

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA PARA USO  
HUMANO DE LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
AGRARIA ANTONIO NARRO**

**POR:**

**JESÚS GALILEO HERNÁNDEZ SANTIAGO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO**

**DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. DICIEMBRE DE 2009**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Análisis Fisicoquímico y Microbiológico de Agua para Uso Humano de las  
Instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

POR:

JESÚS GALILEO HERNÁNDEZ SANTIAGO

Que somete a consideración del 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  
Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

El Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García



Coordinación de  
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2009

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Alma Terra Mater (UAAAN) por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y sentirme orgulloso de la distinción de ingeniero agrónomo en irrigación.

Al departamento de riego y drenaje, el personal de docencia que forman parte del mejor departamento de la UAAAN. A mis asesores, Dra. Manuelita y Dr. Raúl por su asesoría y tiempo dedicado en este trabajo.

Quiero darle las gracias de manera muy especial a mi asesor y amigo, el doctor Efraín Castro Narro por su paciencia y tiempo dedicado para la realización de este trabajo, por su confianza brindada, por compartir sus conocimientos y su valiosa amistad. Gracias doctor Efraín Dios lo bendiga a usted y su apreciable familia.

Al Cp. Omar Reinoso M. De Venustiano Carranza Chiapas, por brindarme su amistad, apoyo moral y una mano amiga en uno de los momentos más difíciles de mi vida.

## DEDICATORIAS

A DIOS:

Por darme fe y fuerzas en cada momento de mi existir, por una bonita familia y rodearme de personas buenas y humildes, por estar con migo cada día, bendito seas dios padre.

A mis padres:

Sra. Martha Santiago Villatoro. A ti madre te dedico mis desvelos, mis esfuerzos, mis logros, por ser una mujer extraordinaria, por tu sacrificio, por tu amor incondicional, te amo mama.

Sr. Arturo Hernández Vásquez. Por darme el ejemplo de esfuerzo en la vida, por estar con migo por enseñarme a ser una persona de bien.

A mis hermanos:

J. Arturo Hernández Santiago y Martha E. Hernández Santiago, por su sacrificio y por ser más que hermanos unos amigos, mi cuñada Anahi, mis sobrinitos Jorgito y lilita, a mis abuelos; Francisco y Ausencia, José y Luz. Los aprecio mucho y los llevo con migo siempre.

A mi novia Margarita por estar con migo y enseñarme a amar.

A mis amigos, homero, Rosembreg, julio, Eliezer, Areli, Esmeralda, Zepeda, Camilo, Lupita, Yesi, Delmar, Darinel, Toño, a mis primo Omar y Jaime, Manuel (oso), Saúl, Jhony, Milton, Ernesto, Elisa, Angel, Paty.

Quiero mencionar de manera muy especial a una familia que me dio cobijo en su hogar en estos años en saltillo, mil gracias por su apoyo moral y por todo el tiempo que conviví con ustedes, los llevare siempre en mi corazón y los recordare siempre.

Sra. Berta López Aguilar

Sr. José Martínez López

Srita. Gabriela Martínez López

Srita. Dania E. Martínez López

Joven. Christopher A. Martínez López

## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIAS</b> .....	iv
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	ix
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivos.....	5
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
2.1. El Agua.....	6
2.1.1. Distribución del Agua en el Mundo.....	7
2.1.2. Distribución del Agua en México.....	8
2.1.3. Situación del Agua en Saltillo.....	9
2.2. Las Fuentes de agua Superficiales y Subterráneas.....	10
2.2.1. Agua para la Agricultura, Industria y Comunidad.....	11
2.2.2. Uso Percapita del Agua.....	11
2.3. Calidad del Agua.....	12
2.3.1. Niveles Aceptados de Contaminantes en el Agua de Calidad Potable.....	13
2.3.2. El Agua y la Salud.....	15
2.4. Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994).....	16
2.4.1. Límites Permisibles de Calidad del Agua para Características Microbiológicas.....	16
2.4.1. Límites Permisibles de calidad del Agua para Características Químicas.....	17
2.5. Norma Oficial Mexicana (NOM 014-SSA1-1993).....	19
2.5.1. Muestreo.....	19
2.5.2. Toma de Muestra Para Análisis Bacteriológico.....	19

2.5.3 Toma de Muestra Para Análisis Físico-Químico.....	20
2.5.3.1. En Bomba de Mano o Grifo del Sistema de Distribución.....	20
2.6. Importancia de los Exámenes de Laboratorio.....	23
2.6.1. Característica de Funcionamiento de los Instrumentos.....	24
2.6.1.1. Parámetros de Calidad.....	24
2.6.1.2. Características a Tener en Cuenta en la Elección del Método.....	24
2.6.2. Titulación Volumétrica.....	25
2.6.3. Titulación Complejo Métrica.....	26
2.6.4. Titulación Acido – Base.....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
3.1. Ubicación Geográfica.....	29
3.2. Materiales.....	30
3.3. Metodología.....	31
3.3.1. Toma de Muestra.....	31
3.3.2. Análisis de Dureza (Calcio + Magnesio).....	31
3.3.2.1. Procedimiento Análisis.....	32
3.3.3. Análisis de Calcio.....	32
3.2.3.1. Procedimiento de Análisis.....	32
3.3.4. Análisis de la Alcalinidad.....	33
3.3.4.1. Procedimiento de Análisis.....	33
3.3.5. Análisis Bacteriológico.....	34
3.3.5.1. Toma de Muestra.....	34
3.3.5.2. Procedimiento de Análisis.....	34
3.3.6. Determinación de Sólidos Suspendidos.....	35
3.3.6.1 Procedimiento de Análisis.....	35

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	37
4.1. Resultados de Laboratorio para la Determinación de Alcalinidad.....	37
4.1.1. Alcalinidad.....	38
4.2. Resultados de Laboratorio para la Determinación de Calcio y Magnesio.....	40
4.2.1. Dureza Total (Calcio + Magnesio).....	42
4.3. Bacterias Coliformes.....	43
4.4. pH.....	44
4.5. Sólidos suspendidos.....	44
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	47

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Distribución del Agua en la Superficie Terrestre.....	7
Cuadro 2. Uso de Agua Porcentual Promedio por Persona.....	10
Cuadro 3. Principales Usuarios del Agua en una Sociedad Desarrollada o en Vías de Desarrollo.....	11
Cuadro 4. Uso Percapita del Agua.....	12
Cuadro 5. Sustancias Disueltas que se Encuentran en el Agua "Pura" Natural".....	14
Cuadro 6. Límites Permisibles de Características Microbiológicas (NOM-127-SSA1-1994).....	17
Cuadro 7. Límites Permisibles de Características Químicas ( NOM- 127-SSA1-1994).....	18
Cuadro 8. Normatividad para la Toma de Muestras Establecidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM 014-ssa1-1993).....	21
Cuadro 9. Parámetros de Calidad.....	24
Cuadro 10. Resultados para la Determinación de Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos).....	37
Cuadro 11. Alcalinidad ppm en Forma de CaCO <sub>3</sub> .....	38
Cuadro 12. Resultados para la Determinación de Calcio.....	40
Cuadro 13. Resultados para la Determinación de DUREZA. (Calcio + Magnesio).....	40
Cuadro 14. Dureza Parcial y Total.....	42
Cuadro 15. Bacterias Coliformes.....	43
Cuadro 16. pH de las Muestras Analizadas.....	44
Cuadro 17. Sólidos Suspendidos.....	44

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área del proyecto.....	29
---	----

## **RESUMEN**

El agua es considerada como una de las sustancias vitales más importantes. 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 la presente investigación se estudiaron la alcalinidad, dureza, detección de bacterias coliformes y pH de tres muestras de agua de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Sede Saltillo Coahuila, comparándolas con los parámetros de 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" y así verificar que las muestras de agua estudiadas no representan un peligro para la salud. Los métodos de análisis utilizados son actualizados y precisos. Los resultados muestran que se cumple con los requerimientos establecidos por la NOM-127-SSA1-1994 para los parámetros mencionados.

**Palabras Clave:** Agua, análisis, norma oficial mexicana.

## I. INTRODUCCIÓN

Nosotros no solo bebemos agua; somos agua. El agua constituye entre el 50 y el 90 por ciento del peso de todo organismo animado. Es una de las sustancias más abundantes e importantes de la Tierra. El agua sostiene a las plantas y a la vida animal, desempeña un papel importante en la formación del clima, ayuda a dar forma a la superficie del planeta, mediante la erosión y otros procesos, y cubre aproximadamente el 70 por ciento de la superficie de la Tierra. (*Artículo de "Hidrología" Globe, 1997*)

El agua estudiada se bombea de acuíferos subterráneos, sin mantener un equilibrio entre la extracción y la recarga de los pozos profundos que abastecen a la Universidad, causando un abatimiento importante al nivel dinámico que pudiera ser causa de contaminación con arsénico y metales pesados muy tóxicos. También podría ser causa de contaminación lo antigua que es la red de distribución de agua de estas áreas de estudio, los contaminantes superficiales, como o hidrocarburos, residuos fecales y otros (Jones et al., 1987) y (Buschmann et al., 2007). En el caso que nos ocupa, son de importancia los minerales calcio y magnesio, debido a la presencia importante de éstos en el suelo y subsuelo de la región. Un consumo excesivo del calcio puede causar la precipitación del fósforo y la deficiencia del mismo, y como consecuencia causar un desequilibrio en el metabolismo (Guyton, 1975).

El análisis volumétrico es un procedimiento en el cual se mide el volumen de reactivo que se necesita para reaccionar con un analito. El análisis titrimétrico es un tipo de análisis volumétrico, el cual presenta las ventajas de tener una precisión y exactitud alta, siendo su precisión más alta que la que presenta el análisis colorimétrico. El costo de dicho análisis no es muy alto y sus materiales se pueden conseguir con facilidad, ya que requiere reactivos,

material de vidrio y un indicador del punto final o un electrodo. Dicho análisis es relativamente fácil de realizarse aunque requiere múltiples repeticiones por muestra para tener un menor grado de error, pero es moderadamente fácil automatizarse (Harris, 2007), como lo adaptamos en el laboratorio. El análisis titrimétrico permite la determinación de un amplio rango de analitos, ya que existen diferentes tipos de titulaciones que se pueden utilizar, por ejemplo: ácido – base, complejométrica, redox y de precipitación, dependiendo del tipo de reacción que se lleve a cabo.

La Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994) establece los límites máximos permisibles de calidad de agua para uso y consumo humano. La dureza total como  $\text{CaCO}_3$ , el pH y los organismos coliformes totales son algunos de los parámetros que considera dicha norma.

La alcalinidad del agua se define como la capacidad que tiene el agua natural para reaccionar con  $\text{H}^+$  para alcanzar un pH de 4.5, el cual es el segundo punto de equivalencia en la titulación de carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) con  $\text{H}^+$ . Una buena aproximación es que la alcalinidad es determinada por la concentración de iones  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$ :

En el agua pura hay minerales que definen su acidez o alcalinidad. Por tanto cuando el agua tiene un pH inferior a siete es ácida, igual a siete neutra y si es superior es alcalina. El pH normal del cuerpo extracelular e intracelular fluctúa entre 7.35 – 7.45, como puede apreciarse nuestro organismo tiende ligeramente a la alcalinidad, por lo cual tomar agua neutra es saludable pero beber agua alcalina lo es aún más, simplemente porque neutraliza los niveles de acidez de nuestro organismo algo que es el causante de enfermedades y del proceso de envejecimiento, la eliminación de de desechos ácidos , produce una mejora sustancial en la salud. De ahí que el consumo de agua alcalina produce al organismo muchos beneficios como, evitar las fermentaciones productoras de toxinas en nuestros intestinos asociadas a una mala o deficiente calidad de los alimentos, Colabora en los casos de diarrea crónica,

favorece la digestión de los alimentos y neutraliza la hiperacidez gástrica que origina la gastritis y úlceras gastrointestinales.

El exceso de acidez es el causante de muchas patologías. El organismo tiende a preservar el nivel el nivel alcalino de la sangre para poder mantenerse con vida. los desechos ácidos que no logra eliminar los convierte en desechos sólidos, desechos que cuando se acumulan, acaban compactándose y convirtiéndose en colesterol, ácido graso, ácido úrico, piedras en los riñones y vejiga. El agua ácida es un magnífico agente oxidante que permite arrebatarse electrones a las bacterias para acabar con ellas. Por lo tanto puede utilizarse como esterilizador, convirtiéndose en un medio ideal para lavarse las manos y limpieza de comida, así como tratar heridas y quemaduras menores (Alcántara, 1995).

La dureza es la concentración total de iones alcalino – térreos (grupo 2), principalmente  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  en agua. La dureza se expresa en la (NOM-127-SSA1-1994), en mg/l como  $\text{CaCO}_3$ . Agua con una dureza menor a 60 mg/l  $\text{CaCO}_3$  se considera como “suave”. Si la dureza es mayor a 270 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , el agua se considera “dura”. El agua dura reacciona con el jabón para formar productos precipitados insolubles, por lo tanto se tiene que utilizar mucho jabón para consumir los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  antes para que el jabón sea útil para limpiar. El agua dura deja depósitos sólidos llamados “sarro” en las tuberías cuando ésta se evapora. El calor convierte al ion bicarbonato en carbonato, liberando  $\text{CO}_2$  y precipita sarro de  $\text{CaCO}_3$ , el cual tapa las tuberías, en especial aquellas sometidas a temperaturas altas, como la de los boiler. El problema de dureza del agua en humanos, diversos estudios han demostrado que hay una débil relación inversa entre la dureza del agua y las enfermedades cardiovasculares en los hombres, por encima del nivel de 170 mg de carbonato de calcio por litro en el agua. La organización mundial de la salud ha revisado las evidencias y concluyó que los datos eran inadecuados para permitir una recomendación acerca de un nivel de dureza. Una revisión posterior por el Instituto nacional de la salud pública, República Checa da una buena

descripción del asunto, e inversamente a la OMS, da algunas recomendaciones para los niveles máximos y mínimos el calcio (40-80 mg/l) y el magnesio (20-30 mg/l) en agua potable, y de una dureza total expresada como la suma de las concentraciones del calcio y del magnesio de 2-4 mmol/l (Seoáñez, 2003).

La “dureza temporal”, la más común, es causada por bicarbonatos de estos elementos insolubles. La “dureza permanente” es causada por cloruros, nitratos o sulfatos de calcio y magnesio y no es afectada al hervir el agua. La “dureza total”, es la suma de la dureza temporal y permanente y se determina en agua para uso y consumo humano y se puede determinar con gran precisión por titulación con ácido etilendiamintetraacético (EDTA).

El agua para riego, que muy a menudo es consumida por las personas que riegan, tiene como características importantes su alcalinidad y dureza. La alcalinidad en exceso a los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  es llamada “carbonato de sodio residual”. Un agua con un contenido de carbonato de sodio residual mayor o igual a 2.5 mmol  $\text{H}^+$ /L es apropiada para la irrigación.

La alcalinidad del agua no viene contemplada en la NOM-127-SSA1-1994, sin embargo, se determina por titulación de acuerdo con la Norma Mexicana para análisis de Agua – determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas (NMX-AA-036-SCFI-2001).

En la presente investigación se analizaron tres muestras de agua de la región de interés determinando su alcalinidad y dureza por titulación, se realizaron también pruebas presuntivas para determinar coliformes en las muestras, sólidos suspendidos, en caso necesario y se determinó el pH de las muestras de agua.

### **1.1. Objetivos**

1. Verificar que la calidad del agua en el área de estudio, se encuentre dentro de los límites máximos permisibles de la norma oficial mexicana 127 (NOM 127) de agua para uso y consumo humano.
2. Determinar la dureza, alcalinidad, pH y detección de bacterias coliformes, del agua de los lugares de estudio en apoyo a la salud de los usuarios.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. El Agua

El agua es una sustancia extraordinaria. Su descripción química es  $H_2O$ , lo que significa que se forma con tres átomos: dos de hidrógeno (el elemento más ligero) unidos a uno de oxígeno, dispuestos en un ángulo de  $105^\circ$  con el oxígeno en el vértice. El ángulo no varía con los estados físicos del agua (Guerrero, 1991)

El mismo autor menciona que la misma forma en que están dispuestos estos átomos del agua es lo que la hace “el solvente universal” debido a que disuelve más sustancias que cualquier otro líquido. Gracias a esta propiedad, puede conducir los nutrientes a los seres vivos, eliminar desechos, llevar el oxígeno a los seres acuáticos, almacenar el calor en el interior de los cuerpos de agua como son lagos, mares y ríos.

Mosqueira (2005) hace referencia que el agua tiene un historial único en el desarrollo y mantenimiento de nuestra vida, porque posee propiedades únicas que la distinguen de todas las sustancias químicas. Además el agua en estado líquido cubre las  $\frac{3}{4}$  partes de la superficie terrestre, formando lagos, ríos y océanos. Por otro lado, enormes acuíferos almacenan agua a diferentes profundidades bajo la superficie de la tierra. En forma sólida, el hielo predomina en las bastas regiones polares de nuestro planeta, y aparece en forma de icebergs en los océanos y como nieve en el invierno en zonas con clima frío. Como vapor de agua, siempre se está evaporando en las aguas superficiales, y como vapor caliente, es arrojado por los geiseres y volcanes, apareciendo como constituyentes principal de la atmosfera (después del nitrógeno y oxígeno) el agua es, en fin, indispensable para todos los seres vivos.

### 2.1.1. Distribución del Agua en el Mundo

Mosqueira (2005) describe que hay una cantidad inmensa de agua en nuestro planeta; sin embargo, en su mayoría no se encuentra en su estado líquido (estado físico en el cual nos es más útil), o bien, contienen sustancias disueltas que la hacen inadecuada para la mayoría de los usos. Las mayores reservas se encuentran en los océanos, a grandes rasgos, los océanos (con una profundidad promedio de 4 km) cubren cerca de 72 por ciento de la tierra y son el almacenan de 97.25 por ciento de agua de nuestro planeta, como puede apreciarse solo el 2.75 por ciento del agua es dulce, es decir no contienen un nivel tan alto de sales disueltas como la de los océanos. Dentro de este último porcentaje, el agua dulce continental representa el uno por ciento de volumen total, y la mayoría está en depósitos subterráneos. Como se detalla en el Cuadro 1. Pero tanto esa como la que está a nuestro alcance no es pura. El agua disuelve, en mayor o menor grado, todo tipo de sustancias siendo por esto que la mayoría de los científicos mencionan que el agua “es un solvente universal”. Por lo cual Para asegurarnos un suministro de agua debemos limitarnos en tiempo y cantidad las sustancias disueltas, a niveles predeterminados, establecidos por la experiencia de múltiples análisis y pruebas en los seres vivos.

Cuadro 1. Distribución del agua en la superficie terrestre (Mosqueira, 2005)

<b>INVENTARIO DEL AGUA EN LA SUPERFICIE<sup>1</sup> TERRESTRE</b>		
<b>ALMACEN</b>	<b>VOLUMEN (10<sup>6</sup> km<sup>3</sup>)</b>	<b>Porcentaje del total</b>
<b>Océanos</b>	1370	97.25
<b>Casquetes polares y glaciares</b>	29	2.05
<b>Aguas subterráneas y profundas (750 - 4000m)</b>	5.3	0.38
<b>Aguas subterráneas y profundas &lt;750 m</b>	4.2	0.3
<b>Lagos</b>	0.125	0.01
<b>Humedad del suelo</b>	0.065	0.005
<b>Atmosfera<sup>2</sup></b>	0.013	0.001
<b>Ríos</b>	0.0017	0.0001
<b>Biosfera</b>	0.0006	0.00004
<b>TOTAL</b>	<b>1408.7</b>	<b>100%</b>

Es importante mencionar que del agua que se extrae de las fuentes de abastecimiento anualmente, aproximadamente la mitad se evapotranspira; la que no se consume regresa a los ríos o se infiltra en el suelo para almacenarse en los acuíferos. Generalmente, esta última es de peor calidad que la que se extrae (C N A, 2005)

### **2.1.2. Distribución del Agua en México**

Según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005) para el año 2004, en nuestro país la precipitación fue de 1,513 kilómetros cúbicos, de evapotranspiración 1,125 kilómetros cúbicos. La disponibilidad natural media total fue de 475 kilómetros cúbicos y la per cápita, de 4,505.

México, por su geografía y clima destacan dos grandes zonas de disponibilidad: la primera corresponde la del Sur y Sureste y la segunda, el Norte, Centro y Noroeste del país. La primera corresponde el 68 por ciento de la disponibilidad total del país. Sin embargo, la segunda el 32 por ciento, no obstante que allí se concentra el 77 por ciento de la población que genera el 85 por ciento del PIB. La disponibilidad natural media del agua considera que únicamente la lluvia que se transforma en escurrimiento superficial y recarga de los acuíferos. En lo que al aspecto temporal se refiere, de los 773 mm en promedio anual, el 67 por ciento se concentra en un periodo comprendido entre los meses junio a septiembre. Poco más del 70 por ciento de la precipitación media anual, se considera que se evapotranspira, el resto escurre por los ríos o arroyos o se infiltra al subsuelo, recargando los acuíferos Comisión Nacional del Agua (CNA, 2005)

La misma dependencia señala que la escasa precipitación, sobre todo en el norte del país, causa periódicamente sequías catastróficas; contrastando con otras zonas del país donde se presentan tormentas y ciclones tropicales que originan severos daños por inundaciones y deslaves. Estos daños se acentúan por la creciente deforestación que impide la retención del agua, provocando un

arrastre de sólidos, que impactan principalmente a los asentamientos humanos ubicados en los cauces de los ríos.

Del agua que escurre anualmente por los ríos del país (400 kilómetros cúbicos) aproximadamente el 87 por ciento se presenta en los 42 ríos principales y cuyas cuencas ocupan el 58 por ciento de la extensión territorial continental. El 65 por ciento corresponde a los ríos Grijalva- Usumacinta , Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Panuco, Santiago y Tonalá (CNA, 2005).

### **2.1.3. Situación del Agua en Saltillo**

El diario “El Siglo de Torreón”, Saltillo Coahuila. Con fecha Julio 10(2004) publicó un comunicado de la reunión efectuada por organismos, Aguas de Saltillo con la Unión de Organismos Empresariales de Coahuila Sureste, en lo cual lo más importante que destaca fue que con estudios realizados se definió que restan 22 años de reservas en los acuíferos y que todos los usuarios o pozos extraen agua de la misma cuenca y de ahí la necesidad de realizar estudios para determinar nuevos acuíferos para reservas de explotación, consultado en (<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/98194.el-problema-del-agua-potable-en-salttillo.html>).

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

En una declaración oficial de la CNA y del Instituto Mexicano del Agua de que entre todas las ciudades que comprende esta cuenca, Saltillo es la que está en peligro de sufrir escasez de agua, porque los acuíferos más importantes, que son los de Zapalinamé, Carneros y Loma Alta se están abatiendo a una velocidad impredecible, declaró en este diario, en cuanto a la distribución y uso del agua en Saltillo, se mencionan los siguientes datos:

- 1) La cantidad de agua producida para consumo doméstico es de 204 millones de metros cúbicos y equivale a una dotación de 243 litros por habitante por día.
- 2) La dotación considerada como adecuada para satisfacer las necesidades de una persona es de 200 litros por día. Sin embargo, la dotación facturada para este fin, en Coahuila, alcanza los 134 litros.

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

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

## 2.2. Las Fuentes de Agua Superficiales y Subterráneas

Mosqueira (2005) hace referencia de este tema especificando que las aguas superficiales y subterráneas proporcionan la mayor parte del agua potable o mejor dicho, agua para uso domestico, que se utiliza todos los días. El cuadro 4. Muestra el agua de uso porcentual promedio por persona, que puede variar sensiblemente dependiendo del país, de la ubicación (urbana o rural) de la casa habitación y de los servicios municipales de suministro de agua en condiciones ideales de suministro de 0.6 m<sup>3</sup>/ día.

**Cuadro 2. Uso de Agua Porcentual Promedio por Persona (Mosqueira, 2005)**

<b>USO</b>	<b>% De Consumo</b>
<b>Escusados</b>	<b>18</b>
lavado de ropa	7
cocinar y beber	1
<b>Misceláneos</b>	<b>6</b>
lavado de utensilios de cocina	4
baño	14
otros <sup>1</sup>	50

<sup>1</sup> Incluye agua para lavado de autos, fuentes públicas, regado de parques públicos y privados, albercas públicas y privadas, perdidas de agua por fugas en la red de distribución y otros usos municipales delegacionales.

### **2.2.1. El Agua para la Agricultura, Industria y Comunidad**

La importancia del agua es manifiesta, si se hace un simple análisis de los rubros que integran su consumo. El cuadro 2, muestra desglose característico de los principales usuarios del agua y el porcentaje con el cual los diversos sectores socioeconómicos participan en países industrializados y en desarrollo, que, pese a sus grandes limitaciones económicas, tienen con sumo de agua por actividad muy similares (Mosqueira, 2005)

Cuadro 3. Principales Usuarios del Agua en una Sociedad Desarrollada o en Vías de Desarrollo (Mosqueira, 2005).

	<b>% De Consumo</b>
<b>Domestico</b>	<b>9.3</b>
<b>Industria</b>	<b>7.0</b>
<b>Plantas generadoras de electricidad (con vapor)</b>	<b>4.2</b>
<b>Agricultura</b>	<b>79.5</b>

Como se puede apreciar la agricultura, es por mucho, el principal usuario del agua. El porcentaje de consumo industrial puede variar entre los países, ya que su uso está directamente relacionado con los volúmenes de producción y las características de los productos terminados.

### **2.2.2. Uso Percapita del Agua**

CNA (2007) hace referencia que las características topográficas y geográficas que tiene México producen una condición hidrológica con fuertes contrastes en cuanto a disponibilidad de agua y su propia utilización, en el cuadro 3 se especifica el uso percapita en una ciudad. El Valle de México, con menos de 200 m<sup>3</sup>/hab/año, tiene una disponibilidad extremadamente baja, mientras que la región Frontera Sur, con sus más de 24 mil m<sup>3</sup>/hab/año, cuenta con una disponibilidad muy alta del líquido. La situación del agua disponible varía entre las Regiones hidrológico-administrativas: la mayor parte del agua disponible en la Península de Yucatán está en fuentes subterráneas, mientras que otras regiones como Golfo Norte y Golfo Centro dependen en un porcentaje

alto del escurrimiento superficial. Si se consideran las regiones que tienen una disponibilidad base media inferior a los 1 700 m<sup>3</sup>/ hab/año, existen más de 35 millones de habitantes en situación de estrés hídrico en México.

Cuadro 4. Uso Percapita del Agua (CNA, 2007)

<b>Una persona que vive en una ciudad utiliza en promedio 250 litros de agua al día</b>	
<b>En la ducha</b>	<b>100 litros</b>
<b>En la descarga del baño</b>	<b>50 litros</b>
<b>En el lavado de ropa</b>	<b>30 litros</b>
<b>En el lavado de loza</b>	<b>27 litros</b>
<b>En el jardín</b>	<b>18 litros</b>
<b>En lavar y cocinar alimentos</b>	<b>15 litros</b>
<b>Otros usos (lavarse las manos)</b>	<b>10 litros</b>

### **2.3. Calidad del Agua**

La calidad del agua se mide en función del grado de contaminación que tiene, Este término se utiliza en general para describir cualquier condición o sustancia que hace que el uso indiscriminado de aire, agua o tierra, se vea restringido. El agua por su nivel de contaminación se juzga adecuada para la irrigación, ya que no tiene la calidad apropiada para su uso como agua potable, para determinar esto existen organizaciones que se han puesto a 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 pretenda 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 del agua puede ser calorífica o con radio isotopos, iones de metales tóxicos y aniones, moléculas orgánicas, ácidos, álcalis y organismos que causan enfermedades (patógenos) como es descrito por (Mosqueira, 2005).

### **2.3.1. Niveles Aceptados de Contaminantes en el Agua de Calidad Potable**

Skoog (1994) hace la referencia que el agua para beber o de calidad potable, se espera que contenga al menos pequeñas cantidades de algunos contaminantes, y su presencia no indica que el líquido presente un riesgo para la salud, en el “cuadro 5” se especifican las posibles sustancias que pudieran contener variando de acuerdo al tipo de suelo. Los estándares de la Agencia de Protección al Medio Ambiente, EPA, 1990, fijan especificaciones para aproximadamente 90 contaminantes para el agua potable, así como la fuente probable de esa contaminación y sus efectos en la salud. Estos contaminantes se han clasificado de la siguiente manera:

- 1) Microbios
- 2) Radionúclidos
- 3) Productos químicos inorgánicos
- 4) Productos químicos orgánicos volátiles
- 5) Productos químicos orgánicos sintéticos
- 6) desinfectantes
- 7) productos de la desinfección

**Cuadro 5. Sustancias Disueltas que se Encuentran en el Agua "Pura" Natural (Skoog, 1994)**

NOMBRE	FORMULA	OBSERVACIONES
<b>POR CONTACTO CON EL AIRE</b>		
DIOXIDO DE CARBONO	Co	HECE AL AGUA LIGERAMENTE ACIDA
PARTICULAS DE POLVO	-	AVECES PUEDEN SER GRANDES CANTIDADES
NITROGENO	N	JUNTO CON EL OXIGENO FORMA BURBUJAS EN EL AGUA
DIOXIDO DE NITROGENO	NO	FORMADO POR RELAMPAGOS
OXIGENO	O	PERMITE LA VIDA ACUATICA
<b>POR CONTACTO CON LAS FORMACIONES ROCOSAS</b>		
IONES DE BICARBONATOS	HCO	DE TIERRAS Y ROCAS
IONES CALCIO	Ca	DEL CARBONATO DE CALCIO
IONES CLORURO	Cl	DE TIERRAS, ARCILLAS Y ROCAS
IONES FIERRO	Fe	DE TIERRAS, ARCILLAS Y ROCAS
IONES MAGNESIO	Mg	DE TIERRAS, ARCILLAS Y ROCAS
IONES POTASIO	K	DE TIERRAS, ARCILLAS Y ROCAS
IONES SODIO	Ni	DE TIERRAS, ARCILLAS Y ROCAS
IONES SULFATO	SO	DE TIERRAS Y ROCAS
<b>TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AGUA</b>		
CONTAMINANTE	EJEMPLO	
Desperdicios que demandan oxigeno	Material orgánico de plantas y animales	
Agentes infecciosos	Bacterias y virus	
Nutrientes de plantas	fertilizantes (nitratos y fosfatos)	
Productos químicos orgánicos	solventes, pesticidas y detergentes	
otros productos químicos y minerales	provenientes de operaciones mineras y metalúrgicas	
sedimentos provenientes de la erosión del suelo	cieno de arcilla en el lecho de corrientes	

### **2.3.2. Agua y Salud**

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

Aproximadamente 2,300 millones de personas padecen enfermedades relacionadas con el agua. Un 60 por ciento de la mortalidad infantil mundial es causado por enfermedades infecciosas y parasitarias, la mayoría relacionadas con el agua, consultado en (<http://www.agua.org.mx/content/category/9/29/31/>)

### **2.3.3. Enfermedades Transmitidas por el Agua, con Base en el Agua y de Origen Vectorial Relacionadas con el Agua**

Las enfermedades transmitidas por el agua, Son aquellas enfermedades causadas por el agua contaminada por desechos humanos, animales o químicos. Estas son, entre otras, el cólera, la fiebre tifoidea, la shigella, la poliomeilitis, la meningitis, la hepatitis B y la diarrea. Son enfermedades producidas por aguas residuales. La mayoría se puede prevenir si se trata el agua antes de usarla, por mencionar algunos datos importantes, en 2001 murieron 1.96 millones de personas por diarrea infecciosa; 1.3 millones eran niños menores de cinco años, la diarrea ha provocado la muerte de más niños en los últimos diez años que todos los conflictos armados que han ocurrido desde la Segunda Guerra Mundial.

Las enfermedades con base en el agua, son aquellas causadas por organismos acuáticos que pasan una parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales, las enfermedades con base en el agua incluyen el gusano de Guinea, la paragonimiasis, la clonorquiasis y la esquistosomiasis. Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos tremátodos, tenias, lombrices intestinales y nemátodos del tejido, denominados colectivamente helmintos, que infectan al hombre. Aunque estas

enfermedades no suelen ser mortales, impiden a las personas llevar una vida normal y merman su capacidad para trabajar.

El predominio de enfermedades con base en el agua suele aumentar cuando se construyen presas, pues el agua estancada tras las presas es ideal para los caracoles, huéspedes intermediarios de muchos tipos de gusanos.

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

#### **2.4. 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”

##### **2.4.1. Límites Permisibles de Calidad del Agua para características microbiológicas**

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Límites Permisibles de Características Microbiológicas (NOM-127-SSA1-1994)

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termo tolerantes	Ausencia o no detectables

#### **2.4.1. Límites Permisibles de calidad del agua para Características Químicas**

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en el Cuadro 7. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Cuadro 7. Límites Permisibles de Características Químicas ( NOM-127-SSA1-1994)

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	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 <sub>3</sub> )	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F-)	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 – D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> =)	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

## **2.5. 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"

Esta Norma, define de la siguiente manera lo que es un muestreo de agua; Las actividades desarrolladas para obtener volúmenes de agua en un sitio determinado del sistema de abastecimiento, de tal manera que sean representativos, con el propósito de evaluar características físicas, químicas, y/o bacteriológicas.

### **2.5.1. Muestreo**

Parece la obtención de el valor de cualquier prueba de laboratorio depende del método de muestreo, para que tengan significación los resultados, las muestras deben ser representativas del agua que se va a examinar (Manual de Tratamiento de Agua del Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1976)

Esta misma Norma establece especificaciones o procedimientos de cómo tomar las muestras.

### **2.5.2. Toma de Muestra Para Análisis Bacteriológico**

#### **2.5.2.1. En Bomba de Mano o Grifo del Sistema de Distribución**

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

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

### **2.5.3. Toma de muestra Para Análisis Físico-Químico**

El volumen de muestra debe tomarse como se indica en el cuadro 7. Normativo.

#### **2.5.3.1. En Bomba de Mano o Grifo del Sistema de Distribución**

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

Cuadro 8. Normatividad para la Toma de Muestras Establecidos por la Norma Oficial Mexicana (NOM 014-ssa1-1993)

DETERMINACION	MATERIAL DE ENVASE	VOLUMEN MINIMO (ml)	PRESERVACION	TIEMPO MAXIMO ALMACENA-MIENTO
Alcalinidad total	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Ars{enico	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Bario	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Boro	P	100	No requiere	180 d
Cianuros	p,v	1000	Adicionar NaOH a pH>12; refrigerar de 4 a 10° C en la oscuridad.	14 d
Cloro residual	p,v	---	Analizar inmediatamente	---
Cloruros	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Color	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Conductividad	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Dióxido de carbono	p,v	100	Analizar inmediatamente	---
Dureza total	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Fenoles	p,v	300	Adicionar h2so4 a pH<2 y refrigerar de 4 a 10° C	28 d
Fluoruros	p,v	300	Refrigerar de 4 a 10° C	28 d
Fosfatos	V	100	Enjuagar el envase con ácido nítrico 1:1. Refrigerar de 4 a 10° C	48 h
Magnesio	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C	28 d
Metales en general	p,v	1000	Enjuagar el envase con HNO3 1 + 1; adicionar HNO3 a pH<2; para metales disueltos, filtrar inmediatamente y adicionar HNO3 a pH<2	180 d
Nitratos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h

Cuadro 7.....Continuación

Nitritos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Nitrógeno amoniacal	p,v	500	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH<2 y refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Nitrógeno orgánico	p,v	500	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH<2 refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Olor	---	---	Detectar inmediatamente	---
Oxígeno consumido en medio ácido	p,v	300	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
pH	p,v	---	Analizar inmediatamente	---
Plaguicidas	S	1000	Refrigerar de 4 a 10° C; adicionar 1000 mg/l; de ácido ascórbico, si se detecta cloro residual.	7 d
Sabor	---	---	Detectar inmediatamente	
Sodio	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Sólidos	p,v	1000	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	7 d
Sulfatos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Sustancias activas al azul metileno	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Temperatura	p,v	---	Determinar inmediatamente	---
Trihalometanos	S	25	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	
Turbiedad	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h

p = plástico      pH = potencial de hidrogeno

s = vidrio enjuagado con solventes orgánicos; interior de la tapa del envase recubierta con teflón

v = vidrio

## 2.6. Importancia de los Exámenes de Laboratorio

Los exámenes de agua en el laboratorio se llevan a cabo por muchos motivos. Probablemente el más frecuente es el de ayudar a formar una opinión de lo adecuado que sea el agua de un abastecimiento de uso público, esto implica considerar diversos factores; si es de confianza para el consumo humano, según lo revele la presencia o ausencia de contaminación, si es corrosiva para la tubería metálica o es capaz de formar incrustaciones en sistemas de agua fría o caliente; si es agradable en su apariencia y sabor; si es satisfactoria para usarse en el lavado doméstico de loza y ropa; o si puede usarse para fines industriales. Son esenciales los análisis rutinarios de laboratorio para controlar los procesos de tratamiento de agua y garantizar un efluente satisfactorio en todo momento.

Los exámenes de laboratorio pueden clasificarse en; exámenes físicos, análisis químicos, exámenes bacteriológicos y exámenes microscópicos. Las pruebas físicas miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos. Los análisis químicos determinan las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua y afectan su calidad, proporcionando datos acerca de sus contaminaciones o mostrando las variaciones ocasionadas por su tratamiento, lo cual es indispensable para controlar un proceso de tratamiento de agua. Los exámenes bacteriológicos indican la presencia de bacterias características de la contaminación y consiguiente la calidad del agua para su consumo. Los exámenes microscópicos proporcionan información relativa a las proliferaciones en el agua que frecuentemente son las que causan sabores y olores desagradables u obstrucción de los filtros. (Manual de Tratamiento de Agua del Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1976)

## 2.6.1. Característica de Funcionamiento de los Instrumentos

### 2.6.1.1. Parámetros de Calidad

En el Cuadro 6, se enumeran los criterios cuantitativos de funcionamiento de los instrumentos, criterios que pueden usarse para decidir si un determinado método instrumental es o no adecuado para resolver un problema analítico. Estas características se expresan en términos numéricos que se determinan parámetros de calidad (Skoog, 1994)

Cuadro 9. Parámetros de Calidad (Skoog, 1994)

<b>CRITERIO</b>	<b>PARAMETRO DE CALIDAD</b>
Precisión	Desviación estándar absoluta, relativa coeficiente de variación, varianza.
<b>Exactitud</b>	Error absoluto sistemático, error absoluto relativo.
Sensibilidad	Sensibilidad de calibración, sensibilidad analítica
<b>Limite de Detección</b>	Blanco más tres veces de desviación estándar del blanco.
Intervalo de concentración	Concentración entre el límite de cuantificación(LDQ) y el límite de sensibilidad (LDL)
<b>Selectividad</b>	Coefficiente de selectividad

### 2.6.1.2. Características a Tener en Cuenta en la Elección del Método

1. Velocidad
2. Facilidad y comodidad
3. Habilidad del operador
4. Costo y disponibilidad del equipo
5. Costo por muestra

## **2.6.2. Titulación Volumétrica**

La volumetría es un método muy utilizado en el análisis cuantitativo por su rapidez y precisión, ya que su margen de error es menor del 0.1%. En este método se utiliza principalmente material de laboratorio de vidrio, como lo son pipetas, buretas, matraces de aforación y matraces Erlenmeyer (Castro, 2008).

También este mismo autor, señala que mediante este método se determina la concentración de una sustancia problema en una solución, utilizando otra solución de otra sustancia que reaccione con la sustancia de la solución problema y cuya concentración es conocida con bastante exactitud, a estas soluciones se les conoce con el nombre de SOLUCIONES VALORADAS y su concentración por lo general se expresa en términos de número equivalente gramo de la sustancia disuelto en un litro de solución y que comúnmente se conoce con el nombre de Normalidad, la cual se representa por la N. Al procedimiento antes descrito se le conoce con el nombre de Titulación, para percibir la finalización de una titulación se utilizan indicadores orgánicos que presentan diferentes colores al cambiar el medio en que están, como por ejemplo el pH o la concentración de una sustancia en solución.

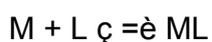
Por otro lado Corona (1987) señala que uno de los instrumentos para análisis químico que tiene mayor campo de aplicación, es la titulación. Estas unidades se basan en los métodos convencionales de análisis volumétrico. Los instrumentos para titulación incluyen dispositivos para medir el volumen de una solución estándar valorada que se agrega a un volumen medido de muestra, y los sistemas necesarios para determinar cuando el volumen agregado de solución proporciona la cantidad suficiente de reactivo para ser equivalente con el componente que reacciona dentro de la muestra.

### **2.6.3. Titulación Complejo-métrica**

*Las titulaciones por formación de complejos* (<http://labquimica.wordpress.com/2009/02/25/distintos-tipos-de-titulaciones>)

Toda clase de reactivos que forman complejos, se utilizan en la titulación de cationes. Los que más se utilizan son compuestos orgánicos, como sabemos la formación de complejos debe ser rápida, estequiométrica y cuantitativa, pero la mayoría de las reacciones que implican formación de complejos dejan de satisfacer uno o más de estos requisitos. El ácido etilendiami-Notetraacético (EDTA) es la excepción más importante. Las reacciones de complejación clásicas que son analíticamente útiles son las del mercurio (II) con haluros y de cianuro con plata (I).

Los métodos complejométricos se han utilizado desde hace más de un siglo. Sin embargo, su verdadero crecimiento en las aplicaciones analíticas empezó alrededor de 1940, fundamentalmente con una clase particular de compuestos de coordinación denominados quelatos. Un quelato se produce cuando un ion metálico se coordina con dos o más grupos donadores de un solo ligando y formando un anillo heterocíclico de cinco o seis miembros. El complejo de cobre con glicina, es un ejemplo. El cobre se enlaza con el oxígeno de los grupos carboxilo, así como el nitrógeno de los grupos amino:



Se omiten las cargas de los iones con el fin de generalizar la reacción de quelatos.

El tetraanión del EDTA  $(-OOCCH_2)_2NCH_2CH_2N(CH_2COO^-)_2$  es un agente complejante especialmente efectivo que puede formar cinco ciclos de quelatos de cinco miembros con un solo ion metálico por coordinación mediante los pares de electrones de los cuatro (o a veces tres) grupos carboxilato y de los átomos de nitrógeno. La estructura de los complejos formados varía algo con la naturaleza del átomo metálico. La estructura de la

mayoría de los complejos EDTA en solución no está completamente aclarada. Los complejos Ni-EDTA son unos de los más extensamente estudiados, los cuales muestran que a pH bajo, el complejo existe en solución como  $\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})\text{HEDTA}^-$  con un grupo carboxilatos protonado. A pH 6 o superior, alrededor del 75 por ciento del EDTA en el complejo de níquel es hexacoordinado y el 25 por ciento pentacoordinado, con un grupo carboxilatos no enlazado.

#### **2.6.4. Titulación Ácido-Base**

Esta es resumida a continuación con información obtenida en el sitio web, (<http://www.monografias.com/trabajos37/acido-base/acido-base.shtml>): Las reacciones ácido-base son reacciones de equilibrio homogéneo (neutralización) entre los iones, que se producen al estar en contacto un ácido con una base obteniéndose una sal más agua.

Durante las operaciones rutinarias en el laboratorio así como en la de los análisis volumétricos son prácticamente mayor los problemas relacionados con la estequiometría, una de ellas es la normalidad que se define como el número de equivalentes de soluto por litro de solución.

La normalidad es útil porque el equivalente se obtiene de manera que un equivalente de un agente oxidante reaccione con un equivalente de un agente reductor, un mol de electrones adquiridos y un mol de electrones perdidos. De manera semejante.

Un equivalente de un ácido neutraliza completa y precisamente un equivalente de una base, puesto que un mol  $\text{H}^+$  reaccionará con un mol de  $\text{OH}^-$ , esto significa que al mezclar volúmenes iguales de soluciones que tienen la misma normalidad llevará a una reacción completa entre sus solutos, un litro de ácido 1N neutralizará completamente un litro de base 1N porque un equivalente de ácido reaccionará con un equivalente de base.

Esta reacción se utiliza para averiguar la cantidad de ácido que posee una disolución a partir de una cantidad de base conocida, o viceversa, dicha técnica recibe el nombre de titulación por método volumétrico, volumetría ácido-base o reacción de neutralización.

Este método se realiza mediante una bureta que contiene una de las disoluciones y un matraz con la otra disolución, se vierte cuidadosamente el contenido de la bureta en el matraz hasta la neutralización de dicha solución, el final de la titulación se nos advierte con un indicador que suele cambiar de color, según exista un exceso de ácido o de base, cabe resaltar que en esta práctica se utiliza fenolftaleína ( $C_{20}H_{14}O_4$ ) como indicador.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación Geográfica

La toma de muestras se realizó dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila. Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F) y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D). Esta agua procede de pozos profundos del bajo de dicha universidad, el cual es almacenada primeramente en un deposito a un costado del comedor y de aquí es derivado a uno más pequeño ubicado a un costado de los salones de clase (edificio A), y de este lugar es distribuido hacia los bebederos antes mencionados.

Dicha área se encuentra localizada al Sur Oeste de la universidad. Su localización geográfica  $25^{\circ} 21' 21''$ . 46 Latitud Norte y en el meridiano  $101^{\circ} 02' 04''$ .99 Longitud Oeste, con una altitud de 1766 msnm (figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica del área del proyecto

### 3.2. Materiales

- Phenolphthalein indicator Merck
- Anaranjado de metilo Analit
- Ácido clorhídrico concentrado
- Sal disódica del ácido etilendiamintetraacético  $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$
- hidróxido de amonio  $NH_4OH$
- Cloruro de amonio (gránulos)  $NH_4Cl$
- Eriocromo negro T
- Azul de hidroxinaftol A.C.S.
- Caldo verde brillante bilis al 2 % BD Bioxon
- Hidróxido de potasio KOH (lenteja)
- Botes de plástico de 2 L de taparosca
- Botes de plástico y de vidrio con tapa esterilizados de 50 mL
- Potenciómetro Russell RL060P portable pH meter Thermo Electron Corporation
- Electrodo de pH Thermo Electron Corporation,
- Soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 buffer solution color coded
- Estufa FELISA.
- Material de laboratorio "volumétrico"
- Papel filtro, (0.45 micras)
- Balanza analítica
- Embudo de filtración al vacío

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Toma de Muestra

1. Se Localizó el sitio de muestreo de acuerdo a su ubicación previa de acuerdo al área de interés y se procedió a la recolección de la muestra.
2. Los recipientes de muestreo se identificaron previamente por medio de una etiqueta autoadherible e impermeable con marcador aprueba de agua o lápiz, anotando la fecha y la hora de muestreo y los parametros a analizar.
3. Se dejó correr el agua aproximadamente por 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.
4. El muestreo se realizó cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se requiere tomar un poco del agua que se va a analizar, se cierra el envase y agitar fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectúa esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra.

Las muestras de agua para análisis de dureza se tomaron en botes de plástico de 2 l. Los envases no se llenaron a su totalidad, dejando aproximadamente un 10 % vacío, cerrándolos herméticamente y conservándolos a 4 ° C y en la oscuridad durante menos de 24 horas antes de su análisis de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993 “Procedimientos Sanitarios para el Muestreo de Agua para Uso y Consumo Humano en Sistemas de Abastecimiento de Agua Públicos y Privados”.

#### 3.3.2. Análisis de Dureza (Calcio + Magnesio)

La **dureza** del agua se determinó utilizando la metodología indicada por (Carr, *et al.*, (2005).

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

### 3.3.2.1. Procedimiento análisis

32

1. Se preparó una solución 0.01 M de EDTA
2. Se midieron 25 ml de la muestra de agua en estudio y se transfirieron a un matraz erlenmeyer de 250 ml,
3. Se añadieron 3 ml de solución buffer de amonia a pH 10 y una pequeña cantidad del indicador eriocromo negro T sólido, a cada matraz.
4. La muestra se tituló con la solución de EDTA hasta que la solución roja cambió a azul.

La titulación se repitió al menos tres veces y se calculó la concentración promedio de  $(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})$ .

### 3.3.3. Análisis de Calcio

Para el análisis de calcio, la toma de muestra se realizó de la misma manera que para la determinación de dureza.

#### 3.2.3.1. Procedimiento de Análisis

1. En el laboratorio se colocaron tres porciones de 25 ml de muestra de agua en matraces erlenmeyer de 250 ml.
2. Se Añadieron 50 ml de agua destilada a cada matraz.
3. Se añadió 10 gotas de KOH al 50 por ciento a cada solución y se agitaron durante 2 minutos.
4. se añadió una pequeña cantidad de azul de hidroxinaftol "sólido" a cada solución.
5. Se titularon con la solución de EDTA previamente preparada hasta el punto final azul.

Después de alcanzar el punto final aparente, cada muestra se dejó reposar por aproximadamente 2 minutos, agitándose ocasionalmente y terminándose de titular hasta el punto final azul.

### **3.3.4. Análisis de la Alcalinidad**

Para el análisis de la alcalinidad, la toma de muestra se realizó de la misma manera que para la determinación de dureza.

#### **3.3.4.1. Procedimiento de Análisis**

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

1. Se tomó una muestra de 100 ml de agua a analizar.
2. Se le añadieron unas gotas de solución acuosa de fenolftaleína.
3. Si la muestra se coloreó, se tituló con ácido clorhídrico (HCl), valorado hasta que cambio a incolora. Con el volumen de ácido gastado se calculó la alcalinidad parcial.
4. Posteriormente en el mismo matraz se le agregaron unas gotas de solución acuosa de anaranjado de metilo.
5. Se tituló con el mismo ácido hasta lograr el vire del indicador a rojo – canela. Con el volumen de ácido gastado en las dos reacciones se calculó la alcalinidad total.

### **3.3.5. Análisis Bacteriológico**

34

#### **3.3.5.1. Toma de Muestra**

El muestreo de agua para análisis bacteriológico se llevó a cabo en frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada esterilizados, o frascos de polipropileno esterilizados. El agua de los grifos provino directamente del sistema de distribución. Se dejó correr el agua aproximadamente tres minutos y se tomó la muestra cuidadosamente para evitar contaminación, manteniendo el frasco cerca del grifo y el tapón del frasco hacia abajo, tomando la muestra sin perder tiempo y sin enjuagar el frasco; dejando espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10% de volumen del frasco). Efectuada la toma de muestra se cerró herméticamente el recipiente, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-014-SSA1-1993) "Procedimientos Sanitarios para el Muestreo de Agua para Uso y Consumo Humano en Sistemas de Abastecimiento de Agua Públicos y Privados".

#### **3.3.5.2. Procedimiento de Análisis**

Para la detección de bacterias coliformes se utilizó la técnica establecida por (Sustaita *et al.* 2009). Dicha técnica va de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-112-SSA1-1994), Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.

Para la preparación del medio, se disolvieron 40 gramos del polvo de caldo verde brillante bilis al 2por ciento en un litro de agua destilada, este medio se distribuyó en tubos de ensaye en porciones de 10 mililitros. Se llenó una campana de Durham y se colocó dentro de cada tubo. Se taparon los tubos con algodón y se esterilizaron en una olla de presión a una temperatura de 121 °C durante 15 minutos. Posteriormente se dejaron enfriar y se agregó un mililitro de

muestra a examinar con una micropipeta con puntillas esterilizadas en un área también esterilizada.

Se introdujeron los tubos en la estufa a una temperatura de  $35 \pm 2$  °C durante 24-48 horas. Si transcurridas las 24-48 horas las campanas de Durham presentaban una burbuja de aire o si el medio presentaba turbidez indicaba la presencia de coliformes. Se realizaron tres repeticiones de cada muestra y un testigo, el cual se tomó de una laguna de agua residual.

### **3.3.6. Determinación de Sólidos Suspendedos**

#### **3.3.6.1 Procedimiento de análisis**

1. Pesar el papel filtro, en balanza previamente calibrada y anotar resultado.
2. Medir 10 ml de muestra.
3. Colocar al vacío el embudo de filtración.
4. Verter los 10 ml de muestra en el embudo de filtración, esperar 5 minutos.
5. Pesar el papel filtro con sólidos en balanza analítica y anotar resultado.
6. Hacer tres repeticiones por muestra.
7. Por diferencia de peso obtener los gramos de sólidos existentes en la muestra de 10 ml.

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

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$

donde:

$x_i$  = Los valores medidos

$n$  = El número de mediciones

la desviación estándar  $s$  como sigue:

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

donde:

$\bar{x}$  = La media

$x_i$  = Los valores medidos

$n$  = El número de observaciones

y el intervalo de confianza con la siguiente fórmula:

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

donde:

$\mu$  = La media para un conjunto infinito de datos

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

$s$  = La desviación estándar

$n$  = El número de observaciones

$t$  =  $t$  de student a 95 % de nivel de confianza

Los valores de alcalinidad parcial, alcalinidad total, molaridad de  $\text{Ca}^{2+}$  (M  $\text{Ca}^{2+}$ ), molaridad de (M  $\text{Mg}^{2+}$ ) y dureza total como ppm  $\text{CaCO}_3$ , desviación estándar  $\sigma$  y el intervalo de confianza calculados como se describió anteriormente.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados de Laboratorio para la Determinación de Alcalinidad

Como se describió anteriormente, todos los análisis se realizaron para tres muestras cuyos datos arrojados se presentan en los siguientes cuadros (10-17). Para las Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F) y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D).

Cuadro 10. Resultados para la Determinación de Alcalinidad (Carbonatos y Bicarbonatos)

	Repetición	Tamaño de Muestra	HCl <sup>1</sup> "fenolftaleína"	HCl <sup>2</sup> "Anaranjado de Metilo"	MI Totales de "HCl"
Muestra 1	1	100 ml	0.00 ml	0.4 ml	0.4 ml
	2	100 ml	0.00 ml	0.4 ml	0.4 ml
	3	100 ml	0.00 ml	0.33 ml	0.33 ml
Muestra 2	1	100 ml	0.396 ml	8.4 ml	8.796 ml
	2	100 ml	0.396 ml	8.37 ml	8.766 ml
	3	100 ml	0.33 ml	8.33 ml	8.66 ml
Muestra 3	1	100 ml	0.264 ml	8.18 ml	8.44 ml
	2	100 ml	0.33 ml	8.12 ml	8.45 ml
	3	100 ml	0.33 ml	8.1 ml	8.43 ml

<sup>1</sup> ml de HCL gastados en la titulación, después de agregarle unas gotas de solución acuosa de fenolftaleína para cambio de la muestra a incolora. Calculándose con esto la alcalinidad parcial.

<sup>2</sup> ml de HCL gastados en la titulación, después de agregarle unas gotas de solución acuosa de anaranjado de metilo al mismo matraz, necesarios para ver al cambio de la muestra a rojo-canela.

Para efectuar los cálculos se utilizó la siguiente fórmula.

38

$$\left(\frac{\text{ml totales}}{\text{ml de muestra}}\right) \left(\frac{\text{HClles}}{\text{tr dt}}\right) \left(\frac{\text{mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCl}}\right) \left(\frac{\text{g CaCO}_3}{100.0869 \text{ g}}\right) \left(\frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}\right)$$

Con el promedio de los ml totales gastados en las tres repeticiones, se cálculo de la siguiente manera la Alcalinidad Total en ppm de CaCO<sub>3</sub>.

$$\left(\frac{0.3766 \text{ ml de HCl}}{100 \text{ ml}}\right) \left(0.09627 \frac{\text{moles HCl}}{\text{lt}}\right) \left(\frac{\text{mol de CaCO}_3}{2 \text{ mol de HCl}}\right) \left(\frac{100.0869 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCO}_3}\right) \left(\frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}}\right) = 18.146 \text{ ppm}$$

#### 4.1.1. Alcalinidad total y parcial en ppm de CaCO<sub>3</sub>

En el Cuadro 11 se resumen los resultados de análisis de calcio;  $\sigma$  = desviación estándar.  $t = t$  de student para 2 grados de libertad y con 95 % de nivel de confianza  $t = 4.303$ . Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F) y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D).

Cuadro 11. Alcalinidad ppm CaCO <sub>3</sub>			
Muestra	Alcalinidad Parcial	$\sigma$	Intervalo de confianza
1	0		
2	18.02	1.84	4.56
3	14.84	1.84	4.56

Muestra	Alcalinidad Total	$\sigma$	Intervalo de confianza	Limite Permisible NOM 041
1	<b>18.15</b>	1.95	4.84	300.00
2	421.1	3.44	8.55	300.00
3	406.68	0.49	1.2	300.00

## DISCUSIÓN.

### MUESTRA1.

Esta muestra tomada en el comedor universitario y procedente de la planta purificadora de agua, en lo que a alcalinidad parcial se refiere, no es significativo, pero si presenta alcalinidad total como ppm de  $\text{CaCO}_3$ , este resultado comparándolo con la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993 Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias. Esta muestra se encuentra dentro de los límites máximos especificados por esta norma, la cual establece de alcalinidad total como ppm de  $\text{CaCO}_3$  son 300 mg/l.

### MUESTRAS 2 Y 3.

Estas muestras procedentes de los bebederos entre los salones de clase edificio "F" y "C-D", 2 y 3 respectivamente, tomando las cifras significativas y teniendo en cuenta sus incertidumbres estadísticas en alcalinidad parcial como ppm de  $\text{CaCO}_3$ , no es significativo.

En la alcalinidad total como ppm de  $\text{CaCO}_3$ , Este resultado comparándolo con la Norma Oficial Mexicana.NOM-041-SSA1-1993 Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias. Estas muestras se encuentran fuera del límite máximo especificado por esta norma, la cual establece de alcalinidad total como ppm de  $\text{CaCO}_3$  son 300 mg/l.

## 4.2. Resultados de Laboratorio para la Determinación de Calcio y Magnesio

Resultados obtenidos en las pruebas de titulación realizadas en el laboratorio "Apoyo a la investigación" del Departamento de Ciencias Básicas, para la determinación de calcio y dureza total (Calcio + Magnesio)(Cuadro 12 y 13).

Cuadro 12.- Resultados para la Determinación de Calcio

	Repetición	Tamaño de Muestra	KOH al 50% (P/V)	Azul de Hidroxinaftol	"EDTA" gastado en la Titulación
Muestra 1	1	25 ml	10 gotas	pisca	0.00 ml
	2	25 ml	10 gotas	pisca	0.00 ml
	3	25 ml	10 gotas	pisca	0.066 ml
	<b>promedio =</b>				
Muestra 2	1	25 ml	10 gotas	pisca	1.67 ml
	2	25 ml	10 gotas	pisca	1.70 ml
	3	25 ml	10 gotas	pisca	1.63 ml
	<b>promedio =</b>				
muestra 3	1	25 ml	10 gotas	pisca	1.27 ml
	2	25 ml	10 gotas	pisca	1.29 ml
	3	25 ml	10 gotas	pisca	1.17 ml
	<b>promedio =</b>				

Cuadro 13.- Resultados para la Determinación de DUREZA. (calcio + magnesio)

	Repetición	Tamaño de Muestra	Indicador "Eriocromo negro T"	"EDTA" gastado en la Titulación
Muestra 1	1	25 ml	Pisca	0.066 ml
	2	25 ml	Pisca	0.0132 ml
	3	25 ml	Pisca	0.066 ml
	<b>Promedio=</b>			
Muestra 2	1	25 ml	Pisca	3.00 ml
	2	25 ml	Pisca	3.05 ml
	3	25 ml	Pisca	2.98 ml
	<b>Promedio=</b>			
muestra 3	1	25 ml	Pisca	2.85 ml
	2	25 ml	Pisca	2.87 ml
	3	25 ml	Pisca	2.84 ml
	<b>Promedio=</b>			

Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F) y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D)

Formulas para la Obtención de Resultados

Con el promedio de EDTA gastado en la titulación para cada muestra se realizaron los cálculos para obtener los siguientes parámetros.

**ppm de (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>)=**

$$\left( \frac{\text{lt de EDTA}}{\text{lt de muestra}} \right) \left( \frac{\text{moles EDTA}}{\text{lt}} \right) \left( \frac{1 \text{ mol de Ca}^{2+} \text{ o } 1 \text{ mol de Mg}^{2+}}{1 \text{ mol de EDTA}} \right) \left( \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol de CaCO}_3} \right) \left( \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right)$$

**Moles de (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) / lt =**  $\left( \frac{\text{lt de EDTA}}{\text{lt de muestra}} \right) \left( \frac{\text{moles EDTA}}{\text{lt}} \right) \left( \frac{1 \text{ mol Ca}^{2+} \text{ o } 1 \text{ mol Mg}^{2+}}{1 \text{ mol de EDTA}} \right)$

**Moles de Ca<sup>2+</sup> / lt =**  $\left( \frac{\text{lt de EDTA}}{\text{lt de muestra}} \right) \left( \frac{\text{moles EDTA}}{\text{lt}} \right) \left( \frac{1 \text{ mol Ca}^{2+}}{1 \text{ mol de EDTA}} \right)$

Para la obtención de **(moles de Mg<sup>2+</sup>/L)**, solo fue necesario restar:

$$\left( \frac{\text{Moles de Ca}^{2+} \text{ o } \text{Mg}^{2+}}{\text{lt}} \right) - \left( \frac{\text{Moles de Ca}^{2+}}{\text{lt}} \right) = \text{Moles de Mg}^{2+} / \text{lt.}$$

Los resultados de manera global se muestran en el anexo siguiente (Cuadro 14).

#### 4.2.1. Dureza Cálcica moles/l Ca<sup>2+</sup>, Magnésica moles/L Mg<sup>2+</sup> y Total ppm

##### CaCO<sub>3</sub>

En el Cuadro 14 se resumen los resultados de moles de Calcio y Magnesio y Dureza Total;  $\sigma$  = desviación estándar.  $t = t$  de student para 2 grados de libertad y con 95 % de nivel de confianza  $t = 4.303$ . Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F). y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D).

Cuadro 14. Dureza				
Muestra	M Ca <sup>2+</sup>	$\sigma$	Intervalo de confianza	
1	0.000	0.000	0.000	
2	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	
Muestra	M Mg <sup>2+</sup>	$\sigma$	Intervalo de confianza	
1	0.000	0.000	0.000	
2	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	
Muestra	Dureza total ppm CaCO <sub>3</sub>	$\sigma$	Intervalo de confianza	Límite Permissible
1	3.788	1.640	4.075	200.0 NOM041
2	129.55	1.55	3.86	500.0 NOM127
3	122.81	0.66	1.63	500.0 NOM127

#### Discusión.

Los resultados para dureza indican que tomando en cuenta las cifras significativas, las muestras de agua analizadas no presentan concentración de iones calcio o magnesio, pero sí presentan dureza total como ppm de CaCO<sub>3</sub> y considerando también sus incertidumbres experimentales, estos resultados se

encuentran dentro de los límites permisibles indicados por sus respectivas Normas.

Para las muestras 2 y 3 comparando los resultados con los establecidos por La (NOM-127-SSA1-1994). Agua para uso y consumo humano. Especificaciones sanitarias, Cuyo límite permisible por esta Norma en Dureza total (como  $\text{CaCO}_3$ ) son 500,00 ppm.

Y para la muestra 1 comparando el resultado con la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993 Bienes y servicios. Agua purificada envasada, Cuyo límite permisible por esta norma en Dureza total como  $\text{CaCO}_3$  son 200,00 ppm.

### 4.3. Bacterias Coliformes

En el Cuadro 15 se muestran los resultados de los análisis bacteriológicos, Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F). y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D).

Cuadro 15. Bacterias Coliformes

Muestra	Coliformes	NOM 127
1	no detectable	Ausencia o no Detectable
2	no detectable	Ausencia o no Detectable
3	no detectable	Ausencia o no Detectable

- Ninguna de las muestras presentó bacterias coliformes detectables por lo tanto está dentro de las especificaciones establecidas por la (NOM-127-SSA1-1994).

En el Cuadro 16 se resumen los resultados de los análisis de pH. Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F). y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D).

**Cuadro 16. pH de las muestras analizadas**

Muestra	pH	NOM 127
1	7.28	6.5-8.5
2	8.27	6.5-8.5
3	8.33	6.5-8.5

- Los valores de pH de las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994.

#### 4.5. Resultados de Determinación de Sólidos Suspendidos

En el cuadro 17 se muestran los resultados de la determinación de sólidos suspendidos. Muestras: **1.** Comedor universitario, **2.** Bebederos en el área de los salones de clase (edificio F). y **3.** Bebederos en el área de los salones de clase (entre edificios C y D).

Cuadro 17. Resultados de determinación de sólidos suspendidos

Muestra	Peso* 1.(g)	Peso <sup>A</sup> 2.(g)	ppm
1	0.0225	0.0225	0,00
2	0.0228	0.0228	0,00
3	0.0227	0.0229	0.02

\* promedio de tres papeles filtros a utilizar en cada muestra.

<sup>A</sup> promedio de tres papeles filtros utilizados en cada muestra, después de haber realizado el filtrado

Como puede apreciarse únicamente presento sólidos suspendidos la muestra 3, esto podría ser causa de la red de distribución, alguna ruptura y causa de contaminación, sería recomendable analizar estas muestras en diferentes fechas para ser más representativo y monitorear presencia de sólidos suspendidos.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

De los resultados de los análisis realizados se puede concluir que todas las muestras están dentro del límite permisible de la NOM-127-SSA1-1994. Aun con los datos positivos obtenidos, en lo referente a alcalinidad de las muestras 2 y 3, se recomienda monitoreo frecuente y solicitar al proveedor de agua la remediación requerida en su caso o un pre tratamiento para ablandar el agua y no causar a la larga algún tipo de daño a los consumidores. En el caso de sólidos suspendidos, tan sólo se obtuvieron datos significativos en la muestra 3, procedente del bebedero que se encuentra entre los salones de clase C y D, esto podría ser causa lo antigua y malas condiciones en las que se encuentra la red de distribución que abastece a este bebedero, y se recomienda un monitoreo constante, en caso de ser necesario dar un completo mantenimiento a esta red.

Es conveniente estudiar más parámetros de las mismas muestras, presentar de manera más completa las condiciones de calidad de estas áreas de estudio y de otras muestras de agua del sureste del Estado de Coahuila como apoyo al control de calidad de sus recursos hídricos.

## VI. LITERATURA CITADA

Alcántara B., M. 1995. "Química de Hoy". Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. 2da Edición. México.

Buschmann, J.; Berg, M.; Stengel, C.; Sampson, M. L. 2007. Arsenic and Manganese Contamination of Drinking Water Resources in Cambodia. Environmental Science and Technology. 41:557.

Carr, J. D. 2005. Laboratory Experiments for Elementary Analytical Chemistry, Universidad de Nebraska, U.S.A.

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.

Corona R., 1981. "Introducción a la Química", Publicaciones Cultural, S.A. Séptima Edición, México.

Guyton, A. C. 1975. Fisiología Humana. 4a Edición. Ed. Interamericana, México. pp: 409.

Guerrero I., E. 1991. El Agua Fuente de Vida. 4a Edición. Ed. Interamericana, México. pp: 14-25.

Manual de tratamiento de aguas del Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. 1976. 1ª ed. Editorial limusa. Mexico

Mosqueira P., S. 2005. Introducción a la Química y el Ambiente. 1ª Edición. Publicaciones Cultural. México.

Harris, D. C. 2007 Quantitative Chemical Analysis. Freeman, 7a ed. New York U.S.A.

Jones, M. M.; Johnston, D. O.; Neterville, J. T.; Wood, J. L., 1987. Chemistry and Society. Fifth Edition. Sounder College Publishing. pp: 432-44.

Skoog, W. 1994. Química Analítica. Editorial Mc Graw-Hill., 1ª Ed. México.

Sustaita H., G. 2009. Manual de Laboratorio de Microbiología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.

Seoáñez C.M. 2003. Manual de tratamientos, reciclado, aprovechamiento y gestión de las agua residuales y urbanas. Ed. Muldi-Prensa. España.

#### **PAGINAS CONSULTADAS EN INTERNET.**

Comicion Nacional del Agua (CNA) 2005. Acerca del Agua en México. disponible en: <http://www.cna.gob.mx/conagua/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=e7820bc-2da0-4646-a13e-ba8d39bd249320%ACERCA%%DEL%AGUA>.

Comisión Nacional del Agua 2007. Estadísticas del Agua en México. disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/conagua/español/TmpContenido.aspx?id=Publicaciones%202007CPUBLICACIONES%20CONAGUA%7C0%7C87%7C0%7C0%7C0>.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION". Disponible

en:<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>

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 PUBLICOS Y PRIVADOS". Disponible en:

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/014ssa13.html>

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-041-SSA1-1993, BIENES Y SERVICIOS. AGUA PURIFICADA ENVASADA. ESPECIFICACIONES SANITARIAS disponible en: [www.aguainmaculada.com/docs/NOM-041-SSA1-1993.pdf](http://www.aguainmaculada.com/docs/NOM-041-SSA1-1993.pdf).

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-112-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. DETERMINACIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES. TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE. Disponible en:<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/112ssa14.html>

NORMA OFICIAL MEXICANA NMX-AA-036-SCFI-2001, ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE ACIDEZ Y ALCALINIDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS. Disponible en:  
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Mexicanas%20vigentes/NMX-AA-036-SCFI-2001.pdf>.

NORMA OFICIAL MEXICANA NMX-AA-072-SCFI-2001, ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS. Disponible en:  
[www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Mexicanas%20vigentes/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Mexicanas%20vigentes/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf)

Artículo de "Hidrología" GLOBE. 1997. Disponible en: <http://www.globe.gov/sda/tg97es/herramientas/Mediciones.pdf>.

Contaminación del agua y enfermedades de origen hídrico. Disponible en: <http://www.agua.org.mx/content/view/4542/89/>, <http://www.agua.org.mx/content/category/9/29/31>

Tipos de Titulaciones, disponible en: <http://labquimica.wordpress.com/2009/02/25/distintos-tipos-de-titulaciones/>, <http://www.monografias.com/trabajos37/acido-base/acido-base.shtml>

Tema del Agua en Saltillo, Reunión Sobre el Agua Potable. Disponible en: <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/98194.el-problema-del-agua-potable-en-saltillo.html>.