

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades



EVALUACIÓN DE ARSÉNICO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE
TIERRA NUEVA DEL MUNICIPIO DE CHINAUTLA, GUATEMALA

Mónica José Barahona Gonzalez

Guatemala

2008

EVALUACIÓN DE ARSÉNICO EN EL AGUA
SUBTERRÁNEA DE TIERRA NUEVA DEL MUNICIPIO DE
CHINAUTLA, GUATEMALA

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades



EVALUACIÓN DE ARSÉNICO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA DE TIERRA
NUEVA DEL MUNICIPIO DE CHINAUTLA, GUATEMALA

Trabajo de Investigación presentado por

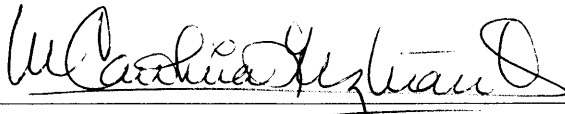
Mónica José Barahona Gonzalez

para optar al grado de Licenciada en Química Farmacéutica

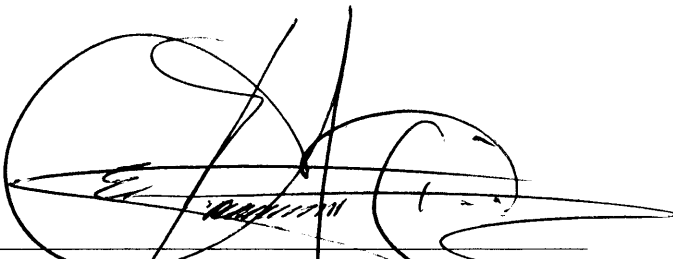
Guatemala


2008

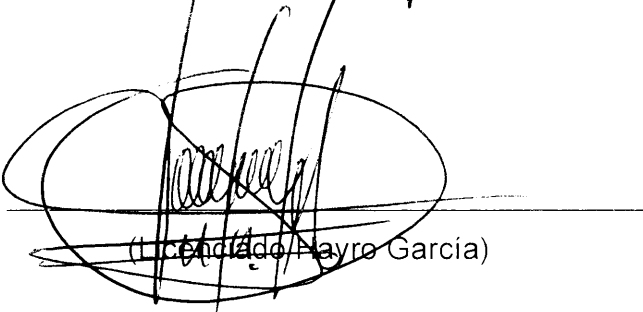
V_oB_o:

(f) 
(Licenciada Carolina Guzmán)

Tribunal Examinador:

(f) 
(Licenciado Rolando Lárez)

(f) 
(Licenciada Carolina Guzmán)

(f) 
(Licenciado Rayro García)

Fecha de aprobación: 21 de enero del 2008

*A Dios,
A mis padres,
A mi hermana,
A mi novio*

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL	
A. Antecedentes del problema.	3
B. Justificaciones.	4
C. Planteamiento del problema.	4
D. Alcances y limitantes del problemas.	5
III. MARCO TEÓRICO	
A. Chinautla	
1. Historia	6
2. Aspectos físicos y límites	7
3. Aspecto político administrativo	8
B. Provisión, renovación y empleo de los recursos del agua.	
1. Agua superficial	9
2. Aguas subterráneas	10
C. Tipos, efectos y fuentes de contaminación del agua.	11
D. Arsénico y su toxicidad.	13
1. Fuentes.	14
a. Fuentes naturales.	14
b. Fuentes antropogénicas.	15
2. Intoxicación aguda.	17
3. Intoxicación crónica.	18
4. Datos de laboratorio.	
a. Intoxicación aguda	18
b. Intoxicación crónica.	19

	Pág.
5. Diagnóstico.	19
6. Prevención de intoxicaciones.	20
7. Tratamiento de intoxicaciones.	
a. Intoxicación aguda	20
1) Tratamiento de urgencia	20
2) Antídoto	20
3) Medidas generales	20
b. Intoxicación crónica	21
8. Pronóstico.	21
9. Medio ambiente.	21
10. Arsénico en el agua.	21
IV. MARCO METODOLÓGICO	
A. Objetivos.	
1. Generales.	23
2. Específicos.	23
B. Hipótesis.	23
C. Variables independientes.	23
D. Variables dependientes.	24
E. Universo de trabajo.	24
F. Muestra (población accesible).	24
G. Procedimiento.	
1. Equipo	25
2. Preparación de soluciones estándar	25
3. Preparación de muestra	25
4. Parámetros del equipo	26
H. Diseño de investigación.	26
I. Análisis estadístico.	26

	Pág.
V. MARCO OPERATIVO	
A. Recabación y tratamiento de datos.	27
B. Recursos	
1. Humanos.	27
2. Materiales.	
a. Equipo.	27
b. Reactivos.	27
c. Materiales.	28
d. Lugares.	28
VI. RESULTADOS	29
VII. DISCUSIÓN	31
VIII. CONCLUSIONES	33
IX. RECOMENDACIONES	34
X. REFERENCIAS	
a. Bibliográficas	35
b. Electrónicas.	36
c. Personales.	37
XI. ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla No. 1. Fuentes naturales de exposición al arsénico y sus derivados.	15
Tabla No. 2. Fuentes antropogénicas de exposición al arsénico y sus derivados.	16
Tabla No. 3. Concentración de arsénico en pozos de agua subterránea muestreados en Tierra Nueva, Chinautla.	29
Tabla No. 4. Límites máximos permisibles de arsénico según la norma COGUANOR para agua potable y envasada para consumo humano.	29

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica No. 1. Valores de arsénico encontrados en los pozos subterráneos de Tierra Nueva, Chinautla.	30
Gráfica No. 2. Comparación de concentración de arsénico en pozo Maranatha y los límites permisibles de la norma COGUANOR 29001:99 y 29005:99	40
Gráfica No. 3. Comparación de concentración de arsénico en pozo Alcaldía Auxiliar y los límites permisibles de la norma COGUANOR 29001:99 y 29005:99	40
Gráfica No. 4. Comparación de concentración de arsénico en pozo Nuevo Amanecer y los límites permisibles de la norma COGUANOR 29001:99 y 29005:99	41
Gráfica No. 5. Comparación de concentración de arsénico en pozo 24 de agosto y los límites permisibles de la norma COGUANOR 29001:99 y 29005:99	41

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo No. 1. Área geográfica del departamento de Guatemala.	38
Anexo No. 2. Carta enviada al señor alcalde de Chinautla, Arnoldo Medrano.	39
Anexo No. 3. Gráficas de resultados.	40
Anexo No. 4. Norma guatemalteca obligatoria. Agua potable. COGUANOR: NGO 29001:99.	42
Anexo No. 5. Norma guatemalteca obligatoria. Agua envasada para consumo humano. COGUANOR: NGO 29005:99.	64

RESUMEN

El arsénico es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre, no puede ser destruido, pero puede formar complejos altamente tóxicos que en el organismo humano causan alteraciones cardíacas, vasculares y neurológicas, lesiones hepáticas y renales, repercusiones en el aparato respiratorio y lesiones cutáneas que avanzan progresivamente hasta neoplasias.

Mediante el desarrollo de este trabajo se determinó la cantidad de arsénico que contiene el agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla. Con esta finalidad, se efectuó una determinación cuantitativa de arsénico en los pozos de agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla. Encontrándose que la cantidad de arsénico en el pozo de agua subterránea, 24 de agosto, estaba por encima del límite máximo permisible de la norma COGUANOR NGO 29001:99 agua potable, En los pozos Nuevo Amanecer y Alcaldía Auxiliar no fue detectada la presencia de arsénico. En el pozo Maranatha la cantidad de arsénico encontrada esta dentro de los límites establecidos en la norma COGUANOR NGO 29001:99 Agua potable.

Se llevó a cabo una comparación entre los valores aceptados por la norma COGUANOR NGO 29001:99 agua potable y la norma COGUANOR NGO 29005:99 agua envasada para consumo humano, debido a que el agua subterránea es utilizada en Tierra Nueva para consumo.

Se recomienda a las autoridades municipales efectuar un análisis de metales pesados en el agua subterránea, como mínimo dos veces por año y un análisis de subsuelo como mínimo una vez por año.

I. INTRODUCCIÓN

El arsénico es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre, no puede ser destruido, pero puede formar complejos altamente tóxicos que causan alteraciones cardíacas, vasculares y neurológicas, lesiones hepáticas y renales, repercusiones en el aparato respiratorio y lesiones cutáneas que avanzan progresivamente hasta las neoplasias: éstos son los riesgos a los que se expone quien consume agua con excesivo contenido de arsénico durante un tiempo prolongado. El arsénico presente en las aguas subterráneas que se utilizan para consumo humano o animal es uno de los problemas sanitarios más importantes a nivel mundial, dado que se trata de un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza y resulta altamente tóxico cuando supera ciertos valores límites de concentración. (6)

El documento *International Standards for Drinking-water* editado en 1958 por la Organización Mundial de la Salud recomendaba una concentración máxima admisible de 200 µg/l (0,20 mg/L) para el arsénico en el agua para consumo humano, valor que fue disminuido a 50 µg/l (0,05 mg/L) en la edición de 1963 y mantenido así en la de 1971. También se utilizó ese límite (50 µg/l) en el documento *Guidelines for Drinking-water Quality* redactado por la OMS en 1984, pero en su edición de 1993, considerando inquietudes referidas al efecto cancerígeno de este elemento sobre las personas y con base a una evaluación de riesgos llevada a cabo ese año, se estableció un límite práctico de 10 µg/l (0,01 mg/L) para la concentración de arsénico en agua potable. (2)

La tercera y más reciente edición de las *Guidelines* de la OMS (año 2006, ISBN 92-4-154696-4) reitera la recomendación de los 10 µg/l (0,01 mg/L), indicando que mantiene tal valor como provisional «en vista de las

significativas incertidumbres» que rodean a la evaluación del riesgo del arsénico como agente cancerígeno, de los límites prácticos para su cuantificación en esos niveles, y de las dificultades prácticas para eliminarlo del agua potable. (2)

En Guatemala la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) fija la NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA AGUA POTABLE NGO 29001:99 publicada en el Diario Oficial del 4 de agosto de 2000, la cual establece que el límite máximo permisible de arsénico en agua potable es de 10.0 µg/L (0,010 mg/L). (7)

El objetivo principal de este estudio es la determinación de las concentraciones de arsénico en los pozos subterráneos de Tierra Nueva, Chinautla Guatemala. Esto se realizará como apoyo en la prevención de intoxicaciones crónicas con este metal, en la población de Tierra Nueva, Chinautla.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. Antecedentes del problema.

En el municipio de Chinautla no se desarrollan análisis de metales pesados para el agua subterránea. Los análisis que se efectúan al agua que se distribuye a la población son microbiológicos y del cloro residual. No existe un tratamiento al agua subterránea previo a su distribución.

A finales del año 2005 en la colonia “Primero de Mayo”, Mixco se realizó un estudio para la determinación de metales pesados en agua potable. Se determinó, en esta evaluación, que la concentración de arsénico fue de 0.03mg/L, lo que se encuentra por arriba del límite máximo permisible de la Norma COGUANOR NGO 29001 de agua potable.

Posteriormente se efectuaron muestreos en pozos cercanos a la colonia “Primero de Mayo”, donde se encontraron concentraciones de arsénico de 0,02, 0,03, 0,04, 0,06 mg/L. No se habían realizado estudios de determinación de metales pesados en el agua de Mixco, por lo que es difícil determinar si las concentraciones de arsénico, encontradas en ese momento, se deben a contaminación reciente o si siempre se han tenido estas concentraciones en el agua subterránea.

El municipio de Chinautla colinda con Mixco, por lo cual es necesario el monitoreo de arsénico en las aguas subterráneas de este municipio. No se tienen estudios previos de análisis de metales pesados, como valor de comparación lo que sería importante ya que esto determinaría si la cantidad de arsénico en el agua potable se mantiene constante o bien, se ha incrementado debido a factores ambientales u otros de índole antropogénico.

B. Justificaciones.

Existe preocupación en la población de Tierra Nueva I y Tierra Nueva II debido al riesgo a enfermedades crónicas, por consumo de agua con presencia de arsénico.

La exposición a largo plazo por arsénico, puede ocasionar graves problemas de salud. La determinación temprana de contaminación del agua subterránea por arsénico permitiría la búsqueda de soluciones (p.ej. planta de tratamiento de agua) y así mismo, prevenir a la población. (6)

Es importante cuantificar los niveles de arsénico en agua utilizada para consumo, con la finalidad de generar información que permita a las autoridades de salud y a la población en general, evidenciar la calidad del agua que se utiliza en dicha población. Existe la norma guatemalteca obligatoria para agua potable, que establece la cantidad de arsénico, que es permisible en el agua potable. Las municipalidades no han cumplido con la determinación de éste y otros metales pesados en agua potable. El cumplimiento de esta norma no es verificada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), por lo que la población está expuesta a una intoxicación crónica.

C. Planteamiento del problema.

La utilización de agua de pozos con presencia de arsénico puede provocar intoxicación crónica en los habitantes de Tierra Nueva del municipio de Chinautla, Guatemala.

D. Alcance y limitantes del problema.

Este trabajo de investigación determinó la concentración de arsénico en el agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla, Guatemala; por medio de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, lo que permite tener información científica respecto a los niveles de este elemento, ya que su presencia puede provocar daños a la salud de la población.

Limitantes.

- El costo del análisis no permite que se realicen análisis de todos los pozos del municipio de Chinautla.

III. MARCO TEÓRICO

A. CHINAUTLA.

Ubicación geográfica.

Latitud	14,7083
Longitud	-90,4994

(10)

1. Historia. Cuando los pokomanes ocupaban la región comprendida entre el Río Pixcaya y el Río Motagua, en lo que hoy es Chimaltenango allá por el año 1526, Pedro de Alvarado fundó la población de Chinautla, en el peaje conocido con el nombre de la Cruz, en un área llena de hondonadas y bordeada de cerros, situado en la parte norte del actual departamento de Guatemala. Al llegar la Real Cédula del rey de España al Cabildo de Guatemala en 1629, ésta exigía la recaudación de los Derechos Reales sobre Tierras. Las tierras pertenecientes a la población de Chinautla fueron medidas, otorgándose por mandato del Oidor y Juez Privativo de tierras, don Tomás Ignacio de Arana, el 21 de mayo de 1722 un Primer Título con una extensión de dos caballerías. Dicho título fue confirmado por su Majestad Felipe Quinto, luego en 1753 el 16 de mayo fue extendido a Chinautla, un segundo título, dándole cuarenta caballerías por el Oidor y Alcalde de la Corte don Jacobo Huertas; fue así como Chinautla obtuvo treinta y ocho caballerías más. (10)

En la época colonial y a principios de la época independiente, Chinautla estuvo adscrita al Curato de Candelaria, en el partido de Sacatepéquez. Al decretarse la primera Constitución Política de la República de Guatemala el 11 de Octubre de 1825, dividió su territorio en once distritos y varios circuitos. En esa organización, aparece Chinautla integrando el Distrito Primero del Circuito Norte. Posteriormente, al efectuarse una nueva División Política del Estado por Decreto de la Asamblea Nacional Constituyente de fecha 4 de Noviembre de

1825, Chinautla continúa perteneciendo al departamento de Guatemala, situación que mantiene a la fecha. (10)

Su nombre se deriva del Poqoman Xina= Agua caliente Jutla= jute o caracol de agua lo que diría jute de agua caliente. También se dice que proviene del náhuatl Chicunauh-tla plural del numeral chicunauj, que significa nueve, otra de las acepciones es Chicunauh-tla que también significa “confinado por cercas” esto porque en el pasado existían grandes extensiones divididas por cercas elaboradas con árboles de izote. (10)

Chinautla posee sitios arqueológicos, dentro de los más conocidos están: en la Plaza Central de Santa Cruz Chinautla a un costado del templo antiguo y debajo de este inclusive, así como los montículos del camino que desde Chinautla llega a Tierra Nueva I, Tierra Nueva II. La primera autoridad del municipio es el Alcalde Municipal y su concejo, así como los alcaldes auxiliares de aldeas y colonias. Además existen dentro del municipio autoridades religiosas católicas que ocupan templos y casas parroquiales, así como autoridades de la Policía Nacional Civil, ubicadas en subestaciones existentes en las colonias Santa Luisa de Jocotales, Tierra Nueva Uno y El Granizo, así como autoridades de salubridad en Centros de Salud ubicados en Nueva Chinautla y Tierra Nueva Uno. (10)

2. Aspecto físico y límites. El territorio de Chinautla en gran parte está configurado por múltiples depresiones de terreno, hondonadas y repliegues originados por los distintos ramales de la Sierra Madre Central, que convergen en esta parte del departamento de Guatemala. Su territorio lo recorren los ríos Chinautla, Las Vacas, El Zapote y los innumerables afluentes que en su conjunto conforma la cuenca norte del departamento. (10)

El municipio es atravesado de Este a Oeste por la falla del Motagua, situación que lo hace propenso a movimientos constantes de tierra. Las

proximidades de la antigua cabecera municipal están conformadas por un tipo de suelo arenoso, suave, expuesto a deslizamientos. La capa de humus o tierra laborable es de apenas 10 y 15 centímetros de grosor, lo cual le da un carácter de suelo tipo Jurásico Primario. (10)

Chinautla tiene una extensión de 80 kilómetros cuadrados, su altura es de 1220 metros sobre el nivel del mar y posee un clima templado. Limita al norte, con Chuarrancho al este con San Pedro Ayampuc, al sur con Guatemala y al oeste con los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y Guatemala. (10)

3. Aspecto político administrativo. Chinautla se convirtió en municipio por Decreto de fecha 21 de mayo de 1723. Inicialmente, el municipio fue gobernado desde la ciudad capital, hasta que en 1791 su organización política adquirió el patrón o modelo español y quedó bajo la supervisión de las audiencias. (10)

La población llamada Santa Cruz Chinautla, asentamiento original es la antigua cabecera municipal, actualmente la sede de la administración municipal se encuentra en la 2ª. Calle F-2 de la Colonia El Sauzalito siendo además ésta la cabecera municipal. (10)

Como consecuencia del terremoto de 1976 y por su proximidad a la ciudad capital, Chinautla se ha sobrepoblado con familias provenientes de los departamentos del interior del país. Las constantes invasiones de tierras municipales que muchas veces están conformadas por áreas de riego, han originado el surgimiento de cerca de 100 asentamientos humanos esparcidos en áreas de Jocotales, Tierra Nueva, El Granizo y El Amparo. (10)

B. PROVISIÓN, RENOVACIÓN Y EMPLEO DE LOS RECURSOS DE AGUA.

Sólo una fracción mínima del abundante agua del planeta está disponible para los humanos en forma de agua potable. Aproximadamente el 97% del volumen se encuentra en los océanos y es demasiado salada para consumo, riego o utilizarla en la industria (excepto como refrigerante). (16)

El 3% restante es agua dulce o potable. Alrededor del 2.997% de toda el agua está retenida en bloques de hielo en glaciares, o se encuentra enterrada tan profundamente que cuesta demasiado extraerla. Solamente el 0.003% del volumen total del agua de la tierra está disponible fácilmente como humedad del suelo, aguas subterráneas utilizables, vapor de agua y lagos y ríos. (16)

El agua dulce disponible se nutre de un generoso suministro que continuamente se recoge, purifica, recicla y distribuye en el ciclo hidrológico impulsado por la energía solar, tanto tiempo como no sea sobrecargada con residuos no degradables o de lenta degradación o retiremos los suministros de agua subterráneas más rápidamente de lo que tardan en rellenarse. (16)

1. Agua superficial. El agua dulce empleada llega en primer lugar como resultado de la precipitación. Las precipitaciones que no se infiltran en la tierra o no retornan a la atmósfera por evaporación (incluyendo la transpiración) se llaman **escorrentía de superficie**, que fluye hacia ríos, lagos, humedales y embalses. (16)

Una **cuenca** o **cuenca hidrográfica**, es una región desde la que el agua desagua en un arroyo, un sistema fluvial, un lago, un embalse u otro elemento hidrológico. (16)

2. Aguas subterráneas. Parte de las precipitaciones se infiltran en la tierra y se filtran hacia dentro a través de huecos (poros, fracturas, hendiduras y otros espacios) del suelo y de las rocas. El agua existente en estos huecos se llama **agua subterránea**. (16)

Los huecos retienen muy poca humedad cerca de la superficie. Sin embargo, por debajo de cierta profundidad, en lo que se llama **zona de saturación**, se llenan de agua salvo en alguna burbuja de aire ocasional. La capa superior de la zona de saturación, limítrofe con la zona insaturada, se denominada **capa freática**. La capa freática se reduce en tiempo seco y aumenta en tiempo húmedo. (16)

Las capas porosas, capas de arena saturadas de agua o rocas a través de las cuales fluye el agua se llaman **acuíferos**. Cualquier zona de tierra a través de la cual el agua pasa a un acuífero, hacia abajo o de forma lateral, se llama **zona de recarga**. Los acuíferos se rellenan de forma natural por las precipitaciones que se filtran hacia abajo a través del suelo y de las rocas, lo cual se llama **recarga natural**, pero algunos se recargan por los lados por la recarga lateral. (16)

Las aguas subterráneas se mueven desde la zona de recarga a un acuífero y hacia una zona de descarga (pozo, fuente, lago, géiser, arroyo u océano) como parte del ciclo hidrológico. Las aguas subterráneas se trasladan normalmente desde puntos de alta elevación y presión a otros de menor altura y más baja presión. Este movimiento es bastante lento, normalmente alrededor de 1 metro por año y rara vez de más de 30 centímetros al día. (16)

Algunos acuíferos consiguen una recarga mínima o nula. A menudo, iniciados a bastante profundidad y formados a lo largo de decenas de miles de años, son (sobre una escala de tiempo humana) recursos no renovables. La

retirada de tales acuíferos se suma a la minería del agua que, si se mantiene, agotará estos antiguos depósitos de líquido de la Tierra. (16)

C. TIPOS, EFECTOS Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

La **contaminación del agua** es un cambio en la calidad, de tipo químico, biológico o físico, que tiene un efecto perjudicial sobre los organismos vivos o hace que el agua sea inadecuada para los usos deseados. Hay muchas clases de contaminantes del agua. Una son los agentes que causan enfermedades (patógenos), que son bacterias, virus, protozoos y parásitos que se introducen en el agua desde los desagües domésticos y los residuos humanos y animales no tratados. De acuerdo con un estudio del banco mundial, de 1995, el agua contaminada (falta de agua limpia y falta de condiciones sanitarias) causa el 80% de las enfermedades en los países en vías de desarrollo y mata aproximadamente a 10 millones de personas al año (una media de 27000 muertes prematuras al día, de ellas más de la mitad niños menores de 5 años de edad). (16)

Una segunda categoría de contaminantes de agua es la de residuos que demandan oxígeno, residuos que se pueden descomponer por medio de bacterias aeróbicas. Grandes cantidades de bacterias descomponiendo estos residuos pueden degradar la calidad del agua y vaciarla de su contenido en oxígeno disuelto, produciendo la muerte de peces y de otras formas de vida acuática consumidoras de oxígeno. La cantidad de residuos en demanda de oxígeno en el agua se puede determinar midiendo la **demanda biológica de oxígeno (DBO)**: la cantidad de oxígeno disuelto que se necesita para que las sustancias aeróbicas descompongan los materiales orgánicos de un volumen determinado de agua en un período de incubación de 5 días a 20°C. (16)

Una tercera clase de contaminantes del agua son los compuestos químicos inorgánicos hidrosolubles, que son ácidos, sales y compuestos de

metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Niveles altos de estos compuestos químicos pueden hacer el agua no apta para la bebida y perjudicial para los peces y otras formas de vida acuática, además de disminuir el rendimiento de los cultivos y acelerar la corrosión de los metales expuestos a tal agua. (16)

Los nutrientes inorgánicos de las plantas son otra clase de contaminantes del agua. Son nitratos y fosfatos hidrosolubles, que pueden causar un crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, que al morir y pudrirse agotan el oxígeno disuelto en el agua matando a los peces. Beber agua con niveles excesivos de nitratos disminuye la capacidad de la sangre para transportar el oxígeno; esto puede producir la muerte de fetos y niños, especialmente menores de un año. (16)

El agua puede también contaminarse por una variedad de productos químicos orgánicos, como el petróleo, la gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes de limpieza, detergentes y muchos otros compuestos químicos. Perjudican la salud humana y dañan a los peces y a otras formas de vida acuática. (16)

Con mucha diferencia, la mayor clase de contaminantes del agua en peso son los sedimentos o materiales en suspensión: partículas del suelo y de otros sólidos que quedan suspendidas en el agua, la mayor parte al erosionar la tierra. Los sedimentos enturbian el agua y reducen la fotosíntesis; también alteran las redes de alimentos acuáticos y transportan plaguicidas, bacterias y otras sustancias perjudiciales. Los sedimentos destruyen el alimento y las zonas de desove de los peces. También atascan y llenan los lagos, los embalses artificiales, los canales fluviales y las bahías. (16)

Las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías, acequias o desagües sobre capas de la superficie del agua. Ejemplos de éstas son fábricas, plantas de tratamiento de

aguas residuales (que eliminan algunos contaminantes pero no todos), minas subterráneas activas y abandonadas, pozos petrolíferos submarinos y depósitos de petróleo. Como las fuentes puntuales se encuentran en lugares específicos, son bastante fáciles de identificar, vigilar y regular. (16)

Las fuentes no puntuales son fuentes que no se pueden asociar a ningún lugar de vertido concreto. Normalmente son grandes zonas de terreno o capas aéreas que contaminan el agua por escorrentía, por curso subterráneo o por sedimentación desde la atmósfera. (16)

D. ARSÉNICO Y SU TOXICIDAD.

El arsénico es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el ambiente se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico. El arsénico en animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico. (6)

La dosis letal de trióxido de arsénico es de alrededor de 120 mg/kg. En E.E.U.U. los residuos permisibles en alimentos están limitados a 1.4 mg/kg en la ley federal. El límite de exposición para el arsénico, ácido arsénico, arsenatos, arsenitos y otros compuestos derivados de arsénico, es de 0.5 mg/m³ de aire (NIOSH 0.002 mg/m³). Los arsenicales orgánicos, como la arsfenamina, acetarsona, ácido metanoarsónico y ácido dimetilarsínico (cacodílico) liberan arsénico lentamente y, por lo tanto, no causan intoxicación aguda, aunque ha ocurrido al menos una muerte por el uso vaginal de supositorios de acetarsona. La dosis letal para estos compuestos se calcula en 0.1 a 0.5 g/kg. (15)

El arsénico causa toxicidad al combinarse con enzimas de sulfhidrilo (-SH) e interfiere con el metabolismo celular. (15)

Si la muerte ocurre en el lapso de algunas horas, la mucosa gástrica muestra inflamación sin otros cambios histopatológicos. Si la muerte ocurre después de varias horas de la intoxicación, el examen histopatológico muestra cambios inflamatorios y descamación parcial de la mucosa intestinal. Los capilares del tubo digestivo se encuentran distendidos y existe equimosis. (15)

1. Fuentes de arsénico.

a. **Fuentes naturales.** En la naturaleza, el arsénico se encuentra libre y combinado en un gran número de minerales. Generalmente se encuentra en forma pentavalente. Existen más de 150 minerales que lo contienen; algunos de éstos son:

Arsenolita (As_2O_3)

Mispíckel ($\text{FeS}_2 \cdot \text{FeAs}_2$)

Oropimento (As_2S_3)

Rejalgar (As_2S_2)

Cobaltita (CoAsS) (2)

Como arseniuros, tenemos por ejemplo:

AsCo_2 ; As_2Fe y As_3Fe_4 ; AsNi ; AsNiS ; etc. (1)

En promedio, el contenido de arsénico en la corteza terrestre es de 2 mg/L. No obstante, su distribución es muy heterogénea; en los suelos que yacen sobre depósitos de sulfuros, se ha encontrado en concentraciones de hasta 8000 mg/kg. El arsénico se encuentra frecuentemente en aguas naturales a las que llega por la erosión de rocas superficiales y volcánicas. (1)

Por lo común, las aguas superficiales tienen bajos contenidos de arsénico. En cambio, en los casos de vertientes calientes, dichas concentraciones pueden ser muy elevadas. (1)

Tabla No.1. Fuentes naturales de exposición al arsénico y sus derivados.

Fuentes naturales		
Suelos		Vegetales
Rocas		tejidos animales (mariscos, carne de cerdo, hígado)
Aguas		Sal
Formas:		
Por lo general pentavalente		
Arsenolita	As_4O_6	Arseniuros $AsCo_2$
Rejalgar	As_2S_2	As_2Fe
Oropimento	As_2O_3	As_3F_4
Mispíckel	$AsFeS$	$AsNi$
Cobaltita	$AsCoS$	$AsNiS$

(1)

b. Fuentes antropogénicas. La mayor parte del arsénico que existe en el agua y en el medio ambiente proviene de la actividad humana. Los productos generados por el hombre incluyen el arsénico metálico, el pentóxido y el trióxido (As_2O_5) y (As_2O_3), los arseniatos de calcio y plomo, $Ca_3(AsO_4)_2$, $Pb(AsO_4)_2$; los arsenicales orgánicos, etc. (1)

Estas sustancias pasan al medio ambiente durante su empleo como insecticidas o herbicidas, en cultivos tan variados como la vid, el algodón, verduras, tomates, café, cocoa, etc. También se emplean como esterilizantes del suelo, como preservadores de maderas para estacas o como antiparasitarios en baños para ovejas y cabras. (1)

El arsénico metálico se usa en aleaciones de plomo y cobre y en la fabricación de semiconductores. Debido a su frecuente presencia en los minerales, no es de extrañar que se produzcan descargas intensas de arsénico al medio ambiente a partir de los gases de chimeneas y líquidos de descarga industrial provenientes de fundiciones de minerales, especialmente los no ferrosos, tales como cobre, estaño y cobalto, entre otros. (1)

También hay emisiones de arsénico provocadas por los hornos de las fábricas que usan carbón, los hornos de productoras de vidrio que emplean este elemento para eliminar el tinte verdoso y por otros procesos de combustión. (1)

Dadas las variadas fuentes de arsénico, tanto naturales como antropogénicas, no resulta extraño que los vegetales y animales lo capten y que llegue al hombre a través de los alimentos. (1)

En estudios realizados en Estados Unidos, se determinó que en la dieta promedio existen concentraciones de arsénico de entre 0.05 y 0.16 mg/kg. Algunos alimentos, como los mariscos, mostraron concentraciones mucho más altas que oscilaron, según el producto, entre 15.9 y 45.8 mg/kg. (1)

Los usos de los compuestos de arsénico en medicina humana y veterinaria son una fuente adicional de exposición para el hombre. Los usos de estos productos en humanos han disminuido notablemente, no así las aplicaciones veterinarias. (1)

Tabla No. 2. Fuente antropogénicas de exposición al arsénico y sus derivados.

Fuentes antropogénicas	
Forma: por lo general trivalente.	
As:	Subproducto de función de metales
	Aleaciones con plomo y cobre
As ₂ O ₅ :	Preparación de arseniatos que se usan como defoliantes; plaguicidas, preservadores de madera.
As ₂ O ₃ :	Insecticida en viñedos; baños para cabras y ovejas; fungicida en estacas de madera; esterilizante de suelos; decoloración de vidrio.
Arsenicales orgánicos:	Terapéutica humana y veterinaria
Combustión de choque	

(1)

Los compuestos inorgánicos de arsénico se usan principalmente para preservar madera. El cobre cromato arsenado (CCA) se usa para producir madera “presurizada”. Los compuestos orgánicos de arsénico se usan como plaguicidas, principalmente en cosechas de algodón. (6)

El arsénico ocurre naturalmente en el suelo y en minerales y, por lo tanto, pueden entrar al aire, al agua y a suelos en otras áreas en polvo que arrastra el viento y puede entrar al agua en efluente de lluvia o en agua que se filtra a través del suelo. (6)

El arsénico no puede ser destruido en el ambiente. Solamente puede cambiar de forma. La lluvia y la nieve remueven las partículas de polvo con arsénico del aire. Muchos compuestos comunes de arsénico pueden disolverse en agua. La mayor parte del arsénico en el agua terminará eventualmente en el suelo o el sedimento. Los peces y mariscos pueden acumular arsénico; la mayor parte de este arsénico está en una forma orgánica llamada arsenobetaina, que es mucho más peligrosa. (6)

2. Intoxicación aguda.

- *Ingestión:* después de la ingestión de grandes cantidades de arsénico (10 veces la dosis letal media), los síntomas iniciales son como de gastroenteritis intensa: dolor esofágico urente, vómito, diarrea abundante, acuosa o sanguinolenta que contiene restos de mucosa. Posteriormente, la piel se torna fría y pegajosa, la presión arterial disminuye y la astenia es notable. La muerte no es inmediata ocurre ictericia y oliguria después de 1 a 3 días. Las dosis cercanas a la dosis letal media causan inquietud, náuseas, vómito, cefalea, mareos, escalofríos, calambres, irritabilidad y parálisis variable, que evolucionan en el lapso de varias semanas; también se presentan arritmias ventriculares. (15)

- *Inhalación:* la inhalación de polvos de arsénico causan edema pulmonar agudo, inquietud, disnea, cianosis, tos con esputo espumoso y estertores. (15)

3. Intoxicación crónica. Se presentan las siguientes afecciones en forma variable:

- SNC: polineuritis, neuritis óptica, hipersensibilidad, parestesias como dolor urente en manos y pies. (15)
- Piel: color bronceado, alopecia, edema localizado, dermatitis. (15)
- Tubo digestivo: cirrosis hepática, náusea, vómito, dolor abdominal tipo cólico, sialorrea. (15)
- Efectos generales: anemia y pérdida de peso. Se reportan anemia aplásica, leucopenia y anemia. (15)
- Sistema cardiovascular y renal: nefritis crónica, insuficiencia cardíaca, edema por declive. (15)
- La administración de triparasamida causa deterioro visual y atrofia del nervio óptico. (15)
- El melarsoprol ocasiona daño cardíaco leve, hipertensión, neuritis, cólicos, proteinuria y, en casos aislados, muerte. (15)
- El glicobiarsol causa reacciones de sensibilidad y hepatitis después de la administración oral. (15)
- La acetarsona (acetarsol) causa dermatitis por sensibilidad, dermatitis exfoliativa, ictericia y edema angioneurótico. (15)
- El arsénico y sus componentes son carcinógenos para la piel, pulmones e hígado, así como para otros sistemas orgánicos. (15)

4. Datos de laboratorio.

a. Intoxicación aguda:

- La orina contiene eritrocitos, proteínas y cilindros. Los arsénicos inorgánicos exceden 1mg/24h. (15)

- Los compuestos derivados del arsénico tienen un aspecto similar al material radiopaco como bario después de su ingestión. (15)
- En intoxicaciones mortales con arsénico, las concentraciones sanguíneas varían de 1 a 15 $\mu\text{g/mL}$. (15)
 - b. Intoxicación crónica:
 - La excreción urinaria de arsénico inorgánico a una velocidad superior a 100 $\mu\text{g}/24\text{h}$ o una concentración sanguínea de arsénico inorgánico por arriba de 0.1 mg/L indican exposición a estas sustancias. (15)
 - Ocurre alteración de la función hepática o renal. (15)
 - La biometría hemática muestra leucopenia con neutrofilia, al mismo tiempo que anemia. (15)

5. Diagnóstico. Existen pruebas para medir la cantidad de arsénico en la sangre, la orina, el cabello y las uñas. La prueba de orina es la más confiable para determinar exposición reciente al arsénico. Las pruebas del cabello y las uñas pueden indicar exposición a niveles altos de arsénico en los últimos 6 a 12 meses. Estas pruebas pueden determinar si se ha estado expuesto a niveles de arsénico sobre lo normal, pero no pueden predecir si le afectará la salud. (6)

Concentraciones de arsénico en orina inferiores a 10 $\mu\text{g/L}$ son considerados como normales, cuando sobrepasan los 100 $\mu\text{g/L}$ hay que investigar la procedencia de dicho arsénico y superiores a 200 $\mu\text{g/L}$ deben considerarse como valores tóxicos, debiendo tener en cuenta que desaparece a los pocos días de la exposición y que muchas veces una ingesta rica en arsénico, por ej. Pescado, puede dar valores superiores a los mencionados anteriormente. (13)

Concentraciones en sangre > 100-500 $\mu\text{g/L}$ se consideran tóxicas. (13)

Concentraciones de arsénico en cabello o uñas por encima de 5mg/Kg son patológicas, y se pueden medir entre los seis a doce meses de la exposición. (13)

6. Prevención de intoxicación con arsénico. Almacenar de forma segura el arsénico. Observar en todo momento el límite de exposición de arsénico. El tratamiento ácido de metales o la dilución de las aguas residuales del ácido se realiza con control adecuado de los gases. (15)

7. Tratamiento de intoxicaciones.

a. Intoxicación aguda.

1) Tratamiento de urgencia: eliminar el arsénico ingerido mediante lavado gástrico o induciendo el vómito, continuando con catárticos salinos. (15)

2) Antídoto: administrar dimercaprol por dos días y después penicilamina o succímero. Interrumpir la administración del antídoto cuando las concentraciones de arsénico en orina se encuentre por debajo de 500 µg/24h. (15)

3) Medidas generales:

- Tratar la deshidratación con la administración de glucosa al 5% en solución salina normal, por vía intravenosa.
- El estado de choque.
- El edema pulmonar.
- La anuria.
- El daño hepático.
- En intoxicaciones graves utilizar hemodiálisis después del tratamiento con dimercaprol para eliminar la combinación de dimercaprol y arsénico.

(15)

b. Intoxicación crónica.

Se evita la exposición adicional y se administra dimercaprol o penicilamina. Los signos de intoxicación con arsénico desaparecen con lentitud. (15)

8. Pronóstico de intoxicaciones con arsénico. En intoxicación aguda con arsénico, la supervivencia por más de una semana continúa con recuperación completa; en casos de intoxicación crónica por arsénico ésta requiere de seis meses a un año. (15)

9. Medio ambiente. La Agencia de Protección del Ambiente (EPA por sus siglas en inglés *Environmental Protection Agency*) ha establecido límites para la cantidad de arsénico que las industrias pueden liberar al ambiente y ha restringido o cancelado muchos de los usos del arsénico en plaguicidas. La EPA ha establecido un límite de 0.01 partes por millón (mg/L) para arsénico en el agua potable. (6)

10. Arsénico en el agua. En aguas superficiales y subterráneas el arsénico inorgánico tiende a adsorberse en la materia en suspensión, sedimentos y fracción sólida del suelo, especialmente a las arcillas, óxidos de hierro, hidróxidos de aluminio, compuestos de manganeso y materia orgánica. (11)

En aguas ácidas y neutras, el As (V) se adsorbe fuertemente a los sedimentos, mientras que el As (III) lo hace más débilmente. El ácido arsénico es considerablemente más fuerte que el ácido arsenioso ($pK_a=2.22$; 6.98 y 11.53 para los sucesivos equilibrios de disociación del H_3AsO_4 ; y $pK_a = 9.23$; 12.13 y 13.40 para el H_3AsO_3), por lo que en las condiciones de pH de las aguas naturales se encuentra en forma iónica, que se adsorbe fuertemente a las

arcillas y los óxidos e hidróxidos de hierro, manganeso y aluminio. La adsorción del arsénico en ambos estados de oxidación disminuye en medios alcalinos. (11)

El estado de oxidación predominante, tanto en suelos como en aguas, depende del potencial redox del medio. En medios oxidantes, con altas concentraciones de oxígeno, predomina el As (V), mientras que el As (III) la forma más abundante en ambientes reductores. En aguas naturales bien oxigenadas la forma más abundante de arsénico es el arseniato soluble, más estable termodinámicamente en medio acuoso que el arsenito. (11)

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que tanto la reducción de As (V) a As (III) como la oxidación contraria son procesos lentos, por lo que es posible detectar As (V) en medios poco oxigenados y As (III) en medios oxidantes. (11)

IV. MARCO METODOLÓGICO

A. Objetivos.

1. Generales.

- Evaluar el nivel de arsénico presente en el agua subterránea de los pozos de Tierra Nueva, Chinautla.
- Generar información acerca de la presencia de arsénico en agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla.

2. Específico.

- Cuantificar la cantidad de arsénico presente en el agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla.
- Informar a las autoridades acerca de la presencia de arsénico en el agua subterránea.

B. Hipótesis.

Los niveles de arsénico en el agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla se encuentran dentro del límite permisible que indica la norma COGUANOR NGO 29001:99.

C. Variable independiente.

- Nivel actual de arsénico en el agua subterránea.
- Totalidad de pozos del municipio de Chinautla.

D. Variable dependiente.

- Zona geográfica, cercana a fuentes con presencia de arsénico.
- Pozos muestreados en Tierra Nueva Chinautla.

E. Universo de trabajo.

Totalidad de los pozos de agua de Tierra Nueva, Chinautla.

Los pozos son:

- Nuevo Amanecer.
- Maranatha.
- Alcaldía Auxiliar.
- La Bendición.
- 24 de agosto.

F. Muestra (población accesible).

Cuatro muestras de agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla.

Los pozos muestreados serán:

- Nuevo Amanecer.
- Maranatha.
- Alcaldía Auxiliar.
- 24 de agosto.

G. Procedimiento

1. Equipo.

Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito.

2. Preparación de soluciones estándar.

- Solución stock: disolver 1,320 g de trióxido de arsénico, As_2O_3 grado analítico, en 100 mL de agua desmineralizada conteniendo 4 g de NaOH. Acidificar la solución con 20 mL de HNO_3 concentrado y diluir a 1 litro. 1 mL = 1 mg As (1000 mg/L). (5)
- Solución nitrato de níquel, 5%: disolver 24,780 g de $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ grado reactivo en agua desmineralizada y aforar a 100 mL. (5)
- Solución nitrato de níquel, 1%: disolver 20 mL de la solución nitrato de níquel 5% en 100 mL de agua desmineralizada. (5)
- Solución de trabajo de arsénico: Preparar las diluciones de la solución madre para utilizarse como estándares de calibración, realizar al analizar. Retirar alícuotas adecuadas de la solución madre y agregar 1 mL de HNO_3 , 2 mL de H_2O_2 30% y 2 mL de solución nitrato de níquel 5%. Diluir a 100 mL con agua desmineralizada. (5)

3. Preparación de la muestra.

- Transferir 100 mL de la muestra bien mezclada a un beaker, agregar 2 mL de H_2O_2 30% y HNO_3 concentrado, suficiente para obtener una concentración de ácido 1% (v/v). Calentar a 95°C por una hora o hasta que el volumen disminuya a 50 mL. (5)
- Dejar enfriar y llevar a 50 mL con agua desmineralizada. (5)
- Pasar 5 mL de esta solución digerida a un balón volumétrico de 10 mL, agregar 1 mL de la solución nitrato de níquel 1% y aforar con agua desmineralizada. La muestra está lista para inyectarse al horno de grafito. (5)
- NOTA: Si la solubilización o digestión no se requiere, ajustar la concentración de HNO_3 de la muestra a 1% (v/v), agregar 2 mL de H_2O_2

30% y 2 mL de nitrato de níquel 5% a cada 100 mL de la muestra. El volumen de la solución estándar de calibración debe ajustarse con agua desmineralizada para coincidir con el volumen de la muestra. (5)

4. Parámetros del equipo.

- Tiempo de secado y temperatura: 30 seg-125°C
- Tiempo de incineración y temperatura: 30 seg- 1100°C
- Tiempo de atomización y temperatura: 10 seg- 2700°C
- Purgación del gas atmosférico: argon
- Longitud de onda: 193,7 nm

(5)

H. Diseño de investigación.

Muestrear la totalidad de los pozos, tomando un (1) litro de agua, cuantificar la cantidad de arsénico por triplicado.

I. Análisis estadístico.

Utilizar inferencia estadística con la presentación de los resultados en tablas y gráficas. Se usa para modelar patrones en los datos y extraer inferencias acerca de la población de estudio. Estas inferencias pueden tomar la forma de repuestas a preguntas si/no (prueba de hipótesis).

V. MARCO OPERATIVO

A. Recabación y tratamiento de los datos.

Se colectaron las muestras directamente de los pozos de Tierra Nueva, Chinautla, en envases de polietilentereftalato (PET) transparente de 2 litros de capacidad, con tapa de rosca.

Se efectuó el análisis de las muestras por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, para medir la cantidad de arsénico presente en la muestra.

B. Recursos.

1. Recursos humanos

- Autora: Bachiller Mónica José Barahona González
- Asesora: Licenciada Carolina Guzmán Quilo

2. Recursos materiales

a. Equipo:

- Espectrofotómetro de absorción atómica Thermo elemental M5 con horno de grafito.
- Lámpara de arsénico.

b. Reactivos:

- Trióxido de arsénico As_2O_3 estándar
- Hidróxido de sodio NaOH
- Ácido Nítrico HNO_3
- Nitrato de níquel $Ni(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$
- Peróxido de hidrógeno H_2O_2

c. Materiales:

- Frascos de polietilentereftalato (PET) transparente de 2 litros de capacidad con tapa de rosca para el muestreo.
- Cristalería general de laboratorio.

d. Lugares donde se llevará a cabo la investigación

- Muestreo en Tierra Nueva I y Tierra Nueva II
- Análisis de laboratorio: Universidad del Valle de Guatemala, ECOSISTEMAS.

VI. RESULTADOS

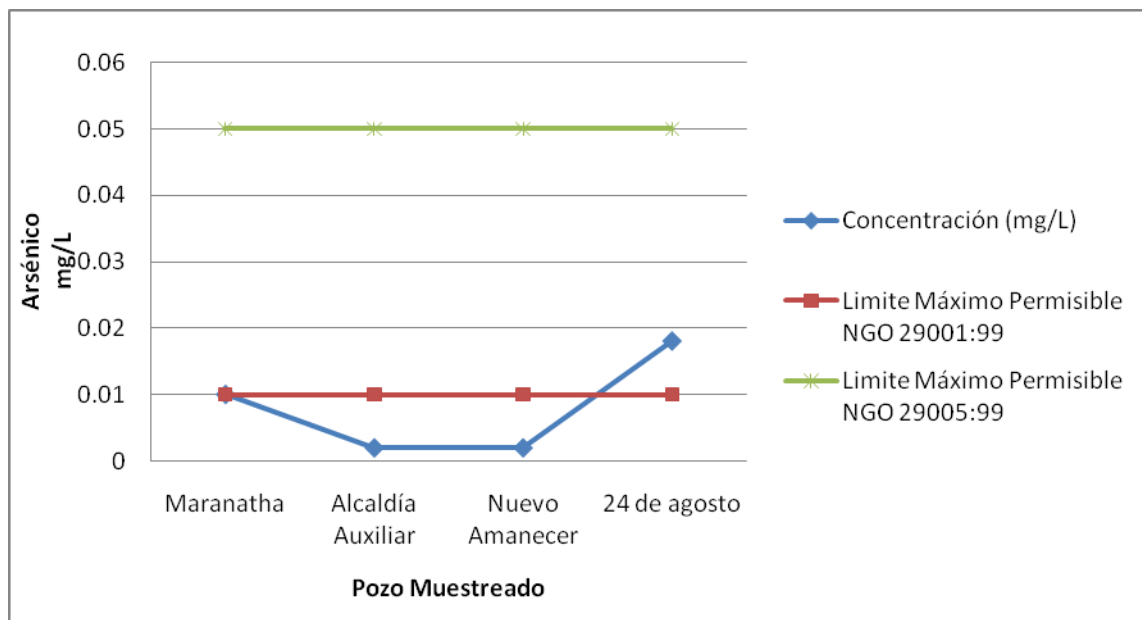
Tabla No 3. Concentración de arsénico en pozos de agua subterránea muestreados en Tierra Nueva, Chinautla.

Pozo	Concentración (mg/L)
Maranatha	0,010
Alcaldía Auxiliar	< 0,002
Nuevo Amanecer	< 0,002
24 de agosto	0,018

Tabla No. 4. Límites máximos permisibles de arsénico según la norma COGUANOR para agua potable y agua envasada para consumo humano

Límite Máximo Permisible NGO 29001:99 Agua potable (mg/L)	Límite Máximo Permisible NGO 29005:99 Agua envasada para consumo humano (mg/L)
0,01	0,05

Grafica 1. Valores de arsénico encontrados en los pozos subterráneos de Tierra Nueva, Chinautla.



VII. DISCUSIÓN

En esta investigación se realizó el análisis cuantitativo de arsénico del agua subterránea de los pozos de Tierra Nueva, Chinautla. El análisis se efectuó mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar los niveles de arsénico presentes en el agua subterránea de los pozos de Tierra Nueva, Chinautla; el cual fue alcanzado al obtener los resultados de la cuantificación de Arsénico en los pozos de Tierra Nueva, Chinautla. Estos resultados generaron información fiable acerca de la presencia de arsénico en el agua subterránea de los pozos de Tierra Nueva, Chinautla.

En la Tabla No. 1 se puede observar que en la muestra de los pozos Alcaldía Auxiliar y Nuevo Amanecer no se detectó presencia de arsénico, el valor de arsénico en estos pozos es menor a 0,002mg/L. Por lo que la población que utiliza esta agua, no está expuesta a concentraciones significativas del metal pesado, como para desarrollar una intoxicación crónica.

En la Gráfica No. 1 se observan las diferencias en concentraciones obtenidas para la cuantificación de arsénico en agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla. Esta diferencia puede deberse a que no todos los pozos se alimentan del mismo afluente.

Como se puede observar en la Tabla No. 1, únicamente el pozo 24 de agosto se encuentra por encima del nivel máximo permisible de arsénico, la cantidad encontrada fue de 0,018 mg/L lo cual excede el límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR. Se determina en literatura que la exposición crónica es peligrosa, para los seres humanos, ya puede provocar alteraciones cardíacas, vasculares, neurológicas, lesiones hepáticas y renales, repercusiones en el aparato respiratorio y lesiones cutáneas, que

avanzan progresivamente hasta neoplasias; todas estas son complicaciones a largo plazo por una exposición constante a arsénico, pueden observarse por exposición continua.

El agua se utiliza para consumo, por lo que únicamente es clorada y utilizada como agua embotellada. Se revisó la norma COGUANOR NGO 29005:99 agua envasada para consumo humano y se observó que el límite máximo permisible de arsénico en agua embotellada es de 0,05 mg/L (ppm) valor que excede en 0,04 mg/L (ppm) al límite máximo permisible del agua potable.

La hipótesis a ser aprobada o rechazada era la siguiente: “los niveles de arsénico en el agua subterránea de Tierra Nueva, Chinautla se encuentran dentro del límite permisible que indica la norma COGUANOR NGO 29001:99”. Esta hipótesis es rechazada ya que según los resultados obtenidos se encontró que uno de los pozos se encuentra por encima de los niveles de arsénico, permitidos en Guatemala, en el agua subterránea.

Es importante destacar que esta investigación se llevo a cabo durante época lluviosa, durante la cual hay mayor lixiviación y el agua tiende a contaminarse con los minerales y metales que se encuentran presentes en el suelo, por lo tanto se debe determinar la presencia de arsénico en el suelo ya que pasa a la capa freática por medio de la recarga natural de ésta.

VIII. CONCLUSIONES

- Se encontró una concentración de arsénico de 0,010 mg/L (ppm) en el pozo Maranatha de Tierra Nueva, Chinautla.
- Se encontró una concentración de arsénico de 0,018 mg/L (ppm) en el pozo 24 de agosto de Tierra Nueva, Chinautla.
- No se detectó presencia de arsénico en los pozos de la Alcaldía Auxiliar y Nuevo Amanecer de Tierra Nueva, Chinautla.
- Se rechaza la hipótesis nula, ya que se encontró que un pozo tiene concentración de arsénico que excede el límite máximo permisible, según la norma COGUANOR NGO 29001:99 de agua potable, aunque cumple con la norma COGUANOR NGO 29005:99 de agua embotellada para consumo humano.

IX. RECOMENDACIONES

A las autoridades municipales de Chinautla:

- Determinación de metales pesados para todos los pozos del municipio como mínimo dos veces al año, al inicio de la época.
- Análisis de pelo o uñas para determinar exposición crónica por Arsénico, en parte de la población de Tierra Nueva Chinautla.
- Evaluación de la presencia de arsénico en el subsuelo.

A COGUANOR:

- Comparación de las normas NGO 29001 agua potable y NGO 29005 Agua envasada para consumo humano y determinar los límites máximos permisibles de arsénico para cada una de ellas conforme a los parámetros internacionales y evitar contradicciones.

X. REFERENCIAS

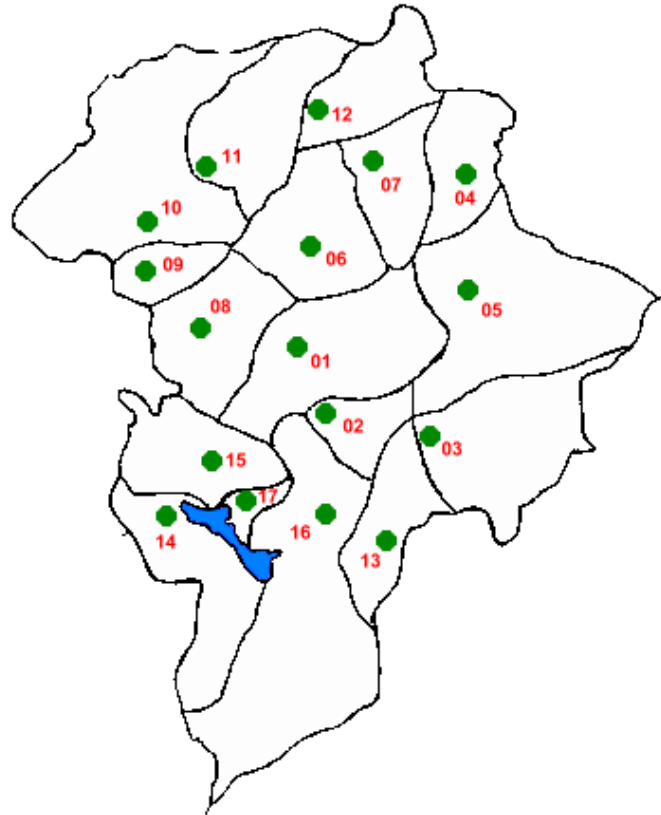
1. Albert, Lilia. 1988. *CURSO BÁSICO DE TOXICOLOGÍA AMBIENTAL*. Segunda edición. México D.F. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 311 pp
2. *Arsenic in Drinking Water* 2000. World Health Organization. Fact Sheet No. 210 on arsenic in drinking water. Geneva, Switzerland. 60pp
3. Capó, Miguel Andrés. 2002. *PRINCIPIOS DE ECOTOXICOLOGÍA*. Madrid, España. Mcgraw-Hill/Interamericana de España, S.A. 336 pp
4. El agua. Entrevista con el Sr. César Morales. Encargado de los pozos de Tierra Nueva I y Tierra Nueva II. 17 agosto 2007. Duración 15 minutos.
5. EPA *Methods and Guidance for Analysis of Water, Version 2.0'* This CD-ROM was developed by the USEPA (EPA) Office of Water (OW) to increase public access to EPA wastewater and drinking water test methods. This CD-ROM includes all EPA wastewater test methods approved at 40 CFR 136, all EPA drinking water test methods approved at 40 CFR 141, and various EPA guidance documents related to EPA's wastewater and drinking water programs. New and revised EPA OW methods and guidance documents will be added to the CD-ROM during periodic updates. The software includes a robust text search engine to allow searches by method number, analyte name, and key words. All methods, guidance documents, and graphics have been converted to Adobe Acrobat Portable Document Format (PDF) to facilitate efficient text searches. Available through: NTIS Item #PB84-128677, (800) 553-6847 or (703) 605-6000 or order from the Web at: <http://www.ntis.gov/product/environmental-test-methods.htm>

6. Estados Unidos de América. 2005. *Reseña Toxicológica del Arsénico*. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Atlanta, Georgia, Estados Unidos de América. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU. Servicio de Salud Pública. <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>
7. Guatemala. 2002. COGUANOR. *NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA. Agua Potable*. COGUANOR, NGO 29001:99 Publicada en el Diario Oficial del 18 de octubre de 2002. 22pp
8. Guatemala. 2007. *Monografía de Chinautla*. Municipalidad de Chinautla. Alcaldía Municipal de Chinautla. Chinautla, Guatemala. 21 pp. http://www.munichinautla.com/site/monografia/monografia_chinautla.htm
9. *Mapa de Guatemala*. http://209.15.138.224/inmochapin/m_guatemala.htm
10. Miliarium Aureum, S.L. 2004. *La contaminación de agua por Arsénico*. <http://www.miliarium.com/monografias/Arsenico/welcome.asp>
11. Moreno, Maria Dolores. 2003. *Toxicología Ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana*. Madrid, España. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. 384 pp
12. Nebel, Bernard; Wright, Richard. 1999. *CIENCIAS AMBIENTALES. Ecología y desarrollo sostenible*. Sexta edición. México D.F. Prentice may Hispanoamericana, S.A. 698 pp
13. *Salud, seguridad y medio ambiente en la industria*. 2002. Estructplan, Consultora S.A. Argentina. www.estrucplan.com.ar
14. *STANDARD METHODS for examination of water and wastewater*. 1995. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. 19th edition. United States of America. American Public Health Association. Washington, DC. 1368 pp

15. True, Bev-Lorraine.; Dreisbach, Robert. 2002. *Manual de toxicología clínica de Dreisbach: prevención, diagnóstico y tratamiento*. Séptima edición. México D.F. Editorial El Manual Moderno. 572 pp
16. Tyler, Miller G. 2002. *CIENCIA AMBIENTAL. Preservemos la Tierra*. Quinta edición. México D.F. Thomson Editores, S.A. de C.V. 472 pp

XI. ANEXOS

Anexo No. 1. Área geográfica del departamento de Guatemala



- | | | | |
|----|------------------------|-----|-----------------------|
| 1. | Guatemala | 10. | San Juan Sacatepéquez |
| 2. | Santa Catarina Pinula | 11. | San Raymundo |
| 3. | San José Pinula | 12. | Chuarrancho |
| 4. | San José del Golfo | 13. | Fraijanes |
| 5. | Palencia | 14. | Amatitlán |
| 6. | Chinautla | 15. | Villa Nueva |
| 7. | San Pedro Ayampuc | 16. | Villa Canales |
| 8. | Mixco | 17. | San Miguel Petapa |
| 9. | San Pedro Sacatepéquez | | |

(9)

Anexo No. 2. Carta enviada al señor alcalde de Chinautla,
Arnoldo Medrano.



Guatemala, 14 de julio de 2007

Señor Alcalde Municipal
Edgar Arnoldo Medrano Menéndez
Chinautla

Estimado Sr. Medrano:

Mi nombre es Mónica José Barahona, estudio Licenciatura de Química Farmacéutica en la Universidad del Valle de Guatemala, me encuentro cursando el último semestre de mi carrera y como tramite de graduación debo realizar un estudio de campo como trabajo de graduación (tesis).

Dado la problemática actual de contaminación de agua por metales pesados, decidí realizar mi trabajo de graduación en el área de toxicología ambiental. Por lo que, le solicito me autorice el estudio de monitoreo del Arsénico en agua subterránea del casco central del municipio de Chinautla, Guatemala.

El estudio consistiría en tomar muestras del agua subterránea de los pozos del casco central; las muestras serían analizadas en el laboratorio del Centro de Información y Asistencia Toxicológica (CIAT).

Los resultados obtenidos no serán publicados más allá del informe del trabajo de graduación y serán tratados con confidencialidad.

Los asesores del estudio son: Lic. Carolina Guzmán, Directora del CIAT e Ing. Jorge Mario Estrada, Laboratorio del INFOM.

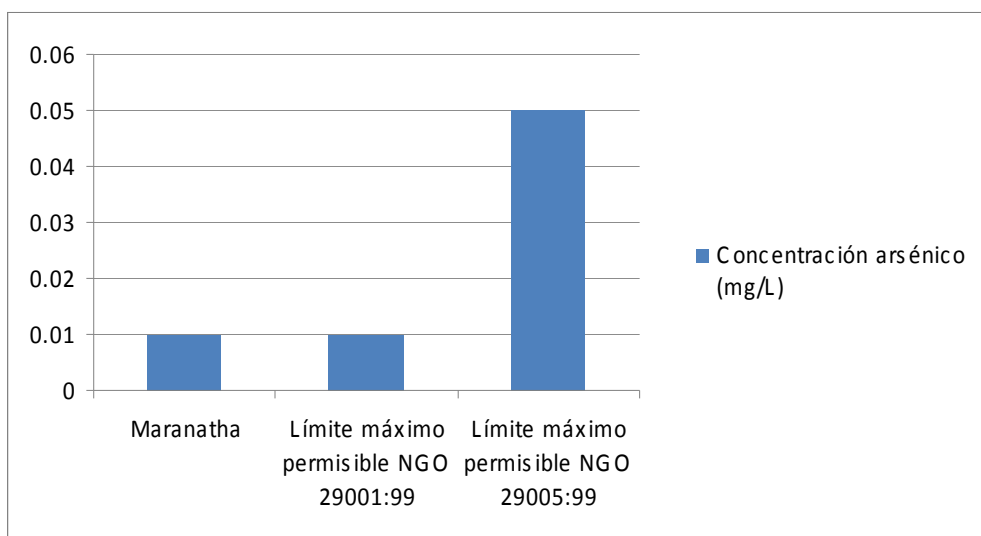
Agradeciendo de antemano su respuesta.

Atentamente,

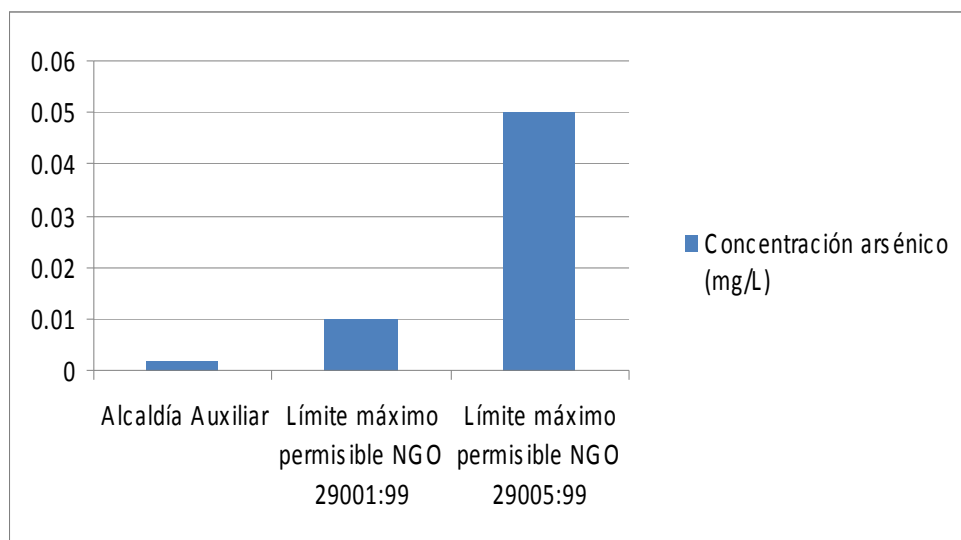
Mónica José Barahona Gonzalez

Anexo No. 3. Gráficas de resultados.

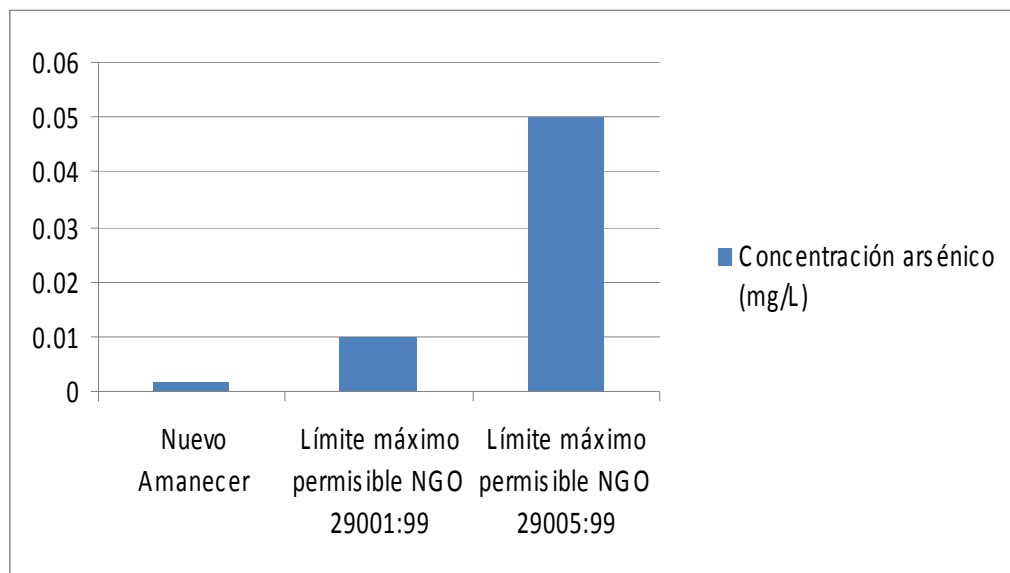
Gráfica 2. Comparación de concentración de arsénico en pozo Maranatha y los límites permisibles de las normas COGUANOR 29001:99 y 29005:99.



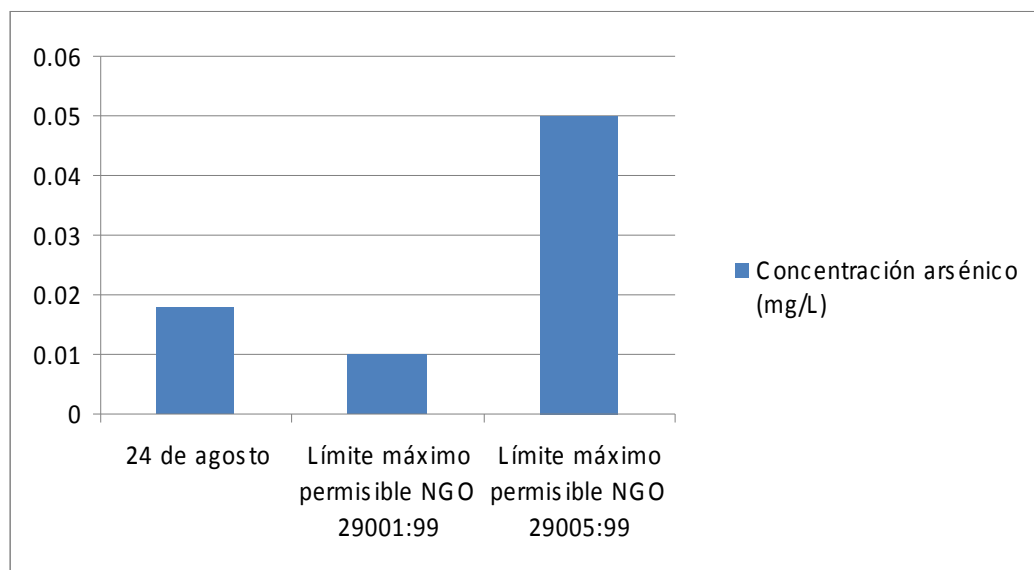
Gráfica 3. Comparación de concentración de arsénico en pozo Alcaldía Auxiliar y los límites permisibles de las normas COGUANOR 29001:99 y 29005:99.



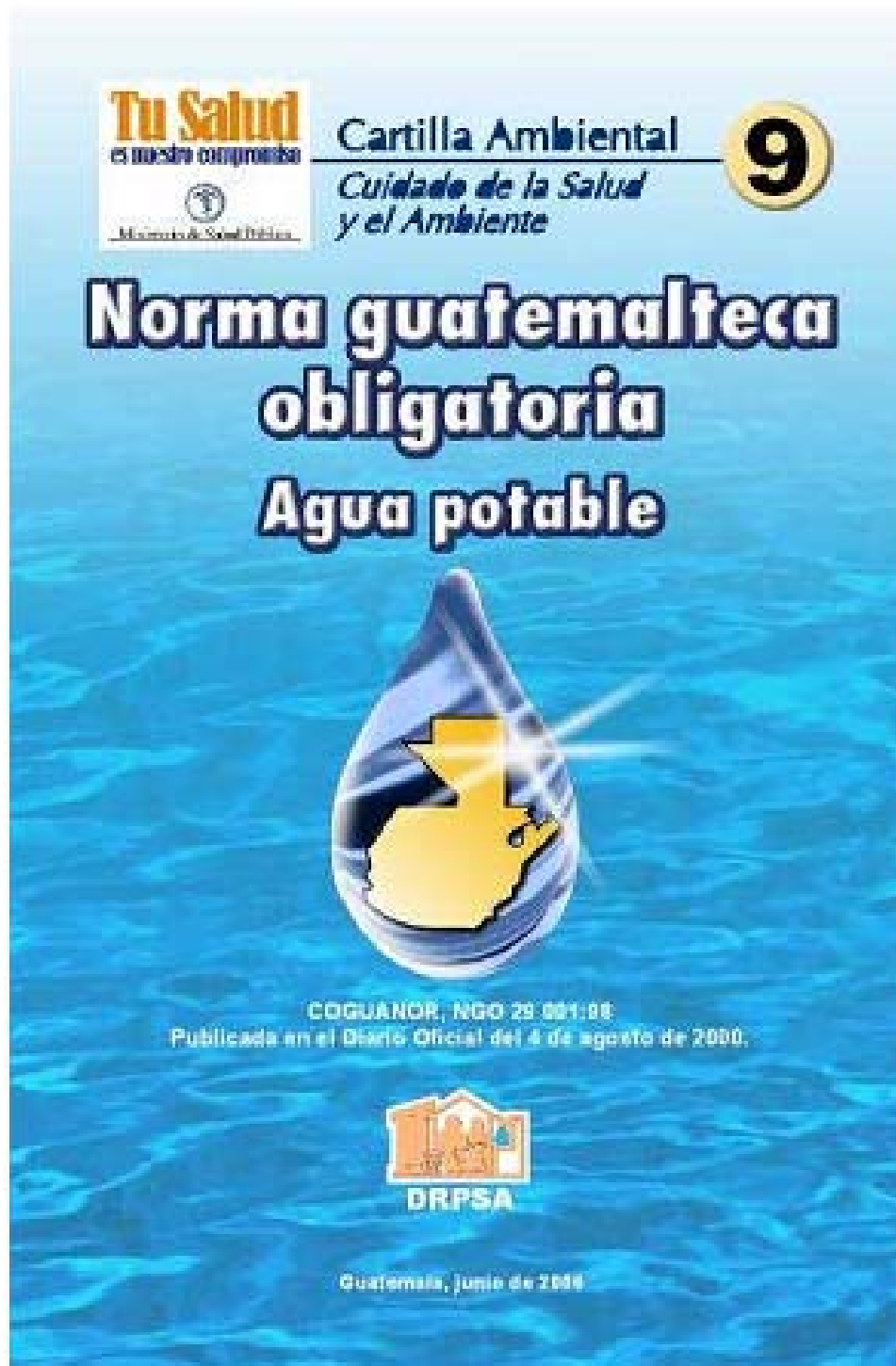
Gráfica 4. Comparación de concentración de arsénico en pozo Nuevo Amanecer y los límites permisibles de las normas COGUANOR 29001:99 y 29005:99.



Gráfica 5. Comparación de concentración de arsénico en pozo 24 de Agosto y los límites permisibles de las normas COGUANOR 29001:99 y 29005:99.



Anexo No. 4. Norma Guatemalteca obligatoria. Agua potable.
COGUANOR NGO 29001:99



PRESENTACIÓN

El Departamento de Regulación de los Programas de la Salud y Ambiente, DRPSA, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS, ha realizado la presente publicación a fin de divulgar la Norma COGUANOR NGO 29001.

El propósito es poner en las manos del usuario una copia de esta valiosa herramienta que tabula los límites máximos aceptables y límites máximos permisibles de compuestos químicos, características sensoriales, biocidas y límites bacteriológico; así como las concentraciones que debe tener el agua clorada y a los métodos de análisis bacteriológicos: método de membrana de filtración y método de los tubos múltiples de fermentación, todos relacionados con la calidad que debe de cumplir el agua para consumo humano.

La Norma NGO 29001 es de cumplimiento Nacional y es el estándar de comparación para los parámetros de calidad de agua.

**AGUA POTABLE. Especificaciones.
COGUANOR NGO 29 001:99 1ª. Revisión**

Esta norma constituye la primera revisión a la norma COGUANOR NGO 29 001 AGUA POTABLE. Especificaciones, publicada en el Diario oficial del 18 de octubre de 1985, a la cual sustituye.

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable.

2. NORMAS COGUANOR A CONSULTAR

COGUANOR NGO 4 010	Sistema internacional de unidades (SI)
COGUANOR NGO 29 011h2	Aguas. Ensayos físicos. Determinación del color método de referencia.
COGUANOR NGO 29 011h12	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de la turbiedad.
COGUANOR NGO 29 012h14	Aguas. Determinación de metales. Dureza.
COGUANOR NGO 29 012h15	Aguas. Determinación de metales. Hierro.
COGUANOR NGO 29 013h3	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Alcalinidad.
COGUANOR NGO 29 013h7	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cloruro.
COGUANOR NGO 29 013h13	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Fluoruro.
COGUANOR NGO 29 013h18	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrato)
COGUANOR NGO 29 013h19	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito).
COGUANOR NGO 29 013h21	Aguas. Determinación de constituyentes orgánicos no metálicos Oxígeno disuelto. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 013h23	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial hidrógeno (pH).

3. DEFINICIONES

3.1. Agua potable. Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

3.2. Cloro. Es el elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso oxidante, dos y media veces más pesado que el aire.

Nota 1. El cloro es, sin duda alguna, el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles.

3.3. Límite máximo aceptable (LMA). Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

3.4. Límite máximo permisible (LMP) Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.

3.5. Características físicas. Son aquellas características relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad.

3.6. Características químicas. Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad.

3.7. Características bacteriológicas. Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad.

3.7.1. Grupo coliforme total. Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en un período de 24 h - 48 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. Para el caso de la determinación del grupo coliforme total empleando el método de membrana de filtración, se definirá como todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) después de una incubación de 24 h a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.7.2. Grupo coliforme fecal . Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas a $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en un período de $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$ cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. En el método de filtración en membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un período de $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$. Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente.

3.8. *Escherichia coli.* Son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C ó 44.5°C con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptofano.

Nota 2. La confirmación de que en verdad se trata de *Escherichia coli* se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo, la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbón. La *Escherichia coli* es el indicador más preciso de contaminación fecal.

4. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

4.1. Características físicas.

Tabla 1. Características sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto		
(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

4.1.1. Conductividad eléctrica. El agua potable deberá tener una conductividad de 100 $\mu\text{S/cm}$ a 750 $\mu\text{S/cm}$ a 25°C.

4.2. Características químicas del agua potable. Son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en la tabla 2 siguiente.

Tabla 2. Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles

Características	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 $\mu\text{S/cm}$
Dureza Total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

- | | |
|-----|---|
| (1) | El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de <i>Escherichia coli</i> y ciertos virus. |
| (2) | En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua. |
| (3) | En unidades de pH. |

4.3. Agua clorada. La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria segura, potable. La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en la tabla 2 se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual que es aquella porción del cloro residual total que esté "libre" y que sirva como medida de capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o por ruptura de las mismas que pueda producir cierta contaminación microbiológica.

4.4. Límites de toxicidad. En la tabla 3 se indican algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible en el agua potable, causan toxicidad.

Tabla 3. Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles (LMP)

Substancia	LMP, en miligramos por litro
Arsénico (As)	0.010
Bario (Ba)	0.700
Boro (B)	0.300
Cadmio (Cd)	0.003
Cianuro (CN ⁻)	0.070
Cromo (Cr)	0.050
Mercurio (Hg)	0.001
Plomo (Pb)	0.010
Selenio (Se)	0.010

4.5. Relación de las sustancias biocidas con sus respectivos límites máximos permisibles. Los nombres de las sustancias biocidas orgánicas sintéticas, así como el límite máximo permisible se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Límites máximos permisibles de las sustancias biocidas (continuación)

Compuestos	LMP (en microgramos/litro)
Insecticidas organoclorados	
DDT + TDE + DDE	1.0
Hexaclorobenceno	1.0
Aldrín	0.0
Dieldrín	3
Heptacloro	0.0
Heptacloro epóxido	3
Lindano	0.2
Endrín	0.1
Metoxicloro	0.2
Clordano	0.2
Toxafeno	20
	0.2
	3.0
Pentaclorofenol	1.0
Dinoseb	7.0
Ácidos fenoxi	
2, 4-D	30
2, 4, 5-TP (silvex)	9
2, 4, 5-T	9
Mecoprop	10
Dicloroprop	100
MCPA	2
Dicamba	2
Picloram	500
Dalapón	200
Endotal	100
Fumigantes	
DBCP (1,2-dibromuro-3,3-cloropropano)	0.2
	0.05
EBD (dibromuro de etileno)	5.0
1,2-dicloropropano	20
1,3-dicloropropano	
Triazinas	
Atrazina	2
Simazina	2
Acetanilidas	
Alaclor	2
Metolaclor	10
Propaclor	10
Butaclor	10
Carbamatos	
Aldicarb	3
Sulfóxido de aldicarb	3
Sulfona de aldicarb	3
Carbofurán	5

Oxamil	200
Metomil	200
Bentazón	30
Molinato	6
Pendimetalina	20
Isoproturón	9
Piretroides	
Permetrina	20
Amidas	
Propanil	20
Piridato	100
Trifluralín	20
Diquat	20
Glifosato	700
Di (2-etil-hexil adipato)	400
Benzopireno	0.2
Hexaclorociclopentadieno	50
Di (etil-hexil) ftalato	6
PCB'S	0.5
Organo fosforados	
Etil paratión	0
Leptofós	0
Diazinón	0.1
Dimetoato	0.1
De los restantes órgano fosforados	no más de 0.1 cada uno

Tabla 5. Substancias no deseadas. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisibles (LMP)

Característica	LMA, en miligramos/litro	LMP, en miligramos / litro
Fluoruro (F)	---	1.700
Hierro total (Fe)	0.100	1.000
Manganeso (Mn)	0.050	0.500
Nitrato (NO ₃ ⁻)	---	10
Nitrito (NO ₂ ⁻)	---	1

Tabla 6. Substancias orgánicas con significado para la salud y su límite máximo permisible (LMP)

Compuesto	LMP, en microgramos / litro
-----------	-----------------------------

Benceno	5
Cloruro de vinilo	2
Detergentes aniónicos	200
o-diclorobenceno	600
p-diclorobenceno	75
1,2-dicloroetano	5
1,1-dicloroetileno	7
cis-1,2-dicloroetileno	70
trans-1,2-dicloroetileno	100
1,2-dicloropropano	5
Estireno	100
Etilbenceno	700
Monoclorobenceno	100
Substancias fenólicas	2
Tetracloruro de carbono	5
Tetracloroetileno	5
Tolueno	1000
1,1,1-tricloroetano	200
Tricloroetileno	5
Xileno	10000

5. CARACTERÍSTICAS BACTERIOLOGICAS.

Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes, fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina, con esta finalidad se establecen las alternativas siguientes.

5.1. Método de los tubos múltiples de fermentación

5.1.1. Para nuevas introducciones de agua, en la evaluación de las plantas de tratamiento y evaluaciones anuales, se debe proceder como se indica en las literales a) y b) siguientes:

- a) Prueba de 15 tubos. Se examinan 5 tubos con porciones de 10 mL, 5 tubos con porciones de 1 mL y 5 tubos con porciones de 0.1 mL, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.0 coliformes en 100 mL de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano (véase anexo 2).
- b) Prueba de 9 tubos. Se examinan 3 tubos con porciones de 10 mL, 3 tubos con porciones de 1 mL y 3 tubos con porciones de 0.1 mL, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 3.0 coliformes en 100 mL, lo cual se interpreta como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano (véase anexo 3). En el caso de análisis rutinarios y cuando se analizan cantidades grandes de muestras, se podrá emplear el método de

los 9 tubos, pero en casos de discrepancia o inconformidad con los resultados obtenidos, deberá emplearse la prueba de los 15 tubos como método de referencia.

5.1.2. Para casos en los cuales ya se tiene un historial, se permiten las alternativas siguientes:

- a) 5 tubos con porciones de muestra de 10 mL. La ausencia de gas en todos los tubos, se expresa como número más probable menor de 2.2 coliformes en 100 mL de agua. Véase anexo 2.
- b) 10 tubos con porciones de muestra de 10 mL cada una, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 1.1 coliformes en 100 mL de agua, lo que se interpreta como que esa muestra es adecuada para el consumo humano. Véase anexo 4.

5.2. Método por la membrana de filtración. El volumen de muestra de agua a utilizar con la membrana de filtración es de 100 mL. Se acepta como límite una colonia de coliformes totales y ausencia de *Escherichia coli* en 100 mL de agua. La ausencia de coliformes se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

Nota 3. De ser necesario se deberán analizar porciones de 1 mL, 0.1 mL y 0.01 mL a fin de diluir muestras muy contaminadas para la obtención de resultados que puedan ser interpretados más adecuadamente.

5.3. Límites

5.3.1. Método de los tubos múltiples de fermentación. Según se indique por las muestras que se examinen, la presencia de microorganismos del grupo coliforme, no debe exceder de los siguientes límites:

Tabla 7. Límites para el método de los tubos múltiples de fermentación, grupo coliforme

Cuando se examinan porciones de 10 mL	No más del 10% deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme
No se permitirá la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10mL de una muestra normal, cuando ocurran:	<ul style="list-style-type: none"> - En dos muestras consecutivas - En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras - En más de 5% de las muestras, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras

5.3.2. Método de las membranas de filtración. cuando se aplique este método el número de microorganismos del grupo coliforme no debe exceder los siguientes límites:

Tabla 8. Límites para el método de las membranas de filtración, grupo coliforme

La media aritmética de todas las muestras normales que se examinen en un mes no debe exceder de:	Un microorganismo/100 mL
El número de colonias por muestra normal no ha de exceder de 3/50 mL, 4/100 mL, 7/200 mL ó 13/500 mL en:	<ul style="list-style-type: none"> - Dos muestras consecutivas - En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras - Más del 5% de las muestras normales, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras

5.4. Se establece el número de muestras en relación a la población servida de acuerdo a la tabla 7 siguiente.

Tabla 9. Frecuencias mínimas de la toma de muestras y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución

Población servida en número de habitantes	Cantidad de muestras al año		
	Análisis E1	Análisis E2	Análisis E3
1 - 500	2	1	(1)
501 - 5 000	4	1	(1)
5 001 - 10 000	12	3	(1)
10 001 - 50 000	60	6	1
50 001 - 100 000	120	12	2
100 001 - 150 000	180	18	3
150 001 - 300 000	360	36	6
300 001 - 500 000	360 (2)	60	10
500 001 - 1 000 000	360 (2)	120 (2)	20 (2)
1 000 001 - 5 000 000	360 (2)	120 (2)	20 (2)

(1) La frecuencia deberá ser determinada por las autoridades nacionales competentes.
(2) Las autoridades nacionales competentes deberán esforzarse, de ser posible, por aumentar esta frecuencia.

E1 Corresponde al programa de análisis básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los análisis en esta etapa de control son: coliforme fecal, cloro residual.

E2 Corresponde al programa de análisis normal y comprende la ejecución de los análisis de la etapa anterior ampliado con: olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, pH, conductividad, cloruros, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro, manganeso.

E3 Corresponde a un programa de análisis avanzado de agua potable. Comprende la ejecución de los análisis de la segunda etapa, ampliado con: aluminio, cobre, sodio, potasio, amonio, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, antimonio, plomo, selenio, sulfuro de hidrógeno, zinc, sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas (plaguicidas) de significado para la salud.

6. METODOS DE ANALISIS

6.1. Las determinaciones de las especificaciones y características físico-químicas y microbiológicas del agua, indicadas en la presente norma, deben realizarse de acuerdo con las normas COGUANOR correspondientes; véase capítulo 2. En ausencia de normas COGUANOR podrán emplearse los métodos de la American Water Works Association.

7. MUESTREO

7.1. El muestreo para el análisis físico-químico y microbiológico del agua, indicadas en la presente norma, deben realizarse de acuerdo con las normas COGUANOR correspondientes; véase capítulo 2. En ausencia de normas COGUANOR podrán emplearse los métodos de la American Water Works Association.

8. CORRESPONDENCIA

Para la elaboración de la presente norma se han tomado en cuenta los siguientes documentos.

- a) Norma COGUANOR NGO 29 001. AGUA POTABLE. Especificaciones, 1985.
- b) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de la American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF), 18th Edition, 1992.
- c) Organización Mundial de la Salud. Guías para la Calidad el Agua Potable, segunda edición, Ginebra. 1995.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1

Agua Fluorurada. Cuando al agua potable se le ha adicionado compuestos derivados del flúor debe de haber una reacción entre los límites de la concentración del ión fluoruro en función del promedio anual de las máximas temperaturas diarias del aire.

Tabla 10. Promedio de temperatura y límites recomendados para la concentración de fluoruro

Promedio de temperatura máxima diaria en grados Celsius (°C)(1)	Límites recomendados para la concentración del ión fluoruro en miligramos / litro		
	Mínimo	Optimo	Máximo
10.1 - 12.0	0.9	1.2	1.7
12.1 - 14.6	0.8	1.1	1.5
14.7 - 17.7	0.8	1.0	1.3
17.8 - 21.4	0.7	0.9	1.2
21.5 - 26.3	0.7	0.8	1.0
26.4 - 32.5	0.6	0.7	0.8

(1) Los promedios de temperatura deben obtenerse en base a datos correspondientes a un mínimo de 5 años.

9.2. Anexo 2

Tabla 11. Número más probable para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan cinco porciones de 10 mL, cinco porciones de 1 mL y cinco porciones de 0.1 mL. (Continuación)

Número de tubos que dan reacción positiva				Número de tubos que dan reacción positiva			
5 de 10 mL cada uno	5 de 1 mL cada uno	5 de 0.1 mL cada uno	NMP	5 de 10 mL cada uno	5 de 1 mL cada uno	5 de 0.1 mL cada uno	NMP
0	0	0	<2	1	1	0	4
0	0	1	2	1	1	1	6
0	1	0	2	1	2	0	6
0	2	0	4	2	0	0	4
1	0	0	2	2	0	1	7
1	0	1	4	2	1	0	7
2	1	1	9	5	0	1	30
2	2	0	9	5	0	2	40
2	3	0	12	5	1	0	30
3	0	0	8	5	1	1	50
3	0	1	11	5	1	2	60
3	1	0	11	5	2	0	50
3	1	1	14	5	2	1	70
3	2	0	14	5	2	2	90
3	2	1	17	5	3	0	80
4	0	0	13	5	3	1	110
4	0	1	17	5	3	2	140
4	1	0	17	5	3	3	170
4	1	1	21	5	4	0	130
4	1	2	26	5	4	1	170
4	2	0	22	5	4	2	220
4	2	1	26	5	4	3	280
4	3	0	27	5	4	4	350
4	3	1	33	5	5	0	240
4	4	0	34	5	5	1	300
5	0	0	23	5	5	2	500
5	0	1	30	5	5	3	900
5	0	2	40	5	5	4	600
				5	5	5	≥1600

9.3 Anexo 3

Tabla 12. Número más probable (NMP) para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan tres porciones de 10 mL, 1 mL y 0.1 mL

Número de tubos que dan reacción positiva			
3 de 10 mL cada uno	3 de 1 mL cada uno	3 de 0.1 mL cada uno	NMP
0	0	0	< 3
0	0	1	3
0	1	0	3
0	2	0	-
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
2	3	0	-
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	≥2400

9.4. Anexo 4

Tabla 13. Número más probable y límites de confianza de 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan 10 porciones de 10 mL cada una.

Número de tubos que dan reacción positiva	Número más probable	Límites de confianza de 95% (aproximados)	
		Inferior	Superior
0	< 1.1	0	3.0
1	1.1	0.03	5.9
2	2.2	0.26	8.1
3	3.6	0.69	10.6
4	5.1	1.3	13.4
5	6.9	2.1	16.8
6	9.2	3.1	21.1
7	12.0	4.3	27.1
8	16.1	5.9	36.8
9	23.0	8.1	59.5
10	> 23.0	13.5	Infinito

9.5. Anexo 5

Tabla 14. Límites máximos permisibles (LMP) de las sustancias orgánicas volátiles

Substancia	LMP (en microgramos / litro)
Carbón tetracloruro	5
Cloruro de vinilo	2
1,2- dicloroetano	5
1,1- dicloroetileno	7
1,1,1- tricloroetano	200
o-diclorobenceno	600
p-diclorobenceno	75
cis-1,2-dicloroetileno	70
trans-1,2-dicloroetileno	100
1,2-dicloropropano	5
Etilbenceno	700
Monoclorobenceno	100
Estireno	100
Tetracloroetileno	5

10. Productos secundarios de desinfección

10.1. Trihalometanos (THM) son productos secundarios de la desinfección. Son bromoformo; dibromoclorometano; bromodi- clorometano y cloroformo. La suma de las razones entre la concentración de cada uno y su respectivo valor guía no debe superar la unidad. El valor guía se muestra en la tabla 13.

Tabla 15. Valores guía para productos secundarios de la desinfección

Producto secundario	LMP ($\mu\text{g/L}$)
Bromoformo	100
Bromoclorometano	100
Bromodichlorometano	60
Cloroformo	200

11. Aspectos relativos a radiación nuclear

11.1. Definiciones

11.1.1. Actividad. La actividad de una cantidad de un radionucleido es un estado particular de energía a un tiempo dado, es el cociente dN/dt , donde dN es el valor esperado del número de transiciones nucleares espontáneas desde ese estado de energía en el intervalo de tiempo dt .

11.1.2. Bequerel. Unidad radiométrica utilizada para medir la actividad de una fuente. Se simboliza por Bq y es equivalente a 1 desintegración/segundo.

11.1.3. Dosis efectiva comprometida (H_T). Es la suma de las dosis equivalentes de todos los órganos y tejidos multiplicados por los factores de ponderación (W_T) adecuados.

$$E(t) = \sum W_T H_T(t)$$

Donde:

W_T = Factor de ponderación para el órgano o tejido T

H_T = Dosis equivalentes comprometidas del órgano o tejido T

t = Número de años para el que se hizo la integración para la dosis equivalentes comprometidas.

11.1.4. Dosis equivalentes comprometidas para un órgano o tejido. Integral en base al tiempo de la tasa de dosis equivalente sobre el tiempo t en un tejido particular que será recibida por un individuo siguiendo una ingestión de un material radioactivo. Cuando no se da el período de integración t, un período de 50 años está implícito para adultos o uno de 70 años para niños.

11.1.5. Dosis equivalente a un órgano o tejido. La dosis equivalente, H_T , R en el órgano o tejido T debido a la radiación R, está dada por:

$$H_T, R = W_R D_T, R$$

donde :

D_T, R es la dosis promedio de radiación r en el órgano o tejido T y W_R es el factor de ponderación de la radiación.

11.1.6. Sievert. Unidad dosimétrica utilizada para medir la dosis equivalente y la dosis efectiva. Se simboliza por Sv y es equivalente a 1 J/Kg

11.2 Aspectos radiológicos

- a) Asumiendo un promedio de consumo de 2 litros diarios por persona adulta promedio, las concentraciones de radionucleidos en el agua potable deben representar en conjunto una dosis efectiva concentrada menor a 0.1 mSv durante un año.

Por debajo de este nivel, el agua es apta para el consumo humano, sin que sea necesaria ninguna medida para reducir la radiactividad.

- b) Para garantizar dicha dosis efectiva concentrada, se recomiendan las concentraciones guía de actividad de:

0.1 bequerels/litro para radiactividad alfa total.
1.0 bequerels/litro para radiactividad beta total.

- c) Si alguna de las actividades es mayor a los anteriores valores de referencia, se deben cuantificar las concentraciones de actividad de cada uno de los radionucleidos emisores de partículas alfa y beta presentes, y determinarse la dosis total correspondiente.

11.2.1 Medición de actividad alfa total

- a) La actividad alfa total puede determinarse por diferentes métodos, incluyéndose medición simultánea de actividades alfa y beta total en detectores proporcionales con componentes electrónicos apropiados. El límite de detección del método que se utilice, debe ser lo suficientemente bajo para permitir la cuantificación de la actividad estudiada.

- b) Para realizar la medición de actividad alfa por cualquier método, es necesario eliminar los radionucleidos radón-222 y radón-220.

- c) Si la concentración de actividad es menor que 0.1 Bq/L, no se requiere de determinaciones adicionales. Si dicho valor es superado, deben cuantificarse los siguientes radionucleidos naturales:

Ra-226, Ra-224, Po-210, Th-232, U-234 y U-238. Dependiendo de la hidrogeología de la localidad, se pueden anticipar los radionucleidos que se analizarán.

- d) Si se presume alguna contaminación radiactiva, debe cuantificarse el Pu-239.

- e) El cálculo de la dosis debe realizarse adicionándose las concentraciones de actividad beta encontradas.

11.2.2 Medición de la actividad beta total

- a) La actividad beta total puede determinarse por diferentes métodos, incluyéndose medición simultánea de actividades alfa y beta total en detectores proporcionales con componentes electrónicos apropiados. El límite de detección del método que se utilice, debe ser lo suficientemente bajo para permitir la cuantificación de la actividad estudiada.
- b) Si la concentración de actividad beta total es menor que 1 Bq/L, no se requiere de determinaciones adicionales. Si dicho valor es superado, debe cuantificarse la concentración de actividad del K-40, la cual se sustrae de la beta total. Si después de dicha sustracción la actividad beta es mayor que 1 Bq/L, se deben cuantificar los siguientes radionucleídos artificiales de alta toxicidad, emisores de partículas beta: Sr-90, Sr-89, Cs137, Cs-134, I-131 y Co-60. Dependiendo del uso de dichos radionucleídos en la localidad y/o la presunción de alguna contaminación radiactiva por algún radionucleido particular, se pueden anticipar los radionucleidos que se analizarán. Deben analizarse también los radionucleidos naturales Pb-210 y Ra-228.
- c) El cálculo de la dosis debe realizarse adicionándose las concentraciones de actividad alfa encontradas.

11.2.3. Evaluación del agua, si la concentración de actividad alfa y/o beta es superior al límite recomendado

- a) Si son sobrepasados los niveles de 0.1 Bq/L para radiactividad alfa y/o 1 Bq/L para radiactividad beta total, es preciso identificar y cuantificar las actividades de los radionucleidos específicos. Luego debe estimarse la dosis de cada radionucleido y la suma de las dosis de todos los radionucleidos identificados (exceptuando el potasio-40). Si los resultados cumplen con la siguiente ecuación, no son necesarias otras medidas y el agua es considerada apta para el consumo humano desde el punto de vista radiológico.

$$\sum_i C_i/C_{ri} \leq 1$$

donde:

C_i es la concentración de la actividad medida para el radionucleido.

C_{ri} es la concentración de actividad de referencia de ese mismo radionucleido, que con un consumo de 2 litros diarios durante un año, tendrá como resultado una dosis efectiva concertada de 0.1 mSv.

- b) Si se sospecha la presencia de radionucleidos emisores de partículas alfa con elevados factores de conversión de dosis puede aplicarse la misma ecuación aditiva cuando la radiactividad alfa y beta total se aproxima a los valores límite de 0.1 Bq/L y 1.0 Bq/L, respectivamente. Cuando la suma es mayor que la unidad en una sola muestra, sólo se sobrepasará el nivel de dosis de referencia de 0.1 mSv si la exposición a las mismas concentraciones medidas continúa durante todo un año.

11.3. Referencias para procedimientos analíticos recomendados

11.3.1. Para determinación de actividad alfa y beta total

Eastern Environmental Radiation Facility, U.S. Environmental Agency Radiochemistry Procedures Manual, 1984.

11.3.1.1. Procedimientos:

- a) Radiochemical Determination of Gross Alpha and Gross Beta Particle Activity in water.
- b) Radiochemical Determination of Gross Alpha Activity in Drinking water by co precipitation.
- c) U.S. Department of Health, Education, and welfare. Procedures for Determination of stable Elements and Radionuclides in Environmental Samples, 1965.

11.3.1.2. Procedimientos:

- a) Gross Alpha and Beta Activity in water. Página 3-1

11.3.1.3. Para radionucleidos emisores de partículas beta específicos

Eastern Environmental Radiation Facility, U.S. Environmental Protection Agency Radiochemistry Procedures Manual, 1984.

11.3.2.1. Procedimientos:

- a) Cr-01 Radiochemical Determination of Chromium-51 in water samples.
- b) Fe-01 Radiochemical Determination of Iron-55 in water samples.
- c) H-02 Radiochemical Determination of Tritium in water: Dioxane Method.
- d) I-01 Radiochemical Determination of Iodine-131 in Drinking water.
- e) Pb-01 Radiochemical Determination of Lead-210 in water and Solid Samples.
- f) Sr-04 Radiochemical Determination of Radiostrontium in water, Sea water and other Aqueous Media.
U.S. Department of Health, Education, and Welfare. Procedures for Determination of Stable Elements and Radionuclides in Environmental Samples. 1965.

11.3.2.2 Procedimientos:

- a) Strontium-90, Strontium-89, and Barium-140 in water. Página 3-5. Tritium in water. Página 3-12
- b) Environmental Measurement Laboratory. U.S. Department of Energy. Procedures Manual 1992. Sr-02 Strontium-90. Página 4.5-1995.
- c) Pb-01 Lead-210 in bone, Food, Urine, Feces, Blood, Air, and water. Página 4.5-73

11.3.3. Para radionucleidos emisores de partículas alfa específicas

Eastern Environmental Radiation Facility, U.S. Environmental Protection Agency. Radiochemistry Procedures Manual. 1984.

10.3.3.1. Procedimientos:

- a) Pu-01 Radiochemical Determination of Plutonium in Ashed Samples, Soil, Coal, Fly, Ash, Ores, Vegetation, Biota and water.
- b) Ra-03 Radiochemical Determination of Ra-226 in Water Samples.
- c) Ra-05 Radiochemical Determination of Ra-228 in Water Samples.
- d) 00-07 Radiochemical Determination of Thorium and Uranium in Water Environmental Measurements Laboratory. U.S. Department of Energy. Procedures manual, 1992.
 Am-03 Americium in Water, Air Filters, and Tissue. Página 4.5-49.
 Po-01 Polonium in Water, Vegetation, Soil, and Air Filters. Página 4.5-84.
 Pu-10 Plutonium in Water. Página 4.5-119.
 Ra-07 Radium-226 in Urine and Water. Página 4.5-162.

Serie de Cartillas Ambientales Publicadas

- Cartilla Ambiental 1: EL AGUA
- Cartilla Ambiental 2: DESECHOS SÓLIDOS
- Cartilla Ambiental 3: LETRINAS
- Cartilla Ambiental 4: LA VIVIENDA
- Cartilla Ambiental 5: AGUAS RESIDUALES
- Cartilla Ambiental 6: PLAGUICIDAS
- Cartilla Ambiental 7: REGLAMENTO PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS, ACUERDO GUBERNATIVO 509-2001
- Cartilla Ambiental 8: TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DEL AGUA BASE DE CLORO
- Cartilla Ambiental 9: NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA, AGUA POTABLE. COGUANOR, NGO 29 001 :98

Anexo No. 5. Norma Guatemalteca Obligatoria. COGUANOR NGO

29005:99. Agua envasada para consumo humano.

CDU 628.1.033:628.13 NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA Marzo 1999 1/7

COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS COGUANOR. MINISTERIO DE ECONOMIA, GUATEMALA, C.A.

AGUA ENVASADA PARA CONSUMO HUMANO	COGUANOR NGO 29 005:99
<p>1. OBJETO</p> <p>La presente norma tiene por objeto establecer los valores de las características que definen la calidad del agua envasada para consumo humano.</p> <p><u>Nota 1.</u> En Guatemala a este producto se le denomina también como agua pura.</p>	
<p>2. CAMPO DE APLICACIÓN</p> <p>Esta norma se aplica al agua envasada, proveniente de una fuente que ha sido sometida a tratamientos que la hacen apta para consumo humano. Esta norma no se aplica al agua mineral carbonatada.</p>	
<p>3. NORMAS COGUANOR A CONSULTAR</p>	
COGUANOR NGO 4 010	Sistema Internacional de Unidades (SI).
COGUANOR NGO 29 001	Agua potable. Especificaciones.
COGUANOR NGO 29 011 h2	Agua. Ensayos físicos. Determinación del color. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 011 h12	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de la turbiedad.
COGUANOR NGO 29 012 h11	Aguas. Determinación de metales. Calcio. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 012 h15	Aguas. Determinación de metales. Hierro.
COGUANOR NGO 29 013 h7	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cloruro. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 013 h13	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Fluoruro. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 013 h18	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrato).
COGUANOR NGO 29 013 h19	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito). Método de referencia.
<p>Continúa</p>	

COGUANOR NGO 29 013 h23	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial de hidrógeno (pH). Método de referencia.
COGUANOR NGO 34 039	Etiquetado de productos alimenticios envasados para consumo humano.
COGUANOR NGO 49 016	Productos envasados. Verificación del volumen neto y variaciones permitidas para el mismo.

4. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

4.1 Agua envasada para consumo humano. Es el agua envasada que por sus características de origen o por el tratamiento a que ha sido sometida, cumple con los requisitos de esta norma.

4.2 Agua artesiana. Agua que proviene de un pozo perforado en un acuífero confinado, en el cual el agua puede extraerse con o sin bombeo.

4.3 Agua de manantial. Agua derivada de una formación subterránea de la cual el agua fluye naturalmente a la superficie de la tierra.

4.4 Agua de pozo. Es el agua subterránea obtenida de la capa freática.

4.5 Agua natural. Se refiere al agua de manantial, mineral, artesiana o de pozo, derivada de una formación subterránea o de agua superficial, y que no es derivada de un sistema municipal o de abastecimiento público.

4.6 Agua subterránea. Agua que se obtiene generalmente de pozos poco profundos y galerías de infiltración y de pozos profundos. Su calidad depende de las formaciones geológicas con las que entra en contacto y casi siempre es clara debido a que es filtrada cuando pasa a través de los diferentes estratos del suelo. Es frecuente que tenga dureza de carbonatos y de no carbonatos.

4.7 Agua superficial. Agua que se encuentra en los lagos, lagunas y corrientes de agua tales como ríos y manantiales. Su calidad depende de las formaciones geológicas con las que entra en contacto y varía con la época del año y las condiciones del tiempo. Contiene sólidos disueltos, sólidos orgánicos e inorgánicos en suspensión y gases disueltos.

4.8 Envase.

4.8.1 Envase primario. Es todo recipiente que tiene contacto directo con el producto, con la misión específica de protegerlo de su deterioro, contaminación o adulteración y de facilitar su manipuleo.

Nota 2. También se le designa simplemente como "envase".

4.8.2 Envase secundario. Es todo recipiente que tiene contacto con uno o más envases primarios, con el objeto de protegerlos y facilitar su comercialización hasta llegar al consumidor final. El envase secundario usualmente es usado para agrupar en una sola unidad de expendio, varios envases primarios.

Continúa

Nota 3. El envase secundario se denomina también como "empaque".

4.9 Fuente de agua. Cuando se usa en referencia a productos de plantas de agua envasada o agua utilizada en la operación de plantas, se refiere a la fuente de agua si ésta proviene de manantial, pozo artesiano, pozo taladrado, sistemas de agua públicos o comunales. Esta fuente podrá ser aprobada por la autoridad sanitaria correspondiente.

4.10 Tratamiento. Proceso químico, físico o biológico, mediante el cual las sustancias objetables contenidas en el agua, son removidas o transformadas en sustancias inócuas.

5. ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS

5.1 Características físicas.

Cuadro 1. Características físicas del agua envasada para consumo humano

Característica	Valor máximo admisible
Sabor	No rechazable
Color	<5 unidades (1)
Turbiedad	<0.5 unidades (2)
pH	6.5-8.5
Olor	No rechazable
Sólidos disueltos	<500 mg/L

- (1) Unidad de color en la escala de platino-cobalto.
 (2) En unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

5.2 Características químicas.

Cuadro 2. Sustancias inorgánicas con significado para la salud (continuación)

Característica	Valor máximo admisible, en miligramos/litro
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Arsénico	0.05
Bario	1.0
Berilio	0.004
Cadmio	0.005
Cianuro	0.1
Cloro	<0.1
Cloruro*	250.0
Cobre*	1.0
Cromo	0.05
Fluoruro	1.3
Hierro*	0.3
Manganeso*	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.1
Nitrato	10.0
Nitrito	1.0
Total Nitrato/Nitrito	10.0
Plata	0.025

Continúa

Cuadro 2. Sustancias inorgánicas con significado para la salud (conclusión)

67

Característica	Valor máximo admisible, en miligramos/litro
Selenio	0.01
Sulfato*	250.0
Talio	0.002
Zinc*	5.0

* Estos compuestos están clasificados como contaminantes secundarios del agua para beber; por ejemplo, pueden tener implicaciones estéticas, no relacionadas con la salud.

Cuadro 3. Niveles máximos aceptables de sustancias biocidas

Sustancia	Nivel máximo permitido, en miligramos/litro
Alaclor	0.002
Atrazina	0.003
Carbofurano	0.04
Clordano	0.002
Dibromocloropropano	0.0002
Dibromuro de etileno	0.00005
2,4-D Acido diclorofenoxiacético	0.07
Endrín	0.0002
Fenólicos	0.001
Heptacloro	0.0004
Heptacloro epóxido	0.0002
Lindano	0.0002
Metoxicloro	0.04
PCB (Bifenilos policlorados)	0.0005
Acido 2, 4, 5 - triclorofenoxipropiónico	0.01
Toxafeno	0.003

Cuadro 4. Sustancias orgánicas volátiles

Sustancia	Límite máximo permitido, en miligramos/litro
Benceno	0.005
Cloruro de vinilo	0.002
o-diclorobenceno	0.600
p-diclorobenceno	0.075
1,2 - dicloroetano	0.005
1,1 - dicloroetileno	0.007
1,1,1 - tricloroetano	0.200
cis - 1,2 - dicloroetileno	0.070
trans - 1,2 - dicloroetileno	0.100
1,2 - dicloropropano	0.005
Estireno	0.100
Etilbenceno	0.700
Monoclorobenceno	0.100
Tetracloruro de carbono	0.005
Tetracloroetileno	0.005
Tricloroetileno	0.005
Trihalometano	0.010
Tolueno	1.000
Xileno	10.000

Continúa

5.3 Cuando el agua envasada para consumo humano sea sometida a desinfección por cloración, en el momento de ser envasada deberá cumplir con lo siguiente:

- Contenido máximo de cloro residual libre = 0.1 mg/L

5.4 Cuando el agua envasada para consumo humano sea sometida a desinfección con ozono, en el momento de ser envasada deberá cumplir con lo siguiente:

- Contenido de ozono: 0.2 mg/L - 0.5 mg/L

5.5 Características microbiológicas. El agua envasada para consumo humano deberá cumplir con las características microbiológicas que se indican a continuación.

5.5.1 Recuento aeróbico total.

Método de vaciado en placa o filtración por membrana ≤ 200 UFC/ mL

5.5.2 Coliformes totales.

Método de fermentación de los tubos múltiples < 1.1 NMP/100 mL utilizando 10 tubos de 10 mL ó 5 tubos de 20 mL

Método Ausencia-Presencia = Ausencia

Método de filtración por membrana = 0 UFC/mL

5.6 Características radiológicas. Las características radiológicas del agua envasada se indican en el cuadro 5 siguiente.

Cuadro 5. Características radiológicas del agua envasada para consumo humano

Magnitud	Límite permisible, en bequerel/litro
Radioactividad alfa	0.1
Radioactividad beta	1.0

6. MUESTREO

6.1 Inspección y control. La inspección y verificación de la calidad del agua envasada serán practicadas por el organismo legalmente competente para tal fin, el cual deberá contar con el equipo y el personal técnico competente para llevar a cabo la toma de muestras destinadas a los análisis, la ejecución de los análisis correspondientes y demás requisitos que exige la presente norma. Las muestras se deberán tomar en el comercio.

6.2 Número de unidades de muestreo. El número de muestras que se deben tomar para efectuar los análisis es de 5 (1). En caso de que se detecten problemas de incumplimiento con los requisitos microbiológicos y/o físico-químicos se procederá a realizar un muestreo en la planta envasadora, analizando el número de muestras que se indica en el cuadro 6 siguiente.

Continúa

Cuadro 6. Número de unidades de muestreo

Número de envases primarios en el lote (N)	Número de envases a seleccionar (n) (1)
1- 2000	4
2001- 3000	6
3001- 4000	8
4001- 9500	10
9501-15000	12
15001-25000	14
25001-35000	16
> 35000	20

- (1) Para las presentaciones de contenidos menores de 1.5 L, el número de muestras a tomar deberá ser tal que permita obtener una muestra compuesta de 4 L para análisis físico-químicos.

6.3 Procedimiento operatorio

6.3.1 La selección de las unidades de un lote se debe hacer al azar y de manera que se tengan unidades de todas las partes del lote; para realizar la selección se numeran las unidades 1, 2, 3..., r comenzando por cualquier unidad y en el orden que se desee y cada r ésima unidad constituirá la unidad de muestreo a seleccionar. El valor r resulta de dividir el tamaño del lote (N), entre el número de unidades de muestreo a seleccionar (n).

6.3.2 Para el análisis microbiológico se extrae de cada envase las alícuotas necesarias para el mismo. Para el análisis físico-químico, se prepara una muestra compuesta mediante la mezcla del contenido remanente de volúmenes iguales de todos los envases, para un volumen equivalente a 4 L.

6.4 Criterio de aceptación. Un lote se considerará aceptable si todas las muestras analizadas satisfacen los requerimientos especificados en la presente norma.

7. MÉTODOS DE ANÁLISIS

7.1 Las determinaciones de las especificaciones y características físico-químicas y microbiológicas del agua envasada para consumo humano, deben realizarse de acuerdo con las normas COGUANOR correspondientes, véase capítulo 3. En ausencia de normas COGUANOR podrán emplearse los métodos de la "American Water Works Association" o de otra entidad reconocida internacionalmente.

8. ENVASE Y ROTULADO

8.1 Envase. Los envases usados para el agua envasada para consumo humano, deberán ser de material inócuo que no altere las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales del producto, y deberán contar con un sistema de sellado que garantice la inviolabilidad del mismo hasta el momento de su consumo.

8.1.1 Los envases podrán ser de cualquiera de los materiales siguientes:

8.1.1.1 Material retornable:

- Vidrio
- Policarbonato
- Polietilentereftalato (PET)

Continúa

8.1.2 Material no retornable:

70

- Polietilentereftalato (PET)
- Plásticos de polietileno de alta o baja densidad de grado alimenticio
- Poli (cloruro de vinilo) (PVC) grado alimenticio
- Otros materiales poliméricos de grado alimenticio

8.1.2 Podrán emplearse envases de otros materiales autorizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, de acuerdo con los avances tecnológicos en este campo.

8.2 Rótulo o etiqueta. El rótulo o etiqueta deberá cumplir con la norma COGUANOR NGO 34 039.

9. CORRESPONDENCIA

Para la elaboración de la presente norma se han tomado en cuenta los siguientes documentos:

- a) International Bottled Water Association Model Bottled Water Regulation, 1998.
- b) Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993 Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.
- c) Norma Colombiana ICONTEC 3525 Productos alimenticios. Bebidas no alcohólicas. Agua potable tratada envasada.
- d) Literatura Técnica.

- Última línea -