

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN
AGUA DE SUMINISTRO POTABLE PARA 6 ALDEAS Y CABECERA
MUNICIPAL EN EL MUNICIPIO DE SAN VICENTE PACAYA, ESCUINTLA
CONFORME A LA NORMA COGUANOR NGO 29001:99**

Trabajo de Graduación Presentado por:

Elia Melina Monroy García

Para optar al grado de

Maestro en Artes

**Maestría en Gestión de la Calidad con Especialidad en Inocuidad de
Alimentos**

Guatemala, mayo de 2012

**JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**

ÓSCAR MANUEL CÓBAR PINTO, Ph.D	DECANO
LIC. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO, M.A.	SECRETARIO
LICDA. LILIANA VIDES DE URIZAR	VOCAL I
DR. SERGIO ALEJANDRO MELGAR VALLADARES	VOCAL II
LIC. LUIS ANTONIO GALVEZ SANCHINELLI	VOCAL III
BR. FAUSTO RENÉ BEBER GARCÍA	VOCAL IV
BR. CARLOS FRANCISCO PORRAS LÓPEZ	VOCAL V

**CONSEJO ACADEMICO
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

ÓSCAR MANUEL CÓBAR PINTO, Ph.D.
MSc. VIVIAN MATTA DE GARCÍA
DR. ROBERTO FLORES ARZÚ
DR. JORGE ERWIN LÓPEZ GUTIÉRREZ
MSc. FÉLIX RICARDO VÉLIZ FUENTES

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Fuente Divina de todo conocimiento que me ha fortalecido para cumplir con cada meta trazada.

A mi amado Esposo

Por ser mi apoyo incondicional en este proyecto y siempre. Por levantarme con amor siempre en los momentos difíciles.

A la promoción MAGEC 2010

Por haber descubierto en ustedes un concepto de amistad inigualable y compartir sin medida sus conocimientos.

A Centro de Investigaciones de Ingeniería –USAC-

Especialmente a Inga. Telma Cano, Directora. Quien apoyó la realización de la presente investigación.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por acogerme como su discípula lo cual me llena de inmensa satisfacción.

DEDICATORIAS

A mis hijos:

Mis joyas preciosas que han sido pacientes conmigo y que deberán llegar más allá del camino que ahora se les traza.

A mis Padres:

Que han llenado mi vida de amor.

A mi amada hermana:

Para continuar esta preparación juntas.

ÍNDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. DELIMITACIÓN DEL TEMA	3
4. MARCO TEÓRICO	4
4.1 ANTECEDENTES	4
4.2 GENERALIDADES	6
4.3 CONTAMINANTES DEL AGUA	7
4.4 DETERIORO HÍDRICO EN GUATEMALA	8
4.5 CALIDAD DEL AGUA EN FUENTES DE ABASTECIMIENTO EN SAN VICENTE PACAYA	9
4.5.1 Manantial Los Jazmines	9
4.5.2 Laguna de Calderas	10
4.6 NORMATIVA COGUANOR NGO 29001:99 PARA AGUA POTABLE EN GUATEMALA	11
4.7 PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL AGUA A ANALIZAR	11
4.7.1 Sabor, color y aspecto	11
4.7.2 Turbidez	11
4.7.3 Fluoruros	11
4.7.4 Nitratos y nitritos	12
4.7.5 Dureza	12
4.7.6 Hierro	12
4.7.7 Manganeso	12
4.7.8 Sulfatos	13
4.7.9 Amoníaco	13
4.7.10 pH	13
4.7.11 Conductividad eléctrica	14
4.7.12 Sólidos totales disueltos	14
4.7.13 Microbiología	14
4.8 PROCEDIMIENTOS PARA TRATAR AGUAS CONTAMINADAS	15
4.8.1 Potabilización	15
4.8.2 Cloración	15

4.8.3 Ozonización	16
4.8.4 Filtración	16
4.8.5 Aireación, floculación, decantación y sedimentación	16
5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	17
6. OBJETIVOS.....	18
6.1 OBJETIVO GENERAL	18
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
7. METODOLOGÍA	19
8. RESULTADOS.....	21
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	26
10. CONCLUSIONES	29
11. RECOMENDACIONES	30
12. REFERENCIAS	31
ANEXOS.....	34
1. CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS	34
2. CONTAMINANTES INORGÁNICOS, ORGÁNICOS Y RADIOLÓGICOS.....	35
3. REGULACIONES SECUNDARIAS PARA AGUA	38
4. PARÁMETROS SEGÚN NORMA COGUANOR NGO 29001:99.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de procesos de tratamiento del agua en función de su complejidad técnica y costo	15
Tabla 2 Procesos sugeridos para potabilización en función de los contaminantes presentes	16
Tabla 3 Resultados de análisis en Manantial Los Jazmines 05-10-2011.....	21
Tabla 4 Resultados de análisis en Laguna de Calderas 05-10-2011.....	22
Tabla 5 Resultados de análisis en Manantial Los Jazmines 26-10-2011.....	23
Tabla 6 Resultados de análisis en Laguna de Calderas 26-10-2011.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa área Norte de San Vicente Pacaya	3
Figura 2 Mapa de ubicación del municipio de San Vicente Pacaya.....	4

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Fuente de agua de Manantial Los Jazminez	5
Fotografía 2 Fuente de agua Laguna de Calderas	6
Fotografía 3 Fuente de agua Manantial Los Jazmines	9
Fotografía 4 Lavado de ropa en orillas de la Laguna de Calderas	10

1. RESUMEN EJECUTIVO

Los seres humanos necesitan satisfacer sus necesidades humanas básicas con agua. Éste recurso esencial es requerido por las poblaciones cumpliendo los requisitos de inocuidad.

La presente investigación realizada en el municipio de San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla, tiene por objetivo central la evaluación diagnóstica de la calidad de agua utilizada como “potable” proveniente de manantial Los Jazmines y Laguna de Calderas y que se suministra a la población del área norte del municipio es apta para consumo humano, tomando como referencia la Norma COGUANOR NGO 29001:99.

Para evaluar si el agua es apta para consumo humano se realizaron diferentes pruebas que determinaron las características fisicoquímicas y microbiológicas tomando como referencia la norma COGUANOR NGO 29001:99. Para estos análisis se realizaron dos muestreos simples sistemáticos durante el mes de octubre para las dos fuentes de agua. Estas muestras se llevaron al Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería –FIUSAC- y al Laboratorio Microbiológico de Referencia de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC, donde se realizaron los ensayos con base a métodos de referencia ubicados en: “Standard methods for the examination of water and wastewater” de la APHA-AWWA-WEF 21^{va} Edición de 2005, así como de las Normas COGUANOR NGO 4010 (Sistema internacional de Unidades) y 29001:99 (Agua potable y sus derivados).

Según los resultados obtenidos se determinó que el agua proveniente de las dos fuentes analizadas cumplen con las especificaciones fisicoquímicas de la norma COGUANOR NGO 29001:99 para agua potable. El parámetro que debe monitorearse por sus valores cercanos en el LMP son los nitratos. Sin embargo, los parámetros microbiológicos no cumplen con la normativa ya que los resultados demuestran la presencia de patógenos asociados a contaminación fecal tanto en Manantial Los Jazmines como en la Laguna de Calderas. Con los resultados obtenidos se sugiere a la municipalidad de San Vicente Pacaya, la introducción de un tratamiento de agua, empleando hipoclorito de sodio. Así mismo, se sugiere un programa de capacitación a las comunidades afectadas instruyéndoles a hervir el agua para cubrir deficiencias en el tratamiento actual debidas a interrupciones en la desinfección por fallas mecánicas en equipos únicos y en ocasiones a la falta de disponibilidad financiera para la compra del desinfectante, así como al manejo adecuado de agroquímicos (control de Nitratos). También se recomienda aprovechar la ubicación geográfica de las comunidades debido al riesgo en la actividad del volcán de Pacaya para la búsqueda de apoyo en organizaciones no gubernamentales interesadas en apoyarles para cambiar el desinfectante cloro por ozono.

2. INTRODUCCIÓN

La naturaleza del agua de satisfacer necesidades humanas básicas y esenciales promueve iniciativas a nivel mundial para garantizar que la calidad de la misma no dañe la salud humana. Los entes internacionales motivan especialmente a países en desarrollo para las respuestas positivas ante la problemática del abastecimiento de agua hacia las comunidades, pero que a la vez se reúnan los requisitos de inocuidad.

Dentro de los objetivos de desarrollo del milenio, la organización Mundial de la Salud ha determinado el aspecto de Agua para la Vida 2005-2015, declarando a este periodo como la década internacional para la acción; convocando a ocuparse más a fondo de las cuestiones relativas al agua en todos los niveles y de la ejecución de programas y proyectos relativos al agua.

El recurso hídrico en Guatemala tiende a la contaminación debido al aumento poblacional, contaminación industrial, uso excesivo de agroquímicos, falta de tratamiento de aguas negras y erosión del suelo por la deforestación. En Guatemala el porcentaje de aguas negras no tratadas es muy alto por lo que en general llegan con toda su carga contaminante a los ríos y lagos.

La normativa nacional guatemalteca para agua potable, del Comité Guatemalteco de Normalización –COGUANOR- NGO 29001:99 requiere el cumplimiento nacional en los estándares de comparación para los parámetros de calidad en el agua abastecida para consumo humano, o sea agua potable. Para las dos fuentes en análisis se diagnosticará por medio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos si se cumple con la normativa nacional y recomendará según los resultados las medidas a implementar para mejorar la calidad del agua.

San Vicente Pacaya, municipios del departamento de Escuintla; está dividido en dos áreas: norte y sur. El presente tema de investigación se ubica en el área norte, donde se ubican seis aldeas y la cabecera municipal. Esta área norte es abastecida con agua de parte de la municipalidad desde dos fuentes: Manantial los Jazmines y Laguna de Calderas.

El Manantial Los Jazmines abastece: la aldea Los Ríos, aldea el Patrocinio, Aldea El Rodeo y cabecera municipal. Laguna de Calderas abastece: aldea San Francisco De Sales, aldea Concepción El Cedro y aldea El Bejucal.

La calidad del agua en el Manantial los Jazmines no ha sido analizada a la fecha, mientras que García (2008) y Marroquín (2008) determinaron que la laguna de calderas recibe alto contenido de descargas domésticas debido a la falta de drenajes en las comunidades, además en la visita realizada en julio 2011 se verificó el uso de la laguna para actividades de lavado doméstico.

3. DELIMITACIÓN DEL TEMA

San Vicente Pacaya es un municipio correspondiente al departamento de Escuintla. Se diagnosticará y evaluará la calidad física, química y microbiológica en agua de suministro proveniente de dos fuentes:

1. Manantial Los Jazmines: abastece la aldea Los Ríos, aldea el Patrocinio, Aldea El Rodeo y cabecera municipal.
2. Laguna de Calderas: abastece aldea San Francisco De Sales, aldea Concepción El Cedro y aldea El Bejucal.



Figura 1 Mapa área Norte de San Vicente Pacaya

Fuente: www.volcandepacaya.com

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES

San Vicente pacaya es uno de los 13 municipios que integran el departamento de Escuintla, ocupa 236 km²; de población tiene 12.7 miles de habitantes y la densidad de población por kilómetro cuadrado es de 54. Este municipio está integrado por 13 aldeas y 4 caseríos. La temperatura promedio está entre 15° y 24°C (Santay, 2008).

El municipio de San Vicente Pacaya se localiza al sur del país, colindando al norte con los municipios de Amatitlán y Villa Canales, ambos del departamento de Guatemala; al este con Barberena, Santa Rosa; al sur con el municipio de Guanagazapa, Escuintla; al oeste con Escuintla y Palín, ambos municipios del departamento de Escuintla. San Vicente Pacaya se encuentra a una altura de 1680 msnm. Se ubica a 45 kilómetros de la capital (ver figura 2).

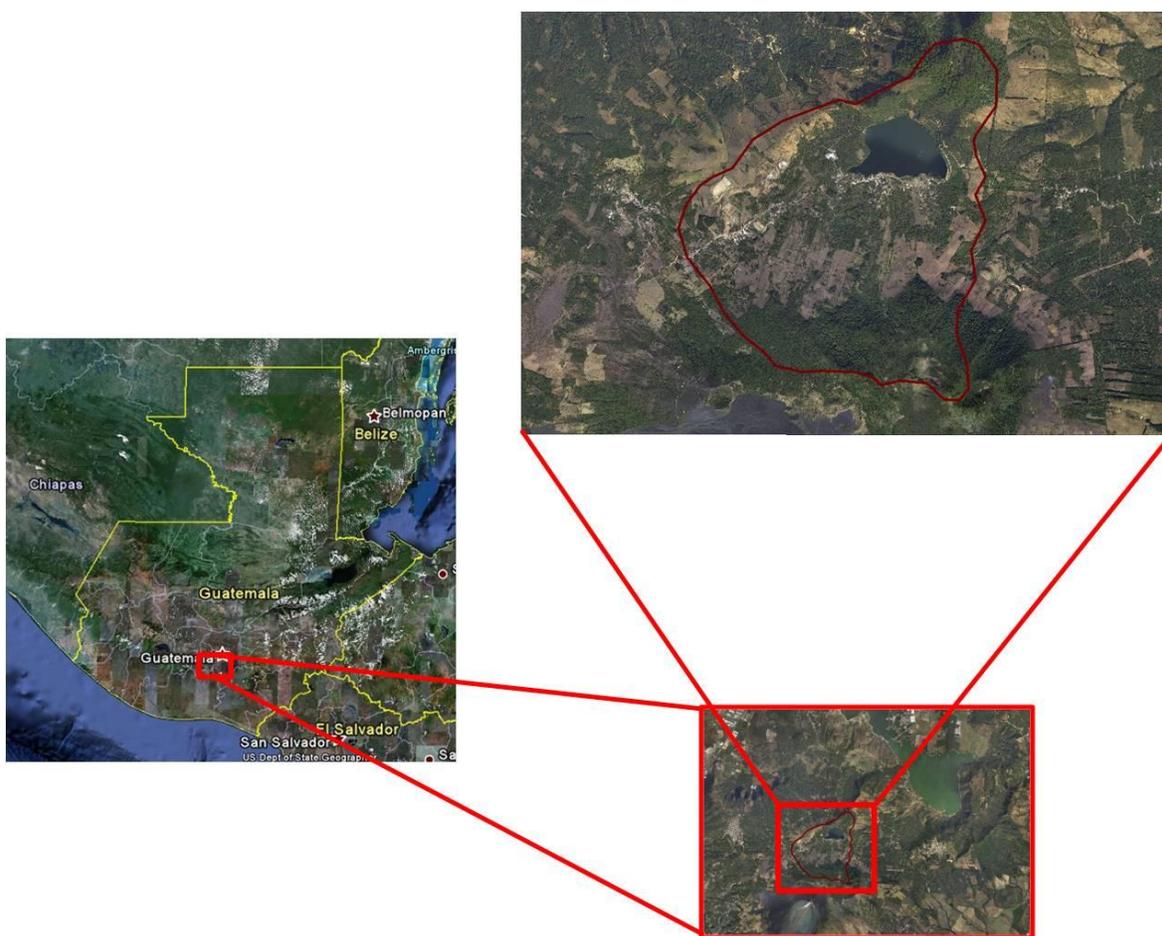


Figura 2 Mapa de ubicación del municipio de San Vicente Pacaya

Además según datos del Instituto Nacional de Estadística (Instituto Nacional de Estadística, 2002), San Vicente Pacaya posee 2,712 hogares y un promedio de 5 personas por hogar. Tiene 24.8% de analfabetismo, no existe cobertura de drenajes por lo que el 80% de los hogares tienen el servicio sanitario que consiste en letrina o pozo ciego. Se registra cobertura de agua potable del 78% de los hogares. La población económicamente activa (PEA) es de 4,223 de las que el 58.5 % se dedica a la agricultura.

La presente investigación se enfoca en el abastecimiento del área norte del municipio. En la visita de campo se ubicaron dos fuentes de agua: Manantial los Jazmines, abasteciendo la cabecera municipal, Aldea Los Ríos, Aldea El Patrocinio y Aldea El Rodeo; y, la laguna de calderas que abastece Aldea San Francisco, Aldea Concepción y Aldea El Bejucal. Ninguna de las dos fuentes posee sistema de potabilización para el agua distribuida.



Fotografía 1 Fuente de agua: Manantial Los Jazminez

Fuente: San Vicente Pacaya. Julio 2011
Tomada por: Investigadora



Fotografía 2 Fuente de agua: Laguna de Calderas

Fuente: San Vicente Pacaya. Julio 2011

Tomada por: Elia Monroy, autora de la presente investigación

4.2 GENERALIDADES

El agua es esencial para la vida. Los recursos naturales como el agua se han vuelto escasos con el crecimiento poblacional mundial.

La hidrósfera es el total de agua presente en el planeta, en todas sus formas. El agua cubre $\frac{3}{4}$ partes de la superficie de la tierra, de lo cual el 97% es agua salada ubicada principalmente océanos y mares; sólo el 3% de su volumen es dulce. De esto último solo un 1% está en estado líquido. El 2% restante se encuentra en estado sólido en las latitudes próximas a los polos. Fuera de las regiones polares el agua dulce se encuentra principalmente en humedales y, subterráneamente en acuíferos. En estado líquido compone masas de agua como océanos, mares, lagos, ríos, arroyos, canales, manantiales y estanques (Centro de Investigación y Documentación educativa, 2006).

El término “calidad del agua” está relacionado con aquellas características físicas, químicas y biológicas, por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es apta o no para el consumo humano. El mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo es una gestión integrada y preventiva en la que colaboren todos los organismos pertinentes. El acceso al agua potable es un derecho fundamental. Sin acceso al agua no hay vida, sin acceso al agua potable no hay existencia a salvo de la enfermedad (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La calidad del agua potable es una cuestión que afecta países en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población que puede ser por agentes infecciosos, productos químicos tóxicos, contaminación radiológica, etc. La experiencia pone de manifiesto el valor de los enfoques de gestión preventivos que abarcan desde los recursos hídricos al consumidor (Saravia, 2007).

Pese a que la población mundial está dividida casi equitativamente entre habitantes de zonas urbanas y habitantes de zonas rurales, la gran mayoría de quienes carecen de agua y servicios de saneamiento vive en éstas últimas: más del 80% de las personas no tienen acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, en las zonas rurales. Se calcula que el agua no potable y los hábitos de saneamiento e higiene insalubres cobran cada año la vida de 1.5 millones de niños menores de cinco años. La falta de acceso a agua, saneamiento e higiene incide negativamente en la salud, seguridad, los medios de subsistencia y la calidad de vida (Organización Mundial de la Salud, 2010).

4.3 CONTAMINANTES DEL AGUA

La calidad del agua potable ha sido un factor determinante del bienestar humano. El agua insalubre contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando grandes problemas a las personas que se ven obligadas a usarla. Epidemias han sido causadas por bacterias y virus infecciosos, transportados en agua potable. Actualmente la seguridad del agua abarca también la presencia potencial de contaminantes químicos, tanto orgánicos como inorgánicos y metales pesados, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y de la escorrentía urbana (Manahan, 2007).

Las fuentes de contaminación biológicas se inician por desechos de origen humano y/o animal, ya que éstos pueden contener una gran cantidad de bacterias, virus y protozoarios patógenos, así como helmintos parásitos (Tórtola, 2007).

A través de las excretas de seres humanos y animales, en particular de las heces, que se transmiten las enfermedades infecciosas. Los patógenos que representan un riesgo grave para la salud humana que se pueden encontrar en el agua son: *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Escherichia coli O157:H7*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolítica*, *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli* (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Los efectos de algunos de éstos patógenos en la salud humana se pueden observar en la Tabla 1 de anexos.

También hay otro tipo de contaminación de la cual se debe proteger la fuente de agua y es la producida por desechos químicos tóxicos provenientes de industrias, fertilizantes y/o desinfectantes químicos. Aunque químicamente son pocas las sustancias

presentes en el agua que pueden causar problemas de salud agudos, solo si se da la contaminación accidental masiva del abastecimiento, los problemas relacionados con las sustancias químicas en el agua se deben, sobre todo, a que éstas pueden afectar negativamente la salud tras exposición prolongados. Las sustancias más peligrosas son los contaminantes con propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias cancerígenas, problemas del hígado o riñones y/o dificultades en la reproducción (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La tabla 2 de la sección de anexos muestra algunos contaminantes orgánicos, inorgánicos y sustancias radionucleidas que pueden estar presentes en el agua y los efectos que éstos provocan cuando se encuentran en concentraciones mayores de las permitidas.

Se han presentado los límites para agua de consumo humano establecidos por EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos, en total son más de 80 contaminantes que pueden encontrarse en el agua y que presentan un riesgo a la salud humana (EPA, 2009).

EPA (2009) también da un listado nacional estadounidense de contaminantes secundarios, que se observan en la tabla 3 de los anexos.

4.4 DETERIORO HÍDRICO EN GUATEMALA

A nivel mundial las aguas se han contaminado por el uso agropecuario, el uso público y el industrial. La agricultura moderna ha contribuido a una contaminación mayor debido al uso de fertilizantes y plaguicidas, mismos que van a dar a los cuerpos de agua. Las sustancias químicas de uso doméstico que se generan por los detergentes, disolventes y restos alimenticios o descargas fecales (Martínez, 2010).

En Guatemala el porcentaje de la población que tiene acceso al agua potable y servicios sanitarios es extremadamente bajo. La mayoría de las áreas rurales no poseen sistemas convencionales de agua negras sino solamente letrinas. Guatemala tiene el índice más alto de mortalidad infantil, esto se debe en gran parte a la contaminación del agua (FAO, 2011).

La contaminación de los recursos de agua en Guatemala representa un gran problema. A lo largo de todo el país prevalece la contaminación del agua superficial y de aguas subterráneas poco profundas. Las aguas negras provenientes del sector doméstico y los flujos agrícolas ocasionan la contaminación biológica del agua cerca. El agua superficial está cargada de heces particularmente en las áreas densamente pobladas. Muchos ríos se consideran severamente contaminados. Muchos acuíferos poco profundos se están contaminando debido a la contaminación superficial, esto está causando la dependencia de pozos y fuentes de agua más profundas para proporcionar agua potable (FAO, 2011).

Aparte de la creciente contaminación de las fuentes hídricas, el método de desinfección es otro problema a tratar. En la ciudad de Guatemala se cuenta con sistemas formales de tratamiento de agua, tales como las plantas potabilizadoras, pero en el área rural el tratamiento del agua para consumo es a nivel doméstico, utilizándose básicamente la desinfección con cloro y ebullición (INFOM, 2006).

4.5 CALIDAD DEL AGUA EN FUENTES DE ABASTECIMIENTO EN SAN VICENTE PACAYA

4.5.1 Manantial Los Jazmines

Según la definición de la Unión Europea, el agua mineral natural es el agua microbiológicamente pura, que tiene su origen en una capa freática o yacimiento subterráneo y que brote de un manantial en uno o varios puntos de alumbramientos naturales o perforados. Aunque los manantiales estén protegidos de la contaminación, pueden contener bacterias presentes de forma natural, dado que el agua no está desinfectada (Assadourian, 2006).

El manantial analizado (ver fotografía 3) en San Vicente Pacaya, se encuentra dentro del área montañosa donde el agua emerge naturalmente. Esta área no tiene población humana, tampoco es un área de cultivos por lo que no se localizan en sus alrededores fuentes de desechos humanos, de tipo agropecuario o de tipo industrial.



Fotografía 3 Fuente de agua: Manantial Los Jazmines

Fuente: San Vicente Pacaya. Julio 2011
Tomada por: Investigadora

4.5.2 Laguna de Calderas

El agua de la Laguna de Calderas, tiene un alto contenido de coliformes totales fecales, derivado de las descargas domésticas y del lavado que son vertidas por las viviendas de los pobladores que viven en las riberas del sistema lacustre (García, 2007).

En el año 2008, se realizó un estudio donde se determinaron las variables físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico de la laguna de Calderas, cuyos resultados al compararse con los con los criterios de calidad para fuentes naturales de la organización mundial de la salud –OMS- se estableció que era necesario para esta fuente, un pre-tratamiento de filtración y un tratamiento primario de cloración para hacerla apta para consumo humano (Marroquín, 2008).



Fotografía 4 Lavado de ropa a la orilla de la Laguna de Calderas

Fuente: San Vicente Pacaya. Julio 2011

Tomada por: Investigadora

Existe un problema adicional sobre el área, relacionado con la falta de drenajes funcionales y la carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales apropiados, situación que se observó en algunas áreas de la laguna en la visita técnica realizada en julio de 2011.

4.6 NORMATIVA COGUANOR NGO 29001:99 PARA AGUA POTABLE EN GUATEMALA

En Guatemala se encuentran tabulados los máximos aceptables y límites permisibles de compuestos químicos, características sensoriales, biocidas y límites bacteriológicos en la Norma COGUANOR 29001:99 primera revisión del ministerio de economía. Dicha normativa es de cumplimiento nacional y es el estándar de comparación para los parámetros de calidad de agua (COGUANOR 29001, 1999).

El 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 en la salud del consumidor (COGUANOR 29001, 1999).

El LMP: Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano (COGUANOR 29001, 1999).

4.7 PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL AGUA A ANALIZAR

4.7.1 Sabor, color y aspecto

El sabor y olor del agua pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, así como fuentes o procesos biológicos. Los sabores u olores del agua de consumo pueden revelar la existencia de algún tipo de contaminación, esto se puede percibir por la turbiedad, color, partículas u organismos visibles (Organización Mundial de la Salud, 2006).

4.7.2 Turbidez

Es la medida de la opacidad del agua comparada con ciertos estándares establecidos que origina dispersión de interferencias de los rayos luminosos que pasan a través de la misma como resultados de la presencia de materia orgánica e inorgánica finamente dividida (Casado, 2007).

4.7.3 Fluoruros

Estos pueden presentarse en forma natural en el agua subterránea o superficial. El flúor en las aguas procede de los minerales fluorados. Los fluoruros tienen acción de prevención de las caries en concentraciones adecuadas. Cuando supera los 2 mg/l se fija en fosfatos y calcio, en dientes y huesos, originando fluorosis (Acosta, 2008).

4.7.4 Nitratos y nitritos

Muchas sustancias que llegan al agua contienen nitrógeno y actúan como nutrientes para la vida vegetal. Los nitratos en el agua potable son medidos para evaluar la cantidad de nitrógeno presente. La alta concentración de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, o la “enfermedad de los bebés azules” en lactantes con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas (Sánchez, 2007).

4.7.5 Dureza

Las aguas duras son aquellas que provienen de fuentes de carbonatos de Calcio y de Magnesio. Tienen la propiedad de acumular sarro en las cañerías e inhiben la capacidad del jabón de hacer espuma. Puede afectar la aceptabilidad del agua de consumo (Aramendía, 2006).

4.7.6 Hierro

Es un elemento esencial en la nutrición humana, las necesidades diarias mínimas de este elemento varían en función de la edad, el sexo, el estado físico y la biodisponibilidad del hierro. Además, el hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está naturalmente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0.5 a 50 mg/L. En concentraciones mayores que 0.3 mg/l causa manchas en la ropa o utensilios de porcelana, produce sabores metálicos y en general le da un aspecto desagradable e inapropiado para ciertos usos. La remoción puede ser hecha por medio de intercambio iónico (ablandador) o por oxidación/filtración (Lenntech, 2011).

4.7.7 Manganeso

Es un elemento esencial para los mamíferos. El agua de consumo suponiendo una ingesta normal de 2 l/día, podría suministrar de 0.040 a 0.064 mg. La OMS recomienda una ingesta para adultos de 2-3 mg/día. La ingestión excesiva de manganeso conduce a un estado de intoxicación denominado “manganismo”. Se produce sobre todo, en obreros que manipulan ese metal y se manifiesta con alteración mental, anemia, astenia (Jimenez, 2011). La presencia de manganeso a concentraciones mayores que 0.1 mg/l en sistemas de abastecimiento de agua produce un sabor no deseable.

4.7.8 Sulfatos

Están presentes en forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente en la industria química. Los sulfatos se liberan al agua procedente de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. La presencia de sulfato en agua de consumo pueden generar molestias a los consumidores al producir un sabor apreciable y contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución (Varó, 2009).

4.7.9 Amoniaco

El amoníaco presente en el medio ambiente puede provenir de procesos metabólicos, agropecuarios, industriales y de la degradación natural de sustancias orgánicas tales como plantas y/o animales en proceso de descomposición (Sapiña, 2006). Las concentraciones naturales en aguas subterráneas y superficiales suelen ser menores que 0.2 mg/l, pero las aguas subterráneas anaerobias pueden contener hasta 3 mg/l y la ganadería intensiva puede general concentraciones mucho mayores en aguas superficiales. El amoniaco es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales. El amoniaco puede reducir la eficiencia de la desinfección, ocasionar la formación de nitrito en sistemas de distribución y producir problemas organolépticos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

4.7.10 pH

La evaluación del pH se emplea para caracterizar un agua, dar seguimiento a un proceso (neutralización, biológico, anaerobio, corrosión), o bien, para controlar las condiciones de operación (precipitación, floculación, sistemas biológico anaerobios, desinfección) ya que la velocidad de las reacciones depende de él.

El pH del agua natural varía entre 5 y 9. En sistemas de abastecimiento, uno de los principales propósitos de la regulación del pH es reducir al mínimo la corrosión o la incrustación, que es una consecuencia de las relaciones entre el pH, CO₂, la dureza, la alcalinidad y temperatura. Se evita tener un valor de pH menor a 7 para este efecto. Otro factor es que el valor de pH mayor a 8 interfiere en la desinfección con cloro. El pH aceptable, para agua potable varía entre 6.5 a 8.5 como valor guía (Jiménez, 2006).

En el proceso de potabilización y distribución del agua, se producen una serie de reacciones químicas entre los agentes de desinfección y la materia orgánica presentes en el agua a tratar. La naturaleza y concentración de los compuestos formados son dependientes de variables tales como el tipo y concentración del desinfectante utilizado, la cantidad de materia orgánica presente en el agua natural, la temperatura, la fuerza iónica, el tiempo de contacto con el agente desinfectante, y el pH; siendo éste último una

variable crítica. Entre la familia de subproductos de cloración que se forman se destacan los trihalometanos (THM), cuyo valor de concentración en el agua tratada se encuentra regulado debido a sus efectos adversos a la salud. El incremento de pH favorece la formación de trihalometanos (Vuolo, 2004).

4.7.11 Conductividad eléctrica

Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la presencia de iones. Proviene de una base, un ácido o una sal, disociadas en iones. La conductividad y la dureza son dos parámetros cuyos valores están relacionados y reflejan el grado de mineralización (sales disueltas) de las aguas (Bureau, 2008).

4.7.12 Sólidos totales disueltos

Comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y cantidades menores de materia orgánica; todo ello disuelto en el agua. Los sólidos totales disueltos o STD pueden proceder de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Concentraciones superiores a 1200 mg/l pueden resultar desagradables para los consumidores. El agua con concentraciones muy bajas de STD también puede ser inaceptable debido a su falta de sabor (Roldán, 2008).

4.7.13 Microbiología

Las pruebas de calidad bacteriológica del agua se basan en la presencia de microorganismos indicadores, casi siempre coliformes. Los coliformes fecales, en especial *E.coli*, se utilizan como indicadores de la presencia de heces humanas (Tórtola, 2007).

4.8 PROCEDIMIENTOS PARA TRATAR AGUAS CONTAMINADAS

4.8.1 Potabilización

Consiste en separar del agua por medio de procesos mecánicos y químicos el exceso de elementos o sustancias orgánicas e inorgánicas (incluidos microorganismos) que la misma pudiera contener. Esta separación se hace con el fin de que el agua resultante del proceso sea consumible sin ocasionar daños a la salud (Sbarato, 2007).

4.8.2 Cloración

La utilización del cloro como desinfectante es el método de desinfección más común. Se utilizan numerosos derivados clorados tales como: cloro gas, hipoclorito o dióxido de cloro. El cloro y sus derivados son sustancias de tipo oxidante, las cuales actuarán por mecanismos de oxidación, destruyendo la célula tras provocar la rotura de la pared celular. Para una correcta desinfección con cloro hay que tener en cuenta la concentración del desinfectante y tiempo de contacto, pH, temperatura, turbidez, compuestos nitrogenados, hierro, manganeso. La eficiencia de la cloración está muy influenciada por las concentraciones de amonio, nitrito y nitrato (Osorio, 2010).

Tabla 1 Clasificación de procesos de tratamiento del agua en función de su complejidad técnica y costo

<i>Categoría</i>	<i>Procesos de tratamiento</i>
1	Cloración simple Filtración sencilla (rápida o lenta, en arena)
2	Precloración y filtración Aeración
3	Coagulación química
4	Tratamiento con carbón activado granular Intercambio de iones
5	Ozonización
6	Procesos de oxidación avanzados Tratamiento con membranas

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2006)

4.8.3 Ozonización

Debido a los subproductos generados en la cloración las investigaciones han llevado a la utilización de ozono como agente oxidante para la desinfección de aguas potables, además el ozono tiene mayor poder desinfectante que los productos basados en cloro. La corta vida del ozono tanto en estado gaseoso como en disolución acuosa no permite su almacenamiento por lo que debe generarse *in situ*. La reacción es altamente endotérmica y no espontánea por lo que se incrementan los gastos energéticos y costos del proceso (Osorio, 2010).

4.8.4 Filtración

El agua se puede filtrar a través de pequeñas aberturas en material permeable. El filtro es la capa de material poroso a través de la cual pasa el agua, y cuyo objeto es separar de ésta las materias que se encuentran en suspensión (Sánchez, 2007).

Las partículas pueden separarse del agua mediante filtros rápidos por gravedad, horizontales o a presión, o filtros lentos de arena. La filtración lenta en arena es un proceso biológico, y los otros tipos de filtración son procesos físicos. Los filtros rápidos por gravedad, horizontales y a presión pueden utilizarse para la filtración directa de agua bruta, sin tratamiento previo. Los filtros rápidos por gravedad y a presión se utilizan habitualmente para filtrar agua que ha sido tratada previamente mediante coagulación y sedimentación (Organización Mundial de la Salud, 2006).

4.8.5 Aireación, floculación, decantación y sedimentación

La aireación es necesaria para eliminar cierto tipo de microorganismos. El proceso de floculación consiste en el agregado de una sustancia coloidal que, por sus propiedades superficiales, permite que se adhieran muchas superficies a la superficie del coloide y de esta manera ser arrastrados, en un paso posterior, separados por decantación o sedimentación (Odetti, 2006).

Tabla 2 Procesos sugeridos para potabilización en función de los contaminantes presentes

<i>Tipo de Contaminante</i>	<i>Operación unitaria</i>
Sólidos gruesos	Desbaste
Partículas coloidales	Coagulación + floculación + decantación
Sólidos en suspensión	Filtración
Materia Orgánica	Carbón activado
Amoniaco	Cloración al breakpoint
Patógenos	Desinfección
Metales (Fe, Mn)	Precipitación por oxidación
Sólidos disueltos (Cl ⁻ , Na ⁺ , K ⁺)	Ósmosis inversa

Fuente: (American water works association, 2011)

5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, apenas 45% de quienes viven en las zonas rurales disponen de servicios mejorados de saneamiento, en comparación con el 76% de quienes viven en las zonas urbanas (UNICEF, 2010).

En zonas rurales de Guatemala la cobertura de saneamiento llega solo a 52%, actualmente todavía está en trámite la ley de aguas en el Congreso de la República, que se espera regule y conserve las fuentes de agua potable.

Constitucionalmente en Guatemala se establece que el Organismo Ejecutivo incluirá anualmente en el presupuesto general de ingresos ordinarios del Estado un 10% del mismo para las municipalidades del país. Este porcentaje debe ser distribuido en un 90% para programas y proyectos de educación, salud preventiva, obras de infraestructura y servicios públicos que mejoren la calidad de vida de los habitantes. El 10% restante podrán utilizarlo en gastos de funcionamiento (Santay, 2008).

El manejo de los fondos estipulado se invierte debido a la falta de generación de ingresos propios por parte de las municipalidades y de la poca claridad en el manejo de los fondos. Esto entonces, genera problemas con la distribución y calidad de agua potable.

En San Vicente Pacaya, se analizarán dos fuentes de abastecimiento de agua: la primera, de un manantial que emerge de la montaña y la segunda, tomada directamente de la laguna de Calderas. En ambos casos el agua es bombeada hacia los depósitos suministradores y de allí hacia los domicilios. El agua es abastecida sin tratamiento controlado para su potabilización.

En el caso de la fuente tomada de Laguna de Calderas, ubicada en jurisdicción Municipal de Amatitlán, la degradación ambiental se manifiesta a través de la pérdida de suelo y bosque, fertilizantes y pesticidas y; de la contaminación del recurso hídrico con materia fecal, ya que se tiene referencia de contaminación debido a la falta de drenajes en las comunidades aledañas (Marroquín, 2008).

Debido a que las fuentes de agua que suministran el vital líquido a las aldeas Los Ríos, El Patrocinio, El Rodeo, San Francisco de Sales, Concepción, El Cedro, El Bejucal y cabecera municipal; no cuentan con el tratamiento primario de potabilización básico en la obtención de agua potable, es importante establecer el estado fisicoquímico y microbiológico para poder elaborar recomendaciones de acciones a seguir para evitar que la población se vea afectada por enfermedades que provengan del consumo de agua de estas fuentes y, establecer y promover los procedimientos de potabilización del agua a nivel familiar y a nivel comunal.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una evaluación diagnóstica para determinar la calidad del agua que actualmente suministra el sistema de abastecimiento municipal en el área norte del municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla; proveniente de Manantial Los Jazmines y la Laguna de Calderas.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.2.1 Realizar la evaluación diagnóstica utilizando los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos sugeridos a través de metodologías definidas con el apoyo de las normas COGUANOR (29001:99)
- 6.2.2 Realizar los análisis fisicoquímicos de color, olor, aspecto, turbiedad, fluoruros, cloruros, nitratos, nitritos, dureza, hierro, manganeso, sulfatos, amoniac, pH, conductividad eléctrica, y sólidos totales en las muestras de agua provenientes del manantial Los Jazmines y Laguna de Calderas.
- 6.2.3 Realizar los análisis microbiológicos para determinar coliformes totales, coliformes fecales y *E.coli* a las muestras tomadas de manantial los Jazmines y laguna de calderas.
- 6.2.4 Informar a las autoridades y comunidades interesadas los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos y recomendar a la corporación municipal las medidas a implementar para mejorar la calidad del agua que se distribuye a las comunidades mencionadas.
- 6.2.5 Promover el informe de resultados y sugerir procedimientos de potabilización que pueden llevar a cabo las familias que habitan en las comunidades abastecidas, a través del consejo comunitario de desarrollo-COCODE- respectivo.

7. METODOLOGÍA

7.1 Muestreo

Las muestras de agua pueden ser simples, compuestas o bien en continuo. En este caso se tomó una muestra simple para proporcionar información sobre la calidad en un punto (fuente de agua) y un momento dado.

De cada fuente de agua a analizar se tomó una muestra simple.

El tipo de muestreo para agua natural que se utilizó además fue el sistemático que adoptó una secuencia temporal repetitiva con lo cual se obtendrán series temporales de datos.

Debido al muestreo sistemático se realizaron dos muestreos simples con intervalos de tiempo de tres semanas, siendo la primera el 5 de octubre y la segunda el 26 de octubre de 2011.

7.1.1 Muestreo fisicoquímico

- ✓ Se utilizaron recipientes de 1 galón proporcionados por el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria
- ✓ En el punto de muestreo se lavó tres veces el recipiente con el agua a analizar.
- ✓ En la cuarta toma se llenó el galón y se selló rotulándolo.
- ✓ Se colocó en hielera transportándose en un tiempo máximo de 2 horas hacia el laboratorio.
- ✓ Se entregaron al laboratorio para sus análisis

7.1.2 Muestreo microbiológico

- ✓ Recipientes esterilizados de 250 ml proporcionados por el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria así como por el Laboratorio Microbiológico de Referencia.
- ✓ En el punto de muestreo se tomó única muestra teniendo el cuidado de no contaminar la parte interior del recipiente así como la tapadera.
- ✓ Se colocó en hielera transportándose en un tiempo máximo de 2 horas hacia el laboratorio.
- ✓ Se entregaron al laboratorio para sus análisis

7.2 Métodos de ensayo en el laboratorio

Los métodos de examen y análisis que se realizarán a cada muestra son las aceptadas por COGUANOR NGO 29001:99 y "Standard Methods for the Examination of water and wastewater". 21^{va} edición de 2005.

- 7.2.1 Análisis fisicoquímico
- ✓ Olor, color y aspecto
 - ✓ Turbidez
 - ✓ Fluoruros
 - ✓ Nitratos
 - ✓ Nitritos
 - ✓ Dureza
 - ✓ Hierro
 - ✓ Manganeso
 - ✓ Sulfatos
 - ✓ Amoniacó
 - ✓ pH
 - ✓ conductividad eléctrica
 - ✓ Sólidos totales disueltos
- 7.2.2 Análisis microbiológico
- ✓ Coliformes totales
 - ✓ Coliformes fecales
 - ✓ *E. coli*

8. RESULTADOS

8.1 Análisis de muestras del 05 de octubre de 2011.

Tabla 3 Resultados de análisis en Manantial Los Jazmines con muestra de agua obtenida el 05 de octubre de 2011.

Muestra:	Manantial Los Jazmines			
Laboratorio:	Química y Microbiología Sanitaria, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Aspecto	---	Clara	---	---
Color	u*	1.00	5.0	35.0 u
Turbidez	UNT **	0.28	5.0	15.0 UNT
Olor	---	Inodora	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno pH	---	7.20	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Conductividad eléctrica	µS /cm	231.00	---	< de 1500
Nitritos	mg/L	0.004	---	1
Nitratos	mg/L	10.12	---	10
Manganeso	mg/L	0.004	0.050	0.50
Cloruros	mg/L	17.00	100.00	250.00
Fluoruros	mg/L	0.29	---	1.70
Sulfatos	mg/L	08.00	100.00	250.00
Hierro total	mg/L	0.01	0.100	1.00
Dureza total	mg/L	88.00	100.00	500.00
Sólidos Disueltos	mg/L	122.00	500.0	1 000.0
Coliformes totales	NMP/100 ml	2	---	<2 - <3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<2	---	<2 - <3
Amoniaco (NH ₃)	mg/L	0.08	No poseen valores comparativos para COGUANOR 29001:99	
Sólidos Totales	mg/L	149.00		
Sólidos Volátiles	mg/L	6.00		
Sólidos Fijos	mg/L	143.00		
Sólidos en Suspensión	mg/L	1.00		
Alcalinidad total	mg/L	86.00		
Muestra:	Manantial Los Jazmines			
Laboratorio:	Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Coliformes totales	NMP/100 ml	5	---	<2 - <3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<2	---	<2 - <3
<i>E.coli</i>		Ausencia	Ausencia	Ausencia

*LMA: Límite máximo aceptable COGUANOR 29001:99
+Unidades de color

**LMP: Límite máximo permisible COGUANOR 29001:99
NMP: Número más probable
++Unidades nefelométricas de turbiedad

Técnica: “Standard methods for the examination of water and wastewater” de la APHA-AWWA-WEF 21^{va} edición de 2005, Normas COGUANOR NGO 4010 (Sistema internacional de Unidades) y 29001:99 (Agua potable y sus derivados), Guatemala

Tabla 4 Resultados de análisis en Laguna de Calderas con muestras de agua obtenida el 05 de octubre de 2011.

Muestra:	Laguna de Calderas			
Laboratorio:	Química y Microbiología Sanitaria, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Aspecto	---	Clara	---	---
Color	u*	3.00	5.0	35.0 u
Turbidez	UNT **	1.94	5.0	15.0 UNT
Olor	---	Inodora	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno pH	---	8.32	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Conductividad eléctrica	µS /cm	321.00	---	< de 1500
Nitritos	mg/L	0.005	---	1
Nitratos	mg/L	02.20	---	10
Manganeso	mg/L	0.013	0.050	0.50
Cloruros	mg/L	26.00	100.00	250.00
Fluoruros	mg/L	0.63	---	1.70
Sulfatos	mg/L	9.00	100.00	250.00
Hierro total	mg/L	0.04	0.10	1.00
Dureza total	mg/L	126.00	100.00	500.00
Sólidos Disueltos	mg/L	170.00	500.0	1 000.0
Coliformes totales	UFC/100 ml	>16 x10 ⁷	---	<2 - <3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	17	---	<2 - <3
Amoniaco (NH ₃)	mg/L	0.17	No poseen valores comparativos para COGUANOR 29001:99	
Sólidos Totales	mg/L	194.00		
Sólidos Volátiles	mg/L	11.00		
Sólidos Fijos	mg/L	183.00		
Sólidos en Suspensión	mg/L	3.00		
Alcalinidad total	mg/L	142.00		
Muestra:	Laguna de Calderas			
Laboratorio:	Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Coliformes totales	NMP/100 ml	240	---	<2 - <3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	240	---	<2 - <3
<i>E.coli</i>		Presencia	Ausencia	Ausencia

*LMA: Límite máximo aceptable COGUANOR 29001:99
+Unidades de color

**LMP: Límite máximo permisible COGUANOR 29001:99
NMP: Número más probable
++Unidades nefelométricas de turbiedad

Técnica: “Standard methods for the examination of water and wastewater” de la APHA-AWWA-WEF 21^{va} edición de 2005, Normas COGUANOR NGO 4010 (Sistema internacional de Unidades) y 29001:99 (Agua potable y sus derivados), Guatemala

8.2 Análisis de muestras del 26 de octubre de 2011

Tabla 5 Resultados de análisis en Manantial Los Jazmines con muestra de agua obtenida el 26 de octubre de 2011

Muestra:	Manantial Los Jazmines			
Laboratorio:	Química y Microbiología Sanitaria, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Aspecto	---	Clara	---	---
Color	u*	1.00	5.0	35.0 u
Turbidez	UNT **	0.038	5.0	15.0 UNT
Olor	---	Inodora	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno pH	---	7.32	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Conductividad eléctrica	µS /cm	258.00	---	< de 1500
Nitritos	mg/L	0.006	---	1
Nitratos	mg/L	9.46	---	10
Manganeso	mg/L	0.003	0.050	0.50
Cloruros	mg/L	12.50	100.00	250.00
Fluoruros	mg/L	0.07	---	1.700
Sulfatos	mg/L	8.00	100.00	250.00
Hierro total	mg/L	0.04	0.10	1.00
Dureza total	mg/L	112.00	100.00	500.00
Sólidos Disueltos	mg/L	137.00	500.0	1 000.0
Coliformes totales	NMP/100 ml	50	---	<2 - <3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<2	---	<2 - <3
Amoniaco (NH ₃)	mg/L	0.01	No poseen valores comparativos para COGUANOR 29001:99	
Sólidos Totales	mg/L	162.00		
Sólidos Volátiles	mg/L	7.00		
Sólidos Fijos	mg/L	155.00		
Sólidos en Suspensión	mg/L	1.00		
Alcalinidad total	mg/L	88.00		
Muestra:	Manantial Los Jazmines			
Laboratorio:	Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Coliformes totales	NMP/100 ml	8	---	<2 - <3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	5	---	<2 - <3
<i>E.coli</i>		Presencia	Ausencia	Ausencia

*LMA: Límite máximo aceptable COGUANOR 29001:99

+Unidades de color

**LMP: Límite máximo permisible COGUANOR 29001:99

NMP: Número más probable

++Unidades nefelométricas de turbiedad

Técnica: “Standard methods for the examination of water and wastewater” de la APHA-AWWA-WEF 21^{va} edición de 2005, Normas COGUANOR NGO 4010 (Sistema internacional de Unidades) y 29001:99 (Agua potable y sus derivados), Guatemala

Tabla 6 Resultados de análisis en Laguna de Calderas con muestra de agua obtenida el 26 de octubre de 2011

Muestra:	Laguna de Calderas			
Laboratorio:	Química y Microbiología Sanitaria, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Aspecto	---	Clara	---	---
Color	u*	05.00	5.0	35.0 u
Turbidez	UNT **	00.93	5.0	15.0 UNT
Olor	---	Inodora	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno pH	---	07.36	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Conductividad eléctrica	µS /cm	325.00	---	< de 1500
Nitritos	mg/L	00.003	---	1
Nitratos	mg/L	02.64	---	10
Manganeso	mg/L	00.019	0.050	0.500
Cloruros	mg/L	25.00	100.00	250.00
Fluoruros	mg/L	00.37	---	1.700
Sulfatos	mg/L	08.00	100.000	250.0000
Hierro total	mg/L	00.10	0.100	1.000
Dureza total	mg/L	148.00	100.000	500.0000
Sólidos Disueltos	mg/L	172.00	500.0	1 000.0
Coliformes totales	UFC/100 ml	80	---	<2 - <3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	14	---	<2 - <3
Amoniaco (NH ₃)	mg/L	00.12	No poseen valores comparativos para COGUANOR 29001:99	
Sólidos Totales	mg/L	195.00		
Sólidos Volátiles	mg/L	08.00		
Sólidos Fijos	mg/L	187.00		
Alcalinidad total	mg/L	146.00		
Sólidos en Suspensión	mg/L	01.00		
Muestra:	Laguna de Calderas			
Laboratorio:	Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.			
Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA*	LMP**
Coliformes totales	NMP/100 ml	1600	---	<2 - <3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	33	---	<2 - <3
<i>E.coli</i>		Presencia	Ausencia	Ausencia

*LMA: Límite máximo aceptable COGUANOR 29001:99
+Unidades de color

**LMP: Límite máximo permisible COGUANOR 29001:99
NMP: Número más probable
++Unidades nefelométricas de turbiedad

Técnica: “Standard methods for the examination of water and wastewater” de la APHA-AWWA-WEF 21^{va} edición de 2005, Normas COGUANOR NGO 4010 (Sistema internacional de Unidades) y 29001:99 (Agua potable y sus derivados), Guatemala

8.3 Informe hacia las comunidades y autoridades

8.3.1 Autoridades municipales

Se informó y recomendó personalmente al departamento de Planificación de la Municipalidad de San Vicente Pacaya, adjuntando una copia de los análisis realizados; mantener el proceso de desinfección con hipoclorito de sodio con el equipo clorinador en buen estado y el suministro necesario para desinfectar el agua abastecida a las comunidades.

8.3.2 Comunidades

Se promovió personalmente con las autoridades de los COCODES de las comunidades abastecidas para que capaciten a los pobladores respecto a la potabilización del agua hirviéndola durante cinco minutos debido a las deficiencias en el tratamiento actual y al indicador de contaminación fecal detectado. Además de incluir en tales capacitaciones la utilización correcta de agroquímicos.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Actualmente, el área norte del municipio de San Vicente Pacaya cuenta con dos fuentes de abastecimiento para el suministro de agua para la población de las comunidades de la siguiente manera: El Manantial Los Jazmines abastece las aldeas Los Ríos, El Patrocinio, El Rodeo y la cabecera municipal. La Laguna de Calderas abastece las aldeas: San Francisco De Sales, Concepción El Cedro y El Bejucal.

No se cuenta con investigaciones anteriores que evalúen las características fisicoquímicas y bacteriológicas de la fuente de agua del Manantial los Jazmines; sin embargo para la Laguna de Calderas se han realizado seguimientos enfocados en su control ambiental (Marroquín, 2008).

Para la laguna de Calderas, (Marroquín 2008) determinó lecturas bajas de pH y lecturas mayores de nitritos en puntos cercanos a la población humana debido a la contaminación por aguas residuales. Los fosfatos y nitratos se detectaron en concentraciones mayores en la época en que los agricultores utilizan fertilizantes para la actividad agrícola, los cuales llegan al cuerpo de agua a través de la escorrentía.

Como parte de la presente investigación en la sección de resultados se muestran las tablas No.3 a la No.6 con los datos obtenidos de los análisis en los dos muestreos realizados en el mes de octubre, de los cuales se consideran los siguientes parámetros: los nitratos en manantial los jazmines en el primer muestreo levemente superior al límite máximo permisible y en el segundo muestreo cerca del mismo LMP. Tales valores asociados a la filtración de fertilizantes utilizados en exceso, aún cuando en promedio se encuentran en el valor del LMP de 10, se pueden disminuir capacitando a los pobladores aledaños en cuanto a la labor agropecuaria La organización Mundial de la Salud (2006) sugiere un LMP de nitratos con valor de 50.

El siguiente parámetro fisicoquímico a considerar arriba del límite máximo admisible (LMA) es la dureza, asociados a niveles altos de calcio y magnesio que se considerarán más adelante en las recomendaciones de potabilización. El resto de parámetros fisicoquímicos se encuentran por debajo de los límites aceptables y permisibles de la normativa de comparación COGUANOR 29001:99

Para la investigación actual en 2011, se observa que desde el punto de vista fisicoquímico el agua cumple con la normativa para fuentes de agua. Es importante mencionar que la comunidad de la Aldea San José Calderas, del municipio de Amatitlán a quienes geográficamente les corresponde la laguna ha realizado actividades de impacto ambiental y saneamiento en la laguna con los cuales se ha logrado disminuir los valores de los parámetros fisicoquímicos, tal como los había reportado Marroquín en 2008.

A continuación se presente una reseña de la investigación de campo en la comunidad de San José Calderas.

El comité comunitario de desarrollo fue reorganizado en febrero de 2011 con Manolo de Jesús Irlaroque como presidente y Eduardo Revolorio Peralta como Vice-presidente. Se activó el seguimiento ambiental por medio del programa de Responsabilidad Social Universitaria de la Universidad Rafael Landívar que desde abril del presente año han trabajado generando propuestas y capacitando a la comunidad de San José Calderas para mejorar los manejos que involucren la contaminación de la Laguna de Calderas, ya que la aldea de San José Calderas también utiliza ese suministro como su fuente de agua.

Las propuestas que están aplicando son las siguientes:

- Creación de fosas sépticas en comunidades aledañas a la laguna, a manera de no descargar directamente en la fuente.
- Reactivación de lavaderos con drenaje a fosa séptica para evitar el lavado a la orilla de la laguna.
- Coordinación con el Instituto Nacional de Bosques (INAB) en la programación de incentivos forestales para la reforestación de la cuenca en lugar de los cultivos para detener en parte la escorrentía con fertilizantes.
- Compostaje doméstico para la descomposición de materia orgánica de forma controlada para la obtención de abono orgánico.

Aún cuando las propuestas no están en ejecución en su totalidad a través del presente estudio se han obtenido valores aceptables dentro de los parámetros fisicoquímicos analizados.

Respecto a los resultados microbiológicos las dos fuentes de agua se determinó que ambas presentan contaminación fecal, inclusive con aislamiento de *Escherichia coli*. Por consiguiente, previo a la distribución del agua tanto de la laguna de calderas como del manantial Los Jazmines es necesario que sea sometida a un proceso de potabilización para que al consumir el agua no ocasione daños a la salud (Sbarato, 2007).

Debido a la naturaleza del agua analizada se recomienda el método de desinfección simple de la Clasificación I según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud, sin requerir filtración debido a los resultados dentro de los parámetros fisicoquímicos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La desinfección puede realizarse por varios medios, el desinfectante más utilizado es el cloro de diversas maneras: gas cloro, hipoclorito de sodio o dióxido de cloro; que actúan como oxidantes (Osorio, 2010). Las autoridades municipales de San Vicente Pacaya han iniciado la desinfección con hipoclorito de sodio en la tubería previo a la distribución a las comunidades mencionadas. Se visitó el Centro de Salud de la cabecera municipal de San Vicente Pacaya para constatar el control que ellos llevan de esas cloraciones teniéndose a bien los resultados microbiológicos de su control estatal que determinan valores de en coliformes totales de <1 NMP /100 ml para el muestreo del 30 de agosto de 2011.

Las comunidades han implementado a partir de agosto de 2011 aspectos de mitigación de contaminación ambiental especialmente para la laguna de calderas como se expuso con anterioridad y la municipalidad de San Vicente Pacaya ha iniciado la cloración del agua que distribuye a sus habitantes. Sin embargo, durante el semestre que se llevó a cabo la investigación de campo en dos visitas de las seis realizadas no estaba funcionando el clorinador, la primera ocasión por fallas mecánicas en la única bomba y la segunda por no contar con el suministro de hipoclorito de sodio.

Se debe de considerar que el cloro puede formar subproductos de cloración llamados trihalometanos (THMs), toxicológicamente, los THMs son depresores del sistema nervioso central y pueden afectar las funciones hepáticas y renales. El consumo de agua con altos contenidos de THMs puede correlacionarse positivamente con una mayor incidencia en la aparición de episodios de cáncer hepático (Marín, 2006). Los mismos están delimitados según los parámetros de de la normativa COGUANOR 29001:99. Estos THMS podrían ser disminuidos al controlar la cantidad de cloro en la desinfección del agua y o eliminando la materia orgánica en el agua previo a la desinfección para que no se produzcan. Lo anterior sin afectar la eficiencia de la desinfección. (Organización Mundial de la Salud, 2006). Esto conlleva a procesos y controles más complejos y de acuerdo a los resultados fisicoquímicos por lo que se propone la utilización de ozono como desinfectante, el ozono actúa siempre como agente oxidante y tiene mayor poder desinfectante que los productos basados en cloro (Osorio, 2010). La desventaja son los costos del proceso.

Debido a la ubicación geográfica de las comunidades afectadas por la erupción del volcán de pacaya se propone a las autoridades y COCODES buscar alternativas de apoyo económico internacional para un sistema de desinfección por ozono minimizando los riesgos en los subproductos de desinfección con cloro y manteniendo efectividad en el sistema, ya que el actual es interrumpido por fallas mecánicas o falta de desinfectante; especialmente por no tener disponibilidad de recurso financiero para asegurar la cloración del suministro de agua.

Para seguridad de los habitantes, debe trabajarse un plan de capacitación para considerar hervir el agua que utilizan directamente para su consumo. Haciendo de su conocimiento que la formación de “sarro” en sus recipientes será normal debido a los valores de dureza pero no causará daños a la salud. Esto puede promoverse con el apoyo de los representantes de los COCODES, y de las universidades interesadas en la proyección hacia la comunidad.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 Se realizaron los análisis fisicoquímicos de color, olor, aspecto, turbiedad, fluoruros, cloruros, nitratos, nitritos, dureza, hierro, manganeso, sulfatos, amoníaco, pH, conductividad eléctrica, y sólidos totales en las muestras de agua provenientes de manantial los Jazmines y laguna de Calderas. Los resultados fueron aceptables para la normativa COGUANOR 29001:99 con excepción de los nitratos y dureza que deben monitorearse luego de capacitar a la comunidad en cuanto al manejo de agroquímicos.
- 10.2 Se realizaron los análisis microbiológicos a las muestras tomadas de Manantial Los Jazmines y Laguna de Calderas, obteniendo resultados positivos para coliformes totales, coliformes fecales y *E.coli*, por lo que no es apta para consumo humano a menos que sea sometida a un proceso de desinfección.
- 10.3 Se informó y recomendó al departamento de Planificación de la Municipalidad de San Vicente Pacaya mantener el proceso de desinfección con hipoclorito de sodio para el agua abastecida a las comunidades estudiadas.
- 10.4 Se promovió que los COCODES de las comunidades abastecidas capaciten a los pobladores respecto a la potabilización del agua hirviéndola durante cinco minutos debido a las deficiencias en el tratamiento actual y al indicador de contaminación fecal debido a las comunidades establecidas aledañas a las fuentes de agua y que las han contaminado.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Es importante que la municipalidad de San Vicente Pacaya mantenga el actual sistema de desinfección de manera eficiente ya que la carga microbiológica actual de las fuentes analizadas no son aptas para consumo humano sin tratamiento efectivo.
- 11.2 El Área de Salud de San Vicente Pacaya debe realizar análisis frecuentes para verificar la eficacia del sistema de desinfección.
- 11.3 Aprovechar el apoyo internacional por ser un área vulnerable a los desastres naturales para mejorar el sistema de desinfección actual y cambiar el desinfectante hipoclorito de sodio por ozono.
- 11.4 La municipalidad de San Vicente Pacaya y de Amatitlán deben activar la cooperación en la mitigación y prevención de la contaminación de la Laguna de Calderas por ser su fuente de abastecimiento de agua para varias comunidades.
- 11.5 Mantener la gestión de mejora en los consejos comunitarios de desarrollo involucrados tanto de los relacionados directamente con las fuentes de agua como los de aquellas comunidades que utilizan el agua abastecida de dichas fuentes.
- 11.6 Educar a los habitantes de las comunidades abastecidas por medio de los COCODES respectivos la manera correcta de hervir el agua en casa para un consumo humano seguro.

12. REFERENCIAS

1. Acosta, R. S. (2008). *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos*. Argentina: Brujas.
2. American water works association. (2011). *Safe drinking water*. Recuperado el 17 de agosto de 2011, de www.awwa.org
3. Aramendía, P. (2006). *Química II*. Argentina: Ediciones Colihue.
4. Assadourian, E. (2006). *La situación del mundo*. España: Icaria Editorial.
5. Bureau, V. F. (2008). *Manual para la formación en medio ambiente*. España: Lex Nova S.A.
6. Casado, J. (2007). *Applications of amendments to the clean water act in the aqueduct and sewer authority systems in Puerto Rico*. Puerto Rico: Universidad del Turado.
7. Centro de Investigación y Documentación educativa. (2006). *Agua*. España: Secretaría General Técnica.
8. COGUANOR 29001. (1999). *Norma Guatemalteca Obligatoria. Agua Potable*. Guatemala: Ministerio de Economía.
9. EPA, A. d. (mayo de 2009). *List of contaminants and their MCLs*. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de www.water.epa.gov
10. FAO. (2011). *Información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO*. Recuperado el 2 de agosto de 2011, de www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/guatemala
11. García, H. (2007). *Componente biológico del área de Laguna de Calderas*. Guatemala: Autoridad para el manejo sostenible de la cuenca y del Lago de Amatitlán.
12. García, H. (2008). *Informe técnico de muestreos de los años 2005,2006 y 2007 en la laguna de calderas*. Guatemala: Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán.
13. INFOM. (2006). *Proyecto de rehabilitación de plantas de tratamiento de agua potable en el interior de Guatemala*. Guatemala.
14. Instituto Nacional de Estadística. (2002). *Censos nacionales XI de población y VI de Habitación*. Guatemala.

15. Jiménez, B. E. (2006). *La contaminación ambiental en México*. México: Editorial Limusa.
16. Jimenez, C. (2011). *Aspectos nutricionales y toxicológicos de algunos elementos minerales*. Recuperado el 3 de agosto de 2011, de www.uclm.es
17. Lenntech. (2011). *Water Treatment Solutions*. Recuperado el 3 de agosto de 2011, de www.lenntech.es
18. Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. México: Reverté.
19. Marín, R. (2006). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. España: Díaz de Santos.
20. Marroquín, E. (2008). *Determinación de variables físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico de la laguna de Calderas*. Guatemala: Tesis de Maestría. Maestría en Ciencia y Tecnología del medio ambiente. USAC. Facultad de Ingeniería.
21. Martínez, E. J. (2010). *Química*. España: Cengage Learning Latinoamérica.
22. Odetti, H. (2006). *Introducción a la química inorgánica*. Argentina: Ediciones UNL.
23. Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*.
24. Organización Mundial de la Salud. (2010). *La ampliación del acceso al agua potable progresa, pero es necesario redoblar esfuerzos de saneamiento*. Recuperado el 1 de agosto de 2011, de <http://www.who.int/es/>
25. Osorio, F. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. España: Diaz Santos.
26. Roldán, G. A. (2008). *Fundamentos de Limología neotropical*. Colombia: Editorial de la Universidad de Antioquía.
27. Sánchez, O. (2007). *Perspectiva sobre la conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: UNAM.
28. Sánchez, O. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: Instituto Nacional de Ecología.
29. Santay, A. (2008). *Propuesta de un plan de desarrollo del municipio de San Vicente Pacaya*. Guatemala: Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Económicas. USAC.
30. Sapiña, F. (2006). *Un futuro sostenible*. España: Universidad de Valencia.
31. Saravia, P. (2007). *Contaminación del agua*. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. Facultad de ingeniería. USAC: Editorial Universitaria.

32. Sbarato, D. (2007). *Metodología de la enseñanza de las ciencias del ambiente*. Argentina: Grupo Editor Encuentro.
33. Tórtola, G. J. (2007). *Introducción a la Microbiología*. USA: Editorial Médica Panamericana.
34. UNICEF. (2010). *Informe Anual 2010*.
35. Varó, P. (2009). *Curso de manipulador de agua de consumo humano*. España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
36. Vuolo, J. (2004). *Subproductos de cloración: influencia del pH y haluros minoritarios en la formación de trihalometanos*. Recuperado el 1 de septiembre de 2011, de www.bvsde.paho.org

ANEXOS

1. CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS

Tabla No.1 Contaminantes microbiológicos que pueden estar presentes en el agua. (EPA, 2009)

Contaminante	Efectos potenciales a la salud	Fuentes de contaminación
<i>Cryptosporidium</i>	Enfermedades gastrointestinales	Heces humanas y de animales
<i>Giardia lamblia</i>	Enfermedades gastrointestinales	Heces humanas y de animales
Recuento en placa heterotrófica	No tiene efectos sobre la salud, es un método analítico para medir la variedad de bacterias en agua	Serie de bacterias que están naturalmente en el medio ambiente
<i>Legionella</i>	Enfermedad del legionario, un tipo de neumonía	Se encuentra naturalmente en el agua, se multiplica en los sistemas de calefacción
Coliformes totales (incluye coliformes fecales y <i>E. coli</i>)	No es una amenaza para la salud en sí mismo, se utiliza para indicar si otras bacterias potencialmente dañinas puedan estar presentes	Los coliformes están presentes naturalmente en el medio ambiente; los coliformes fecales y <i>E.Coli</i> provienen de desechos fecales humanos y de animales.
Turbiedad	Se utiliza para indicar la calidad del agua. Mayores niveles de turbidez a menudo se asocian con mayores niveles de microorganismos patógenos, como virus, parásitos y bacterias.	Por escurrimiento del suelo
Virus	Enfermedades gastrointestinales	Heces humanas y de animales

Fuente: www.water.epa.gov/drink/contaminants

2. CONTAMINANTES INORGÁNICOS, ORGÁNICOS Y RADIOLÓGICOS

Tabla No.2 Contaminantes inorgánicos, orgánicos y radiológicos que pueden estar presentes en el agua. (EPA, 2009)

CONTAMINANTE	MNMC (mg/l)	NMC o TT (mg/l)	POSIBLES EFECTOS POR EXPOSICIÓN QUE SUPERE EL NMC	FUENTES COMUNES DE CONTAMINACIÓN
SUSTANCIAS QUÍMICAS INORGÁNICAS				
Antimonio	0.006	0.006	Aumento de Colesterol en sangre; descenso de azúcar en sangre.	Efluentes de refinерías de petróleo, cerámicas, productos electrónicos soldaduras.
Arsénico	Ninguno	0.05	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales; aguas con residuos de fabricación de vidrio y productos electrónicos.
Bario	2	2	Aumento de presión arterial.	Aguas con residuos de perforaciones; efluentes de refinерías de metales; erosión de depósitos naturales
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales	Corrosión de tubos galvanizados; erosión de depósitos naturales; efluentes de refinерías de metales; líquidos de baterías usadas y de pinturas.
Cromo (total)	0.1	0.1	Dermatitis alérgica	Efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales.
Cobre	1.3	Nivel de acción= 1.3; TT	Exposición a corto plazo; molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo; lesiones hepáticas o renales	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales; percolado de conservantes de madera.
Plomo	0	Nivel de acción=	Bebés y niños retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos

		0.0015; TT	leve déficit de atención y capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión	naturales.
Mercurio (inorgánico)	0.002	0.002	Lesiones renales	Erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías y fábricas; lixiviados de vertederos y tierras de cultivo
Nitrato (medido como Nitrógeno)	10	10	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua con mayor concentración de nitratos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se tratan podrían morir. Hay dificultad respiratoria y síndrome del bebé azul.	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; prescolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Nitrito (medido como nitrógeno)	1	1	Igual que con los nitratos.	Igual que con los nitratos
SUSTANCIAS QUÍMICAS ORGÁNICAS				
Atrazina	0.003	0.003	Trastornos cardiovasculares o del sistema reproductor	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Benceno	0	0.005	Anemia; Trombocitopenia alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas percolado de tanques de almacenamiento de combustible y de vertederos para residuos.
Tetracloruro de carbono	0	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y de otras actividades industriales.
Diaquat	0.02	0.02	Cataratas	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Endotal	0.1	0.1	Trastornos estomacales e intestinales	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas
Glifosato	0.7	0.7	Trastornos renales; dificultad para la reproducción	Contaminación por herbicidas.
Lindano	0.0002	0.0002	Trastornos hepáticos o renales.	Aguas contaminadas de insecticidas usados en ganado, madera, jardines.

Bifenilos policlorados (PCB)	0	0.0005	Cambios en la piel; problemas del timo; inmunodeficiencia; dificultad para la reproducción o problemas en el sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Agua con residuos químicos.
RADIONUCLEIDOS				
Emisores de partículas Beta y de fotones	Ninguno	4 Milirems por año (mrem/año)	Alto riesgo de cáncer	Desintegración radioactiva de depósitos naturales y artificiales de ciertos minerales que son radioactivos y pueden emitir radiación conocida como fotones y radiación beta.
Actividad bruta de partículas alfa.	Ninguno	15 picocuries por litro (pCi/l)	Alto riesgo de Cáncer	Erosión de depósitos naturales de ciertos minerales
Radio 226 y Radio 228 (Combinados)	Ninguno	5 Pci/l	Alto riesgo de Cáncer.	Erosión de depósitos naturales

MNMC: (Meta del Nivel Máximo del contaminante) Es el nivel de un contaminante en el agua potable debajo del cual no se conocen o no se esperan riesgos para la salud.

NMC: (Nivel Máximo del contaminante) Es el máximo nivel permitido de un contaminante en agua potable.

TT: (Técnica de tratamiento) Proceso obligatorio, cuya finalidad es reducir el nivel de un contaminante dado en el agua potable.

Las unidades se expresan en mg/l a menos que se indique algo diferente.

Fuente: www.water.epa.gov/drink/contaminants

3. REGULACIONES SECUNDARIAS PARA AGUA

Tabla No. 3 Listado Nacional estadounidense secundario de regulaciones en agua para consumo humano

Contaminante	Parámetro
Aluminio	0.05 a 0.2 mg/L
Cloruro	250 mg/L
Color	15 unidades de color
Fluoruro	2.0 mg/L
Hierro	0.3 mg/L
Manganeso	0.05 mg/L
pH	6.5 – 8.5
Sulfato	250 mg/L
Sólidos totales disueltos	500 mg/L

Fuente: www.water.epa.gov/drink/contaminants

4. PARÁMETROS SEGÚN NORMA COGUANOR NGO 29001:99

Tabla No.4 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua según Norma COGUANOR NGO 29001:99

Parámetro	LMA	LMP
Olor	No rechazable	No rechazable
Color	5.0 u *	35.0 u *
Turbidez	5.0 UNT **	15.0 UNT **
Fluoruros	---	1.700 mg/L
Nitratos	---	10
Nitritos	---	1 mg/L
Dureza total	100.000 mg/L	500.0000 mg/L
Hierro	0.100 mg/L	1.000 mg/L
Manganeso	0.050 mg/L	0.500 mg/L
Sulfatos	100.000 mg/L	250.0000 mg/L
pH	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Conductividad	---	< de 1500 µS /cm
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Coliformes totales (NMP/100 ml)	---	<2 - <3
Coliformes fecales	---	<2 - <3
<i>E.coli</i>	---	<2 - <3

Fuente: COGUANOR NGO 29001:99 Primera Revisión

LMA: Límite máximo aceptable

LMP: Límite máximo permisible

*Unidades nefelométricas de turbiedad

**Unidades de color



Elia Melina Monroy García
AUTORA



Lic. Félix Ricardo Veliz Fuentes, MSc.
ASESOR



Licda. Vivian Matta de García, MSc.
DIRECTORA



Oscar Manuel Cobar Pinto, Ph.D.
DECANO