativa de la cantidad de analito. La función de la llama consiste en convertir el aerosol de la muestra en un vapor atómico el cual luego puede absorber la luz de la fuente primaria (Gaitán, 2005).

2.15. Fierro

Citado en:

<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.aquatell.com/water-tips/iron-drinking-water>

El Fierro está presente en muchas fuentes de agua. El Fierro comprende el cinco por ciento de la corteza terrestre y por esa razón es especialmente prevaeciente en los suministros de agua subterránea, tales como perforación de pozos. Cuando el agua subterránea se filtra a través de esta roca se disuelven pequeñas cantidades de Fierro. Las aguas subterráneas solo contienen el ión ferroso disuelto, que suele aparecer con contenidos de 10 ppm; sin embargo, las concentraciones bajas como 0.3 ppm son suficientes para teñir el agua potable de un color marrón rojizo y causar muchos problemas. Al airear el agua se precipita el hidróxido férrico

de color rojizo, y se reduce el contenido a menos de 0.5 ppm. Solo las aguas de pH ácido pueden tener contenidos en Fierro de varias decenas de ppm.

2.15.1. Efectos en las Personas por el Consumo de Fierro

El Fierro es un elemento esencial en la nutrición humana. Las estimaciones de las necesidades diarias mínimas de Fierro dependen de la edad, sexo, estado fisiológico, y la biodisponibilidad de Fierro y van desde 10 a 50 mg*dia⁻¹ (FAO, 1988). La dosis letal media de Fierro es de 200-250 mg*kg⁻¹ de peso corporal, pero la muerte se ha producido después de la ingestión de dosis tan bajas como 40 mg*kg⁻¹ de peso corporal (NRC, 1979). Las autopsias han mostrado necrosis hemorrágica y descamación de las áreas de la mucosa en el estómago con la extensión en la submucosa.

Resultados de la sobrecarga crónica de Fierro principalmente de un trastorno genético (hemocromatosis) caracterizada por la absorción del Fierro y el aumento de enfermedades que requieren de transfusiones frecuentes. Los adultos a menudo han tomado suplementos de Fierro durante períodos prolongados sin efectos perjudiciales (Bothwell TH, et al, 1979), y una ingesta de 0,4-1 mg*kg⁻¹ de peso corporal por día es poco probable que cause efectos adversos en personas sanas (Finch, 1972).

2.16. Plomo

(Mushak *et al.* 1989) indica que el Plomo puede aparecer en el agua potable al desprenderse de las tuberías, las llaves y pedazos de soldadura que contienen Plomo. Estas estructuras pueden encontrarse en edificios viejos.

- Las tuberías que contienen Plomo son más comunes en los edificios construidos antes de 1986, aunque hogares más recientes también pueden tener cierto riesgo.
- Hervir el agua no hace desaparecer al Plomo.
- Otras fuentes potenciales de contaminación por Plomo son los accesorios de latón, los enfriadores viejos de agua potable, y las cafeteras viejas

Según la (ATSDR) Agency for Toxic Substances & Disease Registry (2005), cita que no se conoce ningún uso del Plomo en el cuerpo humano, aunque su presencia puede provocar efectos tóxicos, independientemente de cuál sea la vía de exposición.

- La toxicidad del Plomo puede afectar a cualquier sistema del cuerpo.
- A nivel molecular, los mecanismos de toxicidad propuestos involucran procesos bioquímicos fundamentales. Entre ellos se incluye la habilidad que tiene el Plomo para inhibir o mimetizar las acciones del calcio (situación que puede afectar cualquier proceso dependiente de o relacionado con el calcio). También se incluye su capacidad para interactuar con ciertas proteínas (incluyendo aquéllas que tengan grupos carboxilo, amino, sulfidriilo y fosfato (Needleman, 2002).
- Niveles de exposición bajos pueden traer asociados efectos sutiles adversos para la salud.
- Algunos investigadores proponen que el Plomo contribuye de una manera significativa a problemas socio-conductuales como la delincuencia juvenil y los crímenes violentos (Nevin, 2000).
- Es importante prevenir todas las exposiciones al Plomo.

Citado en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-fisiologia.html

Aunque el principal y más inmediato motivo de preocupación por la salud de los niños expuestos al Plomo es de carácter neurológico. El envenenamiento por Plomo en la niñez puede tener implicaciones negativas en la salud futura de las personas. Entre estas implicaciones podemos mencionar daños renales, hipertensión, problemas reproductivos y problemas con el desarrollo de los hijos.

2.16.1. Efectos Neurológicos

El sistema nervioso es el sistema más sensible a la exposición al Plomo.

- Se han detectado daños neurológicos a niveles de exposición que antes se consideraba que no causarían daño ($<10 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$) (Canfield, 2003)

La exposición aguda a niveles muy altos de plomo puede provocar encefalopatía en niños y otros signos asociados como:

- ataxia
- coma
- convulsiones
- la muerte
- hiperirritabilidad
- estupor

En el caso de los niños, los niveles de Plomo en sangre asociados con encefalopatía, varían de una investigación a otra, pero parece haber consenso que niveles de entre $70\text{-}80 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ (o valores superiores a éstos) son indicativos de un riesgo serio. (ATSDR, 2005).

- Aunque no se presenten síntomas de encefalopatía, estos niveles se encuentran asociados a incidencias mayores de daños neurológicos y conductuales duraderos (ATSDR, 2005).

A niveles de exposición mucho más bajos, los niños sufren otros efectos neurológicos.

- Los efectos adversos pueden presentarse a niveles bajos de Plomo en sangre, de menos de $10 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ en algunos casos, y posiblemente no se puedan detectar mediante una exploración clínica (ATSDR, 2005).

- Por ejemplo en algunas investigaciones (Yule *et al.* 1981; Schroeder *et al.* 1985; Fulton *et al.* 1987; Landsdown *et al.* 1986; Hawk *et al.* 1986; Winneke *et al.* 1990) por cada aumento de $10 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ en los niveles de Plomo en sangre, se presentaba una baja de cuatro a siete puntos en el valor del coeficiente intelectual de los niños expuestos.

Existe una gran evidencia que asocia un decremento en el desempeño del coeficiente intelectual y otros efectos neuropsicológicos con la exposición al Plomo.

Puede haber una diferencia en cuanto a los efectos neurológicos entre un adulto expuesto al Plomo en la edad adulta y un adulto expuesto al Plomo en su niñez, puesto que en este último caso su cerebro se estaba desarrollando.

- Los efectos neurológicos en los niños, incluyendo el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (ADHD) por sus siglas en inglés, pueden persistir en la edad adulta. Los adultos expuestos al Plomo pueden experimentar también muchos de los síntomas neurológicos de los niños expuestos, aunque los umbrales para los adultos tienden a ser más altos.

Kehoe (1961) explica que la encefalopatía causada por el Plomo puede presentarse e niveles extremadamente altos de Plomo en sangre, p. ej., $460 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ y que algunos precursores de la encefalopatía, como matidez, irritabilidad, un bajo lapso de atención, temblores musculares y pérdida de memoria, pueden presentarse a niveles menores de Plomo en sangre.

Se han informado efectos neurológicos y conductuales menos severos en trabajadores expuestos al Plomo que presentan niveles de Plomo en sangre de entre 40 y $120 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$. (ATSDR 2005). Estos efectos incluyen:

- Disminución de la lívido
- Depresión/cambios de estado de ánimo, dolor de cabeza

- Disminución del desempeño cognitivo
- Disminución en la destreza de las manos
- Disminución en los tiempos de reacción
- Disminución en el desempeño visual motor
- Mareos
- Fatiga
- Tendencia a olvidar cosas
- Problemas de concentración
- Impotencia
- Nerviosismo creciente
- Irritabilidad
- Letargo
- Malestar
- Parestesias
- Reducción en los valores del coeficiente intelectual
- Debilidad

2.16.2. Efectos Renales

Muchas investigaciones revelan la existencia de una fuerte asociación entre la exposición al Plomo y efectos renales (ATSDR, 1999).

- Las exposiciones continuas o repetitivas al Plomo pueden provocar una tensión tóxica en el riñón. Si esta situación no se corrige, se puede desarrollar una nefropatía asociada al Plomo, comúnmente crónica e irreversible.

No se conoce cuál es el nivel más bajo en el cual el Plomo ejerce un efecto adverso sobre el riñón.

- La mayoría de los efectos renales documentados para trabajadores ocupacionales han sido observados en exposiciones agudas a dosis altas y en exposiciones crónicas a dosis moderadas-altas (nivel de Plomo en sangre $> 60 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$).

- En la actualidad, no existen indicadores sensibles y de detección temprana (p. ej., marcadores biológicos) que puedan predecir o indicar el daño renal por Plomo (ATSDR, 2005). La creatinina sérica y la evacuación de creatinina se utilizan como indicadores posteriores.

2.16.3. Efectos Hematológicos

El Plomo puede provocar dos tipos de anemia, comúnmente acompañadas de punteado basófilo de los eritrocitos (ATSDR, 1999).

- La exposición aguda a niveles altos de Plomo está asociada a la anemia hemolítica.
- La anemia franca no es una manifestación temprana de la exposición al Plomo y se hace evidente sólo cuando los niveles de Plomo en sangre se elevan por periodos prolongados.

2.17. Nitratos

Por lo general, los niveles elevados de Nitratos en el agua potable se deben a la contaminación en las aguas subterráneas por los residuos de animales o derrames de agua provenientes de lecherías o ganado, el uso excesivo de fertilizantes o la infiltración de drenaje humano proveniente de las fosas sépticas. Los microorganismos presentes en el suelo, el agua y el drenaje transforman los nitratos en Nitritos. Los Nitritos son de particular interés en la salud porque convierten la hemoglobina en la sangre a metamoglobina. La metamoglobina reduce la cantidad de oxígeno que se transporta en la sangre. Como resultado, las células no tienen suficiente oxígeno para funcionar adecuadamente en el organismo. A esta condición se le llama metamoglobinemia. Los bebés, especialmente menores de seis meses, corren un mayor riesgo de desarrollar problemas de salud al ingerir agua con niveles elevados de nitratos/nitritos. Esto se debe a las diferencias entre los cuerpos y las actividades de los bebés y los de los adultos y niños mayores. Los bebés tienen relativamente poca acidez en sus estómagos comparados con los estómagos de los adultos. Esto permite que crezcan las bacterias que pueden transformar rápidamente los Nitratos en Nitritos, que son los que causan la metamoglobinemia. En los bebés, a esta condición se

le llama Síndrome del Niño Azul, porque la deficiencia de oxígeno causa que la piel del bebé se vuelva de un color azulado, particularmente alrededor de los ojos y la boca. Si no se atiende al bebé a tiempo, esta condición puede causarle la muerte (DSSC, 2006).

La contaminación del agua subterránea por Nitratos (NO_3^-) es un problema muy extendido en muchos lugares del mundo (Canter, 1997) e impone una seria amenaza al abastecimiento de agua potable (Pauwels *et al.* 2001). La Organización Mundial de la Salud establece $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ N- NO_3^- ($44.29 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de NO_3^-) como concentración máxima en agua subterránea (WHO, 1985).

Las fuentes de Nitrato en agua subterránea se pueden dividir en: naturales, residuos orgánicos, agricultura e irrigación (Keeney, 1986, 1989). Se han realizado diversas investigaciones para conocer la relación entre la calidad del agua subterránea y las actividades agrícolas (Guimerà, 1998). Hall (1992) determinó la existencia de una relación directa entre la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo como fertilizante, principalmente estiércol, y la concentración de Nitrato en agua subterránea

Se han registrado mayores concentraciones de NO_3^- en agua subterránea en años secos respecto a los años húmedos (Óenema *et al.* 1998). Kaçaroglu y Günay (1997) indicaron que la concentración de NO_3^- es menor en la época de lluvias y mayor en la época de estiaje. La actividad agrícola (especialmente la fertilización) es la principal fuente de niveles altos de Nitratos, los pozos someros (de menos de 30 m de profundidad) son los más vulnerables (Spalding y Exner 1993, Mueller *et al.* 1995, Nolan *et al.* 1997) Antón y Díaz (2000) registraron $80 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de Nitrato en agua subterránea del Valle del Mezquital, México; el origen de este Nitrato está ligado a la presencia de Nitrógeno en el agua residual utilizada para riego.

2.18. Arsénico

Arsénico es un químico que se forma naturalmente y se encuentra en la tierra y en rocas. Este se puede dispersar en el medio ambiente a través de acción volcánica, erosión de rocas y a través de actividades humanas como minería o fundición de minerales que contengan Arsénico o el desecho de pesticidas que contengan Arsénico. Estas fuentes pueden aumentar los niveles de Arsénico en las aguas subterráneas (DSPMAC, 2003).

Citado en: <http://www.miliarium.com/monografias/arsenico/>

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 reductoras, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el Arsénico trivalente o arsenito (As^{+3}).

La toxicidad del Arsénico depende de su forma química; está comprobado que el As^{+3} es más tóxico que el (As^{+5}) (Valiente et. al, 2002).

2.18.1.- Efectos en la Salud por la Ingesta de Arsénico

DSPMAC (2003) cita que en algunos lugares, los pozos domésticos están conectados a aguas subterráneas que contienen Arsénico. Las personas también pueden exponerse a bajos niveles de Arsénico en sus dietas. En promedio, el ochenta por ciento o más de Arsénico, proviene de carnes, pescado, pollo y granos. Los efectos a la salud causados por la ingestión de Arsénico pueden variar significativamente.

Los factores que influyen el grado de efectos dañinos son:

- El nivel de Arsénico en su agua
- La cantidad de Arsénico ingerido
- El tiempo que la persona ha estado expuesta
- La manera como su cuerpo responde al Arsénico, lo cual está relacionado con la edad, dieta, salud de las personas en general y otras características.

Los efectos a la salud causados por exposición repetida y a largo plazo al Arsénico pueden ser:

- Cambios en la piel, como “callos” en las manos o en las plantas de los pies, cambios en el color de la piel, particularmente alrededor de la cabeza, cuello o ingle y engrosamiento de la piel.
- Varias formas de cáncer como: de la piel, vejiga, pulmón y posiblemente del riñón, hígado y de la próstata.
- Otros problemas de salud como: diabetes, hipertensión, enfermedad cardiovascular y daños en el sistema nervioso se han reportado en algunos estudios. Sin embargo, los científicos no saben que tanta exposición se requiere para causar estos efectos en la salud.

Citado en: <http://www.miliarium.com/monografias/arsenico/>

. Envenenamiento con Arsénico puede ser agudo o crónico. Envenenamiento agudo puede ocurrir cuando una alta concentración (sobre $60 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) de Arsénico se ingiere en un período corto de tiempo. Esto más probable ocurra donde el Arsénico ha sido concentrado por procesos industriales o en un desplazamiento de despojo de desechos sin regulación. Envenenamiento crónico puede ocurrir cuando cantidades moderadas o pequeñas de Arsénico son ingeridas en un largo período de tiempo (por lo general cinco años o más), tal como donde el agua de debajo de la tierra conteniendo Arsénico es consumida a diario por largo período. La toxicidad aguda de compuestos de arsénico en el ser humano es función de la capacidad de asimilación del cuerpo humano. La arsina es considerada la forma más tóxica, seguida del arsenito, de arsenatos y los compuestos orgánicos de 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 $2 \text{ a } 3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de 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 gran irritación

gástrica. Las combinaciones orgánicas de Arsénico liberan lentamente el tóxico 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 este compuesto en un ambiente industrial es de 0,05 ppm. En los alimentos se puede admitir hasta 3,5 ppm. En el tabaco se ha encontrado hasta 13 ppm, provenientes de los plaguicidas usados en la planta de tabaco. En el organismo humano el arsénico elemental ingestado se absorbe lentamente pero luego es eliminado por 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 tracto 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.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y Fecha de Establecimiento:

El actual trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, específicamente en el Departamento de Ciencias Básicas cuya 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 agua se hicieron en el municipio de Saltillo Coah. México. 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.

El punto de muestreo para las muestras Centro 1 se encuentra localizado en el centro de la ciudad de Saltillo en la calle Murguía, entre Múzquiz y Álvarez.

El punto de muestreo para las muestras Centro 2 está localizado en la calle Pérez Treviño, entre Guillermo Purcell y Calzada Emilio Carranza.

El punto de muestreo para la muestra Centro 3 está localizado en la calle Ramón Corona, entre Ignacio la Llave y La Fragua.

El punto de muestreo para las muestras Lomas de Lourdes se efectuó en la colonia Lomas de Lourdes calle Paseo de los Correcaminos 1231-1.

El punto de muestreo para las muestras de Chapula está ubicado en las coordenadas son: 25° 16' 02" Latitud Norte, 101° 16'48" Longitud Oeste, y una altura de 1828 msnm.

El punto de muestreo para las muestras de bebedero está ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro al lado Oeste del edificio "F".

El punto de muestreo para las muestras de comedor está ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el área de comedor de la universidad.

El punto de muestreo para las muestras de dormitorio está ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el dormitorio Porfirio frente al comedor de la Universidad.

3.2. Materiales y Equipos Requeridos

3.2.1. Área de estudio

Se tomaron muestras para cada compuesto químico a analizar, fueron tomadas del área de comedor, dormitorio y de los bebederos y las demás muestras fueron tomadas de la red de distribución de agua potable de el ejido Chapula y de la capital Saltillo, de la zona centro de Saltillo y del lado Sur de la ciudad, específicamente de la colonia Lomas de Lourdes.

3.2.2. Materiales

Agua destilada, 1-10 phenathroline (1-10 fenantrolina) CTR Scientific, hydroxilammonium chloride (clorhidrato de hidroxilamina), acetato de sodio CTR Scientific, sulfato amónico ferroso CTR Scientific, ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) al 97.2%, ácido nítrico NHO_3 , nitrato de potasio jalmeq, cloruro de sodio NaCl jalmeq, Productos Químicos Monterrey S.A., botes de plástico de 1.5 L de taparrosca, probetas de 100 ml, pipetas de 5 ml, matraces volumétricos de 100 ml con su tapón c/u, matraz para filtración al vacío Millipore, papel filtro nº 42 Millipore, embudo de vidrio esmerilado con pinzas para filtración al vacío Millipore, potenciómetro Orion 4 Star pH meter ion meter Thermo Electron Corporation, electrodo de ion selectivo para NO_3^- Phoenix, electrodo saturado de calomel como referencia, bomba de vacío rotatoria, balanza analítica AND HR-200 (capacidad 200 gr.), Espectrofotómetro de Absorción Atómica Varian AA 1275, lámpara de cátodo hueco para determinación de hierro de 5 mA, acetileno. Las muestras para análisis de plomo fueron cuantificadas mediante un espectrofotómetro de absorción atómica modelo: AA240FS marca Varian en el cual se utilizó un flujo de aire acetileno de 12.34/1.93 L/min, una longitud de onda de 217 nm, con una corriente de lámpara de 10 mA y un slit de 1.

3.2.3. Metodología

3.2.3.1. Procedimiento para Toma de Muestra

Las muestras de agua para análisis de Hierro se tomaron en botes de plástico de 1.5 L 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 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”

Las muestras de agua para el análisis de Plomo fueron tomadas de la misma manera en que fueron tomadas las muestras para análisis de Hierro nada más que fueron recolectadas en envases de 600 ml también evitando cualquier contaminación. Se añadieron 5 ml de ácido nítrico HNO_3 por cada 500 ml de agua, a cada una de las muestras (MODIFICACION a la 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).

Las muestras de agua para el análisis de Nitratos fueron recolectadas en envases de 600 ml llenando un 90 por ciento de cada uno de los envases.

Las muestras de agua para el análisis de Arsénico fueron recolectadas de la misma manera en que fueron tomadas las muestras para análisis de Hierro nada más que fueron recolectadas en envases de 600 ml también evitando cualquier contaminación.

3.2.3.2. Procedimiento para el Análisis en Laboratorio

❖ *Para análisis de Hierro.*

Primero se trató de hacer por el método de colorimetría y se obtuvieron resultados con índices demasiado bajos como para que el agua se tiñera para su análisis, en la totalidad de las muestras. Por lo tanto se procedió al análisis por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Para el análisis se prepararon las muestras filtrándose cada una de las muestras con un matraz de filtración al vacío con papel nº42. Ya con las muestras listas para el análisis, teniendo en cuenta la curva de calibración del espectrofotómetro (figura 7); éste se limpió y se calibró según el manual del aparato (Ross, 1971).

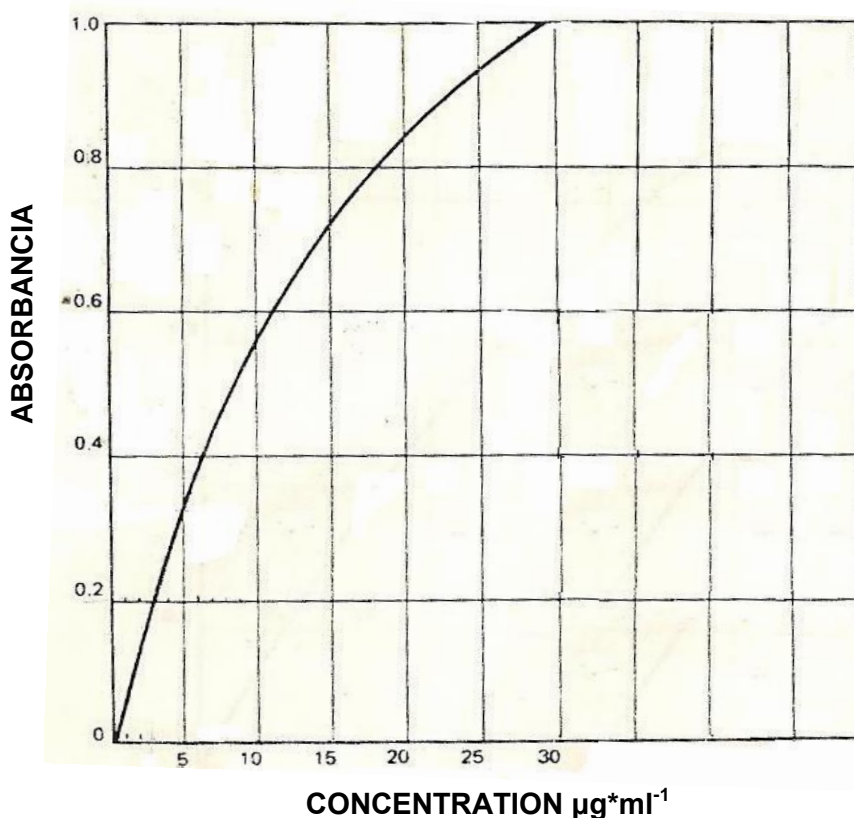


Figura 7. Curva de Calibración del Espectrofotómetro de Absorción Atómica para el análisis de Hierro (Ross, 1971).

❖ *Para análisis de Nitratos*

- ✓ Se prepararon soluciones de 1 litro de 1, 0.1 y 0.01 molar de Cloruro de Sodio (NaCl).
- ✓ Estas soluciones se hicieron con el motivo de diluir las soluciones estándares de Nitratos, con las cuales se calibró el electrodo de ion selectivo probando así, diferentes fuerzas iónicas.
- ✓ Como segundo paso se prepararon las soluciones de Nitrato de potasio (KNO_3) con concentraciones 0.1 molar, 0.05 molar, 0.01 molar, 0.005 molar, 0.001 molar y 0.0005 molar.
- ✓ Se hicieron las soluciones de Nitrato de Potasio con sus diferentes concentraciones y diluidas en las 3 soluciones de Cloruro de Sodio obteniendo 18 soluciones finales para:
 1. Determinar en qué concentración de NaCl es más estable el electrodo de ion selectivo de NO_3^- , y con ello utilizar esta solución para las muestras a analizar.
 2. Calibrar el electrodo de ion selectivo, para posteriormente hacer la curva de calibración, y sacar la ecuación del electrodo.

Ya teniendo la curva de calibración y la ecuación correspondiente, se procedió a sacar la lectura del potenciómetro, utilizando el electrodo de ion selectivo y electrodo de referencia de calomel, cerrando así el circuito para una lectura correcta. Esta lectura se expresa en mV.

❖ *Para análisis de Arsénico*

Se utilizó la técnica de generación de hidruros, La técnica consta de tres etapas fundamentales: la generación y volatilización del hidruro, la transferencia del mismo y su posterior atomización en el espectrofotómetro de Absorción Atómica. Es de las más usadas en la determinación total de arsénico, porque es sensible, rápido y minimiza los efectos de las interferencias, si se lo compara con los métodos tradicionales (Jiménez de Blas et al. 1996), además resulta ser más cómodo de usar y apropiado para el análisis (Anderson et al., 1986).

❖ *Para análisis de Plomo*

Los análisis de Plomo se realizan por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

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

4.1. Determinación de Hierro por Espectrofotometría de Absorción Atómica

Ya teniendo las muestras analizadas los resultados arrojados son mostrados a continuación se presenta tanto en el cuadro 6 como en la figura 8:

Cuadro 6. Resultados de Hierro por Absorción Atómica y Comparación con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg·l ⁻¹	NOM-127- SSA1-1994	CONDICIÓN DEL AGUA
Dormitorio	0.02	0.30	Buena
Comedor	0	0.30	Buena
Ciencias Básicas	0	0.30	Buena
Bebederos	0	0.30	Buena
Centro 1	0.02	0.30	Buena
Centro 2	0.03	0.30	Buena
Chapula	0	0.30	Buena

Resultados de Hierro

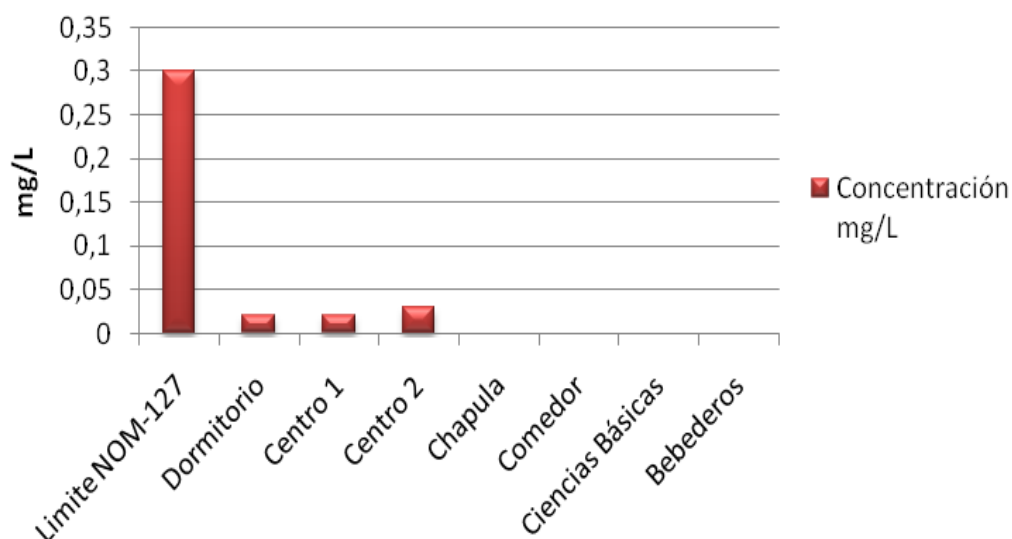


Figura 8. Resultados de Hierro por Absorción Atómica

4.2. Determinación de Nitratos

Para determinar los $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de Nitrógeno en forma de Nitratos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} = \left(\text{Masa atómica de N} \right) \left(\text{Concentración de Nitratos en } \frac{\text{moles}}{\text{L}} \right) \left(1000 \right)$$

$$\text{masa atómica de N} = 14.0067$$

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Comedor} = (14.0067) (0.001115884) (1000) = 15.62985242 \text{ mg/L}$$

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Centro 1} = (14.0067) (0.000835088) (1000) = 11.69675706 \text{ mg/L}$$

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Centro 2} = (14.0067) (0.000824624) (1000) = 11.55026098 \text{ mg/L}$$

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Dormitorio} = (14.0067) (0.0022601) (1000) = 31.65689284 \text{ mg/L}$$

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Chapula} = (14.0067) (0.00044469) (1000) = 6.228639423 \text{ mg/L}$$

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Bebederos} = (14.0067) (0.0011588) (1000) = 16.23212652 \text{ mg/L}$$

Teniendo la curva de calibración, las muestras analizadas arrojaron los resultados mostrados en el Cuadro 7. Los resultados en la figura 9 están expresados en Nitrógeno como Nitratos.

Cuadro 7. Resultados de Nitrógeno de NO_3^- de las Muestras tomadas ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

MUESTRA	CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	NOM-127-SSA1-1994	CONDICIÓN DEL AGUA
Comedor	15.62985242	10.0	Mala
Centro 1	11.69675706	10.0	Mala
Dormitorio	31.65689284	10.0	Muy mala
Chapula	6.228639423	10.0	Buena
Centro 2	11.55026098	10.0	Mala
Bebederos	16.23212652	10.0	Mala

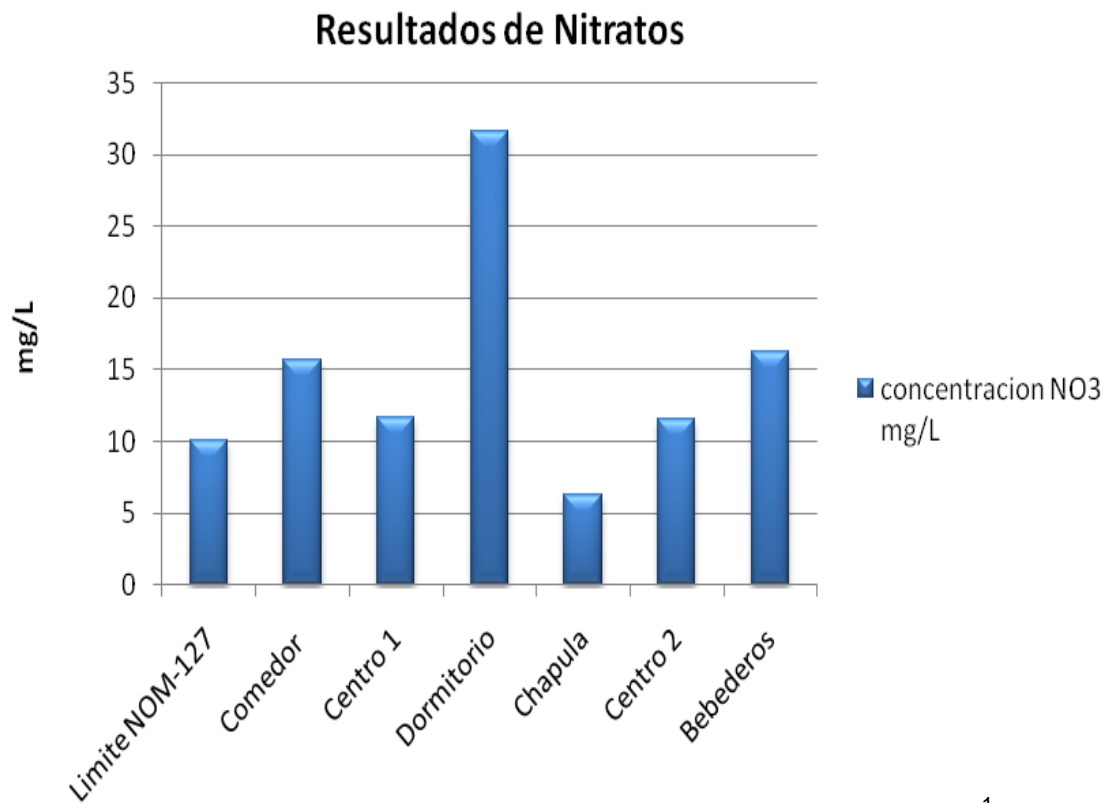


Figura 9. Resultados de NO₃⁻ de las muestras tomada (mg·l⁻¹)

4.3. Determinación de Plomo

Los análisis de Plomo se realizan por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Teniendo las muestras analizadas los resultados arrojados son mostrados a continuación se presenta tanto en el cuadro 8 como en la figura 10:

Cuadro 8. Resultados de Concentración de Plomo de las Muestras Tomadas. (mg·l⁻¹)

CLAVE DE LA MUESTRA	RESULTADO DE PLOMO EN mg·l ⁻¹	NOM-127-SSA1-1994	CONDICIÓN DEL AGUA
Bebedero	0.021	0.025	Buena
Centro 1	0.036	0.025	Mala
Centro 2	0.037	0.025	Mala
Comedor	0.028	0.025	Mala
Chapula	0.029	0.025	Mala
Dormitorio	0.027	0.025	Mala

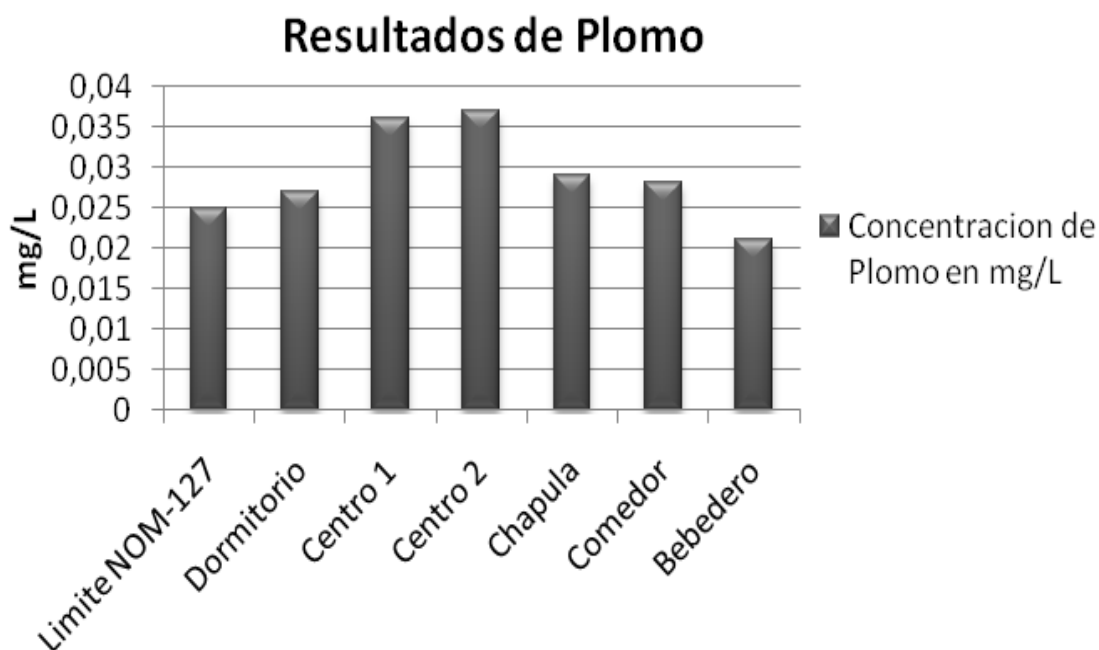


Figura 10. Resultados de la Concentración de Plomo de las Muestras Tomadas ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

4.4. Determinación de Arsénico

Los análisis de Arsénico se realizan por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Teniendo las muestras analizadas los resultados arrojados son mostrados a continuación se presenta tanto en el cuadro 9 como en la figura 11:

Cuadro 9. Resultados de Concentración de Arsénico de las Muestras Tomadas ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

MUESTRA	CONTENIDO DE AS $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	NOM-127-SSA1-1994	CONDICIÓN DEL AGUA
Dormitorio	<0.05	0.05	Buena
Ciencias Básicas	<0.05	0.05	Buena
Bebedero	<0.05	0.05	Buena
Centro 3	<0.05	0.05	Buena
Lomas de Lourdes	<0.05	0.05	Buena
Chapula	<0.05	0.05	Buena



Figura 11. Resultados de la Concentración de Arsénico de las Muestras Tomadas ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con este trabajo de análisis podemos afirmar que los resultados obtenidos para el análisis de Hierro están dentro del límite de la Norma Oficial establecida, para uso y consumo humano. Por lo tanto, el humano no corre riesgos por contraer alguna enfermedad que se genere al ingerir Hierro de esta agua por un prolongado tiempo.

En cuanto al análisis de Nitratos, es necesario realizar más monitoreos, pero en temporadas de lluvias, con el objetivo de ver si el agua se ve alterada por este fenómeno meteorológico, además de análisis para ver si los acuíferos están siendo afectados por las labores de agricultura e irrigación. Como medida preventiva sería evitar principalmente el consumo de esta agua a mujeres embarazadas y en niños recién nacidos y pequeños, ya que estos son más vulnerables, y otra medida preventiva, sería la implementación de filtros para la retención de estas sales o utilización de métodos de remediación para agua con contenidos altos de estas sales.

En lo que respecta al análisis del Plomo, es conveniente realizar obras preventivas para la mayoría de los lugares de muestreo ya que la del bebedero fue la única que no sobrepasa los límites de la norma, obras como por ejemplo el cambio de las líneas de conducción e instalación de filtros especializados para la retención de este metal o utilización de métodos de remediación para agua con contenidos altos de este metal, se debe hacer un estudio mucho más completo tanto del agua como de las líneas de conducción de agua, para prevenir posteriores daños en la salud de las personas que consuman esta agua.

Y para concluir, podemos decir que los resultados obtenidos de Arsénico están dentro del límite de la norma oficial establecida, para uso y consumo humano. Por lo tanto, el humano no corre riesgos por contraer alguna enfermedad e intoxicación que se genere al ingerir Arsénico de esta agua. Una recomendación en cuestión de análisis sería tener más puntos de muestreo los cuales sean más accesibles y que sean todavía más representativos, cerca de puntos de bombeo de agua para abastecimiento de agua potable, de la población de la región Sureste del estado de Coahuila, así como un monitoreo más frecuente.

CAPITULO VI

LITERATURA CITADA

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 1999. Toxicological profile for lead. Atlanta: US Departamento de Salud y Servicios Humanos, Public Health Service.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 2005. Toxicological profile for lead. Atlanta: US Departamento de Salud y Servicios Humanos, Public Health Service.

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.

Anderson, R. K.; Thompson,M; Culbard,E. 1986. Selective Reduction of Arsenic by Continuous Hydride Generation. Parte I. Reaction Media. Analyst. Vol. 111, pp. 1143- 1152.

Antón D.J. y Díaz D.C. 2000. Sequía en un mundo de agua, Piriguazú Ediciones / CIRA-UAEM, San José / Toluca, pp. 420

Baroni, L.; Cenci, L.; Tettamanti, M. Berati, M. 2007. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. European Journal of Clinical Nutrition 61: pp. 279–286.

Björn Lomborg 2001, The Skeptical Environmentalist, Cambridge University Press, ISBN 0-521-01068-3, p. 22.

Bothwell TH, et al, 1979. Metabolismo del hierro en el hombre. Oxford, Blackwell.

Canfield RL, Henderson CR, Cory-Slechta DA, Cox C, Juski TA, Lanphear BP. 2003. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per Deciliter. New England Journal of Medicine. 348(16), pp. 1517-1526.

Canter L.W. 1997. Nitrate in groundwater, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, pp. 259.

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.

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

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

Comisión Nacional del Agua, 2009. Atlas del agua en México. SEMARNAT, 2009. pp. 17-121.

Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente de Colorado, Sección de Epidemiología del Medio Ambiente (DSPMAC) 2003., Arsénico en Agua de Pozos Domésticos, pp. 01-02.

Departamento de Servicios de Salud de California (DSSC), 2006 Posibles Efectos en la Salud Relacionados con Nitratos y Nitritos en Agua de Pozos Privados, Rama de Investigaciones de Salud Ambiental, pp. 02-03.

Diario Oficial de la Federación, 1994. Ley de Aguas Nacionales. Fecha de publicación en el: 1 de diciembre de 1994.

Estrada . Vanguardia.10 de Abril de 2008, En Saltillo hay menos agua y más población: Rogério Koehn. Vanguardia.

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.

Finch, CA, Monsen ER, 1972. La nutrición de hierro y la fortificación de alimentos con hierro. Oficial de la Asociación Médica Americana, 219, pp. 1462-1465.

Fulton M, Raab G, Thomson G, Laxen D, Hunter R, Hepburn W. 1987. Influence of blood lead on the ability and attainment of children in Edinburgh. Lancet 1, pp.1221-1226.

Gaitán M. S. 2004, Determinación de Metales Pesados Totales con Digestión Ácida y Solubles Lectura Directa por Espectrofotometría de

Absorción Atómica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, PP. 02-03 2ª EDICION, Colombia.

Guimerà J. 1998. Anomalously High Nitrate Concentration in Groundwater. *Ground Water* 36, pp.275-282.

Hall W.D. 1992. Effects of Nutrient Management on Nitrate Levels in Ground Water Near Nephtrata, Pennsylvania. *Ground Water* 30, pp.720-730.

Hawk BA, Schroeder SR, Robinson G, et ál. 1986. Relation of lead and social factors to IQ of low SES children: a partial replication: *Am J Ment Defic* 91, pp. 178-183.

Jiménez de Blas et al.; *Jornal of AOAC International*, 1996 .Determination of Total Arsenic and Selenium in Soils and Plants by Atomic Absorption Spectrometry with Hydride Generation and Flow Injection Analysis Coupled Techniques. Vol. 79, Nº.3, pp. 764-768.

Kaçaroglu F. y Günay G. 1997. Groundwater Nitrate Pollution in an Alluvian Aquifer, Eskisehir Urban Area in its Vicinity, Turkey. *Environ. Geol.* 31, pp.178-184.

Keeney D. 1986. Sources of Nitrate to Ground Water: *CRC Critical Reviews in Environ. Control* 16, pp. 257-304.

Keeney D. 1989. Sources of Nitrate to Ground Water. In: *Nitrogen Management and Ground Water Protection*, Follett, R.F., Elsevier Science Publisher, Amsterdam, pp. 23-24.

Kehoe RA. 1961. The metabolism of lead in man in health and disease: Present hygienic problems relating to the absorption of lead: The Harben lectures, 1960. *J R Inst Public Health Hyg* 24, pp. 177-203.

Landsdown R, Yule W, Urbanowicz MA, Hunter J. 1986. The relationship between blood-lead concentrations, intelligence, attainment and behavior in a school population: the second London study. *Int Arch Occup Environ Health* 57, pp. 225-235.

Manual técnico del agua, 2003 (degremont) Aguas Argentinas, III Foro Mundial del Agua, Kioto, Japón, 2003

Mosqueira, S.,Pérez, 2005. *Introducción a la Química y el Ambiente*. Primera Edición. Publicaciones Culturales. México.

Mueller D.K., Hamilton P.A., Helsel D.R., Hitt K.J. y Ruddy B.C. 1995. *Nutrients in Ground Water and Surface Water of the United States*, an

Analysis of Data Through 1992. United States Geological Survey Water-Resources Investigations Report 95-4031, pp. 1-74.

Muñoz Hipólito, M. Aurora, Andrea V., Cenicerós N. 2004, "Nitrato en el Agua Subterránea del Valle de Huamantla, Tlaxcala, México", Revista Internacional de Contaminación Ambiental, julio-septiembre, año/vol. 20, número 003, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México, pp. 91-97

Mushak P, Davis JM, Crocetti AF, Grant LD. 1989. Prenatal and postnatal effects of low-level lead exposure: integrated summary of a report to the US Congress on childhood lead poisoning. Environ Res 50, pp. 11-36.

National Research Council (NRC), 1979. Hierro. Baltimore, MD, University Park Press.

Needleman H.L. 2002. Bone lead levels in adjudicated delinquents: A case control study. Neurotoxicology and Teratology 24, pp. 711-717.

Nero, W. y Sorensen, L. 1990. Residential Veriscape, A Working Demonstration, Proceedings of the Conservation 90, Phoenix Arizona, U.S.A.

Nevin R. 2000. How lead exposure relates to temporal changes in IQ, violent crime, and unwed pregnancy.

Nolan B.T., Ruddy B.C., Hitt K.J. y Helsel D.R. (1997). Risk of Nitrate in Groundwaters of the United States, a National Perspective. Environ. Sci. Technol. 31, pp. 2229-2236.

Óenema O., Boers P.C.M., van Eerd M.M., Fraters B., van der Meer H.G., Roest C.W.J., Schröder J.J. y Willems W.J. 1998. Leaching of Nitrate from Agriculture to Groundwater: Then Effect of Policies and Measures in the Netherlands. Environ. Pollut. 102-S1, pp.471-478.

Pauwels H., Lachassagne P., Bordenave P., Foucher J.C. y Martelat A. 2001. Temporal Variability of Nitrate Concentration in a Schist Aquifer and Transfer to Surface Water. Appl. Geochem. 16, pp. 583-596.

Roberto Reyes M. 2005. Conferencia de Gobernadores Fronterizos México-Estados Unidos, Mesa del Agua, Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento.

Ross J.T.H., Price W.J; Spectrochimica Acta 26b, 1971, pp. 279-285.

Shiklomanov, I.A y Rodda, J.C. 2003. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México 2004. SEMARNAT.

Schroeder SR, Hawk B, Otto DA, Mushak P, Hicks RE. 1985. Separating the effects of lead and social factors on IQ. *Environ Res* 38, pp. 144-154.

Spalding R.F. y Exner M.E. 1993. Occurrence of nitrate in groundwater – a review. *J. Environ. Qual.* 22, pp. 392-402.

UNEP, 1989. *The State of the World Environment*. United Nations Environment Programme, Geneva.

Valiente, L.; Smichowski, P.; Ledesma, A. 2002. Determinación de Arsénico(III) y Arsénico(V) en Aguas por Espectrometría de Absorción Atómica con Atomización Electrotérmica (ET AAS), Después de Cromatografía de Intercambio Iónico, *Atomic Spectroscopy*, 23(3), pp.92-97

Windermere 2000, *Manual De Operación.Smart 2*, Colorímetro, LAMOTTE, pp.11-12.

Winneke G, Brockhaus A, Ewers U, Kramer U, Neuf M. 1990. Results from the European multicenter study on lead neurotoxicity in children: implications for risk assessment. *Neurotoxicol Teratol* 12, pp. 553-559.

World Health Organization 1985. Health hazards from nitrates in drinking water. In: Report on a WHO meeting in Copenhagen, march 5-9, 1984. Regional office for Europe, Copenhagen Denmark, pp.49-66.

Yule W, Lansdown R, Millar IB, Urbanowicz MA. 1981. The relationship between blood lead concentrations, intelligence and attainment in a school population: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 23, pp. 567-576.

7.1. Páginas Web

<http://www.monografias.com/trabajos13/agua/agua.shtml>

<http://www.analizacalidad.com/paragua.htm>

http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-fisiologia.html

<http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/15254-es.html>

<http://www.miliarium.com/monografias/arsenico/>

http://www.peruecologico.com.pe/lib_c17_t02.htm

<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://>

www.aquatell.com/water-tips/iron-drinking-water

http://www.agua.org.mx/component/option,com_frontpage/Itemid,1/

http://www.who.int/water_sanitation_health/en/

<http://www.conagua.gob.mx/>

www.fagro.edu.uy/~fertilidad/.../Micronutrientes/Micronutrientes.ppt

<http://www.epa.gov/safewater/agua/plomo.html#>

<http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoIngForestal/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/Presentaciones/Presentaci%C3%B3n%20Tema%2013.pdf> de

electrodos de ion selectivo

<http://www.google.com.mx/#hl=es&q=importancia+del+hierro+como+nutriente+al+cultivo&meta=&aq=&oq=importancia+del+hierro+como+nutriente+al+cultivo&fp=a7397a561ab90d06>