

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



**CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LOS POZOS DE LAS
ALDEAS DE LA RESERVA NATURAL DE USOS MÚLTIPLES
MONTEERRICO (RNUMM)**

**VÍCTOR AUGUSTO GALLARDO ZULETA
MERLY MELINA ROSAS SALGUERO
HEIDY YADIRA CHACÓN ESTRADA
ESTUARDO NEFTALÍ VELÁSQUEZ MONZÓN**

QUÍMICOS BIÓLOGOS

GUATEMALA, MARZO DEL 2017

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem in the background. It features a central figure of a man in a cap and robe, surrounded by various symbols including a castle, a lion, and a crown. The Latin motto "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETTERA" is inscribed around the perimeter of the seal.

**CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LOS POZOS DE LAS
ALDEAS DE LA RESERVA NATURAL DE USOS MÚLTIPLES
MONTEERRICO (RNUMM)**

Seminario de Investigación

PRESENTADO POR

**VÍCTOR AUGUSTO GALLARDO ZULETA
MERLY MELINA ROSAS SALGUERO
HEIDY YADIRA CHACÓN ESTRADA
ESTUARDO NEFTALÍ VELÁSQUEZ MONZÓN**

**Para Optar al título de
QUÍMICOS BIÓLOGOS**

GUATEMALA, MARZO DEL 2017

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
M.A. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	Vocal IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	Vocal V

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por acompañarnos y guiarnos a lo largo de nuestra carrera, por darnos fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizaje y experiencia.

A NUESTROS PADRES

Bertha Yolanda Zuleta Liquidano, Luis Alberto Rosas Velásquez, Marta Alicia Salguero González, Gustavo Chacón Vargas, Juliana Estrada Loarca de Chacón, Juventino Neptalí Velásquez Fuentes, Carolina Cristina Monzón Orozco, Paula Orozco Méndez (QEPD). Por su gran amor, por ser unos padres maravillosos que con esfuerzo y dedicación han estado en cada etapa de nuestras vidas, brindándonos su apoyo y comprensión. Por habernos dado la oportunidad de tener una educación excelente, por ser nuestro ejemplo de perseverancia y sobre todo por ser un ejemplo de vida a seguir. Por enseñarnos valores que nos han llevado hoy a alcanzar esta meta **¡Nuestros triunfos son suyos!**

A NUESTROS HERMANOS Y HERMANAS

Por ser parte importante en nuestras vidas, por su compañía, apoyo, paciencia y cariño, ya que siempre han estado presentes para darnos la energía necesaria para seguir adelante.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, en especial a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Por brindarnos las enseñanzas necesarias para nuestra formación académica.

A NUESTROS ASESORES, MSc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán y MA. Isabel Cristina Gaitán Fernández

Por el tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de esta investigación.

A NUESTRA REVISORA, Licenciada Sandra Patricia Lima Pimentel

Por el tiempo, dedicación y paciencia en la revisión de esta investigación.

A TODAS LAS PERSONAS, AMIGOS E INSTITUCIONES COLABORADORAS

Por brindarnos su apoyo y ayuda en todo momento.

INDICE

I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN	1
A. Descripción de la reserva natural	3
B. Calidad de agua	5
C. Características físicas	5
D. Características microbiológicas	5
E. Pruebas bacteriológicas de contaminación	6
F. Prueba de sustrato enzimático para la presencia/ ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	9
G. Calidad microbiológica del agua de consumo humano en comunidades rurales	12
H. Aguas subterráneas	13
I. Estudios anteriores de calidad microbiológica del agua en Guatemala.....	16
J. Cloración	17
IV. JUSTIFICACIÓN	19
V. OBJETIVOS	20
A. Objetivo general.....	20
B. Objetivos específicos	20
VI. HIPÓTESIS	21
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	22
A. Universo de trabajo	22
B. Área Objeto de estudio	22
C. Muestra.....	23
D. Recursos	24
1. Recursos Humanos	24
2. Recursos Físicos	24
a. Reactivos	24
b. Materiales	25
3. Recursos Institucionales	25
5. Procedimiento	25

6. Interpretación de resultados	26
VIII. RESULTADOS.....	27
IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	31
X. CONCLUSIONES.....	35
XI. RECOMENDACIONES.....	36
XII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	37
XIII. ANEXOS	40

I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar la calidad microbiológica del agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico (RNUMM), La Avellana, La Curvina, El Pumpo, Agua Dulce y Monterrico, Taxisco, en el departamento de Santa Rosa, para determinar que se encuentren dentro de los límites permisibles según la Norma COGUANOR NGO 29001.

Así como también identificar la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en el agua de los pozos de las aldeas de RNUMM, para poder explicar a las autoridades y pobladores de las aldeas la calidad microbiológica del agua de sus pozos y poder proporcionarles recomendaciones adecuadas para su mejora.

Los muestreos se llevaron a cabo en dos periodos, la aldea Monterrico durante el año 2012 (primer periodo), las aldeas La Avellana, La Curvina, Agua Dulce y El Pumpo durante el año 2016 (segundo periodo).

II. RESUMEN

Las comunidades rurales han estado al margen de la verificación de la calidad del agua para consumo humano, y hay comunidades con altas incidencias de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, donde el origen de las mismas se le ha atribuido a la deficiencia en la calidad del agua de pozo que utilizan para consumo.

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad microbiológica del agua de pozos de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, aldea La Avellana, aldea La Curvina, aldea El Pumpo, aldea Agua Dulce y aldea Monterrico, Taxisco, en el departamento de Santa Rosa.

Para el estudio se utilizó un método aleatorio, por el cual se seleccionaron en la aldea Monterrico 30 casas; aldea La Curvina 10 casas, aldea El Pumpo 30 casas, aldea La Avellana 23 casas y en la aldea Agua Dulce el pozo de distribución por triplicado. Las muestras de agua de los pozos se recolectaron en frascos estériles con tiosulfato de sodio al 0.1 N, bajo condiciones asépticas, luego las muestras se transportaron en cadena de frío hacia el laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos –LAFYM-, en un período de doce horas, donde fueron analizadas utilizando la metodología de COLITAG® indicando la presencia y ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli* y así se verificó el cumplimiento de la norma COGUANOR NGT 29001, que indica si el agua es apta para consumo humano.

De los 63 pozos analizados, solamente 8 pozos cumplen con la norma COGUANOR NGT 29001, que las hace aptos para consumo. Esto puede deberse a que la mayoría de los pozos de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico fueron construidos hace más de 10 años y estos presentan fuente de contaminación cercana (criaderos de animales y aguas residuales). El método COLITAG® permite visualizar la presencia/ausencia de Coliformes totales y *Escherichia coli*, en aguas con un límite de detección 1 UFC por 100 mL de agua, incluso en aguas cloradas gracias al sistema de reducción de bacterias dañadas por el cloro (ver anexo 1).

III. ANTECEDENTES

A. Descripción de la reserva natural

Situada a la orilla de la playa del municipio de Taxisco, con una extensión de 28 kilómetros cuadrados y administrada por el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CECON-USAC). Dentro de esta reserva, se encuentran las aldeas de Monterrico, El Pumpo, La Curvina, Agua Dulce y La Avellana. Las coordenadas geográficas de ubicación de las principales áreas de la reserva son: latitud 13° 53' 31" N y longitud 90° 28' 48" O (CECON, 1999).

Fue creada por Acuerdo Presidencial en diciembre de 1977, está clasificada como "Área de Uso Múltiple", lo cual indica que se realizan en ella varias actividades coordinadas. Es un lugar de atractivo eco-turístico nacional e internacional con proyectos de conservación y reproducción de especies en peligro de extinción como la tortuga marina, la iguana verde, el caimán, algunos peces y tortugas terrestres. Además, se protege el bosque manglar que es refugio de muchas especies de plantas y animales de la región (CECON, 1999).

Los canales que componen la reserva, proveen una gran belleza paisajística de sus recursos, siendo un ecosistema estuarino y uno costero marino, en los cuales existe una gran variedad de flora como: las asociaciones de manglar y asociaciones emergentes compuestas por lirios acuáticos y ninfas (CECON, 1999).

En cuanto al recurso de agua es importante señalar que actualmente ninguna de las cinco comunidades dentro de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico cuenta con un sistema de distribución de agua potable entubada y clorada. El agua que es utilizada en cada una de las casas proviene de pozos propios, ya sean mecánicos o artesanales (Martínez, 2006).

De igual forma, todas las poblaciones carecen de un sistema de aguas servidas y éstas son vertidas simplemente al patio, y en alguna forma llegan a los cuerpos de agua utilizados

para su subsistencia. Ello aumenta el riesgo de enfermedades (especialmente paludismo, dengue y parasitosis) en los pobladores (Martínez, 2006).

En las aldeas La Curvina y La Avellana la mayoría de casas cuenta con servicio sanitario, mientras que en la aldea Agua Dulce todavía existen algunas casas que no cuentan con este servicio. Las aldeas de El Pumpeo y Monterrico sí cuentan con servicio sanitario, aunque la mayoría de ellos se encuentran mal ubicados en cuanto a la distancia prudente de los lugares de habitación (Martínez, 2006).

La mayoría de las casas de recreo, las cuales son habitadas temporalmente cuentan con fosas sépticas. Idealmente todas las viviendas deberían de contar con este tipo de fosas. (Martínez, 2006). Ya que fosa séptica es uno de los más antiguos dispositivos para la evacuación de excretas y otros residuos. Se puede definir como un estanque cubierto y hermético. Construido de piedra, ladrillo, concreto armado, es generalmente de forma rectangular, diseñada para que las aguas negras se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado, que oscila entre 12 y 72 horas. Durante el cual se efectúa un proceso anaerobio de eliminación de sólidos (Reyes, 2004).

Los desechos líquidos sin ningún tratamiento obstruirán casi todas las formaciones más porosas de grava, la fosa séptica acondiciona las aguas negras para que estén en capacidad de infiltrarse con mayor facilidad en el subsuelo. Se deduce que la función más importante de una fosa séptica es asegurar la protección para conservar la capacidad de absorción del suelo. Para lograr esta protección deberán cumplirse tres funciones.

- Eliminación de sólidos,
- Proceso biológico de descomposición
- Almacenamiento de natas y lodos.

Los principales factores que deben de tenerse en cuenta para fijar la capacidad y dimensiones del depósito séptico son: volumen y espacio necesarios para acumulación de fangos, para un período de limpieza de 2 a 3 años (Reyes, 2004).

B. Calidad de agua

La calidad del agua se define de acuerdo al uso que vaya a dársele. Este estudio se enfoca en la calidad del agua según la NORMA COGUANOR NGT 29001, 2013 para microorganismos. El estudio microbiológico del agua es un paso fundamental en aquellas comunidades en donde esta se utilice como una fuente para el consumo humano. El análisis microbiológico de las fuentes bacterianas que puede contener el agua dentro de su fase natural y sin esta estar tratada con anterioridad, da origen a varias enfermedades gastrointestinales comúnmente por el consumo inadecuado de la misma; por esto es responsabilidad de las municipalidades el mantener a la población con agua que realmente se encuentre potable al momento de esta ser utilizada por las comunidades (Lightfoot, 2002).

C. Características físicas

Son características sensoriales (color, olor y sabor) y físicas (turbiedad, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno y sólidos totales disueltos) que pueden influir en la aceptación o el rechazo del agua por el consumidor; las siglas LMA (Límite Máximo Aceptable) se refieren a valores de características no detectadas por el consumidor, o si las detecta son consideradas despreciables; LMP (Límite Máximo Permisible) se refieren a valores máximos de características arriba de las cuales el agua es considerada como no potable, no debe ser detectable en 100 mL de agua (COGUANOR NGO 29001, 2013).

D. Características microbiológicas

Las bacterias son los organismos vivos más numerosos que existen, por lo mismo están presentes casi en todas partes. El agua subterránea no es la excepción por este motivo es necesario realizar pruebas bacteriológicas para determinar el grado de contaminación que tiene la misma. El agua puede contener contaminaciones de aguas negras, las cuales no pueden ser detectadas mediante análisis físicos o químicos, en cambio, las pruebas bacteriológicas se han diseñado de tal manera que puedan detectarlas (González, 2012).

E. Pruebas bacteriológicas de contaminación

El objetivo de los análisis microbiológicos del agua potable es determinar la presencia de indicadores de contaminación en ella, no es requerida la determinación de patógenos específicos (*Pseudomonas sp.*, *Shigella sp.*, *Salmonella sp.*) por las siguientes razones:

- Los patógenos específicos llegan al agua en forma esporádica, por lo tanto, pueden no estar en una muestra analizada.
- Si se encuentran en pequeñas cantidades pueden pasar desapercibidos a los procedimientos empleados.
- Se necesitan 24 horas o más para obtener resultados de los exámenes y si se encuentran microorganismos patógenos, muchas personas pueden haber tomado agua antes de que se conozcan los resultados y así haberse expuesto a la infección.
- Para la determinación de estos patógenos (*Pseudomonas sp.*, *Shigella sp.*, *Salmonella sp.*) se necesitan análisis específicos, los cuales no son requeridos para la determinación de un agua potable, según la NORMA COGUANOR 29001, 2013 (González, 2012).

Los microorganismos patógenos que llegan a los depósitos de agua, proceden de las descargas intestinales de hombres y animales. Además, ciertas especies de bacterias, particularmente *Escherichia coli*, y varios microorganismos similares, denominados coliformes totales, son habitantes normales del intestino grueso del hombre y de animales y en consecuencia siempre están en las materias fecales. Así pues, la presencia de estas especies en el agua es evidencia de contaminación fecal y por esta razón existe la posibilidad a una infección intestinal en el futuro, debido al contacto continuo con estas especies (González, 2012).

En Guatemala se cuenta con metodologías como: número más probable y presencia/ausencia, para determinar y caracterizar el agua como apta para el consumo y libre de microorganismos patógenos causantes de la contaminación de las aguas entre los que se encuentran los coliformes totales y *Escherichia coli* (COGUANOR NGO 29001, 2013).

Actualmente en algunos municipios de Guatemala se implementó el análisis de *Pseudomonas aeruginosa*. Dichos análisis son realizados por los laboratorios de: Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y Ministerio de Salud Pública de Guatemala según las autoridades pertinentes (Gramajo, 2004).

Los análisis anteriormente mencionados se llevan a cabo mensualmente en cada uno de los pozos, al detectarse una fuga en las tuberías involucradas con el pozo se debe de realizar un análisis del agua del mismo, esto con el fin de determinar un punto de contaminación. Todo esto según los parámetros de la norma COGUANOR, Comisión Guatemalteca de Normas, el cual es el organismo encargado de normalización y el cual decreta la ley de la calidad y que según NTG/ISO 10253 determina las normas para la calidad de agua aptas para el consumo humano aprobado en 2010-06-18. Determinando la cantidad de UFC/mL (UFC: unidades formadoras de colonias) (COGUANOR NGO 29 018 h 21, 2004).

La calidad de agua tanto biológica como química se considera uno de los temas determinantes en la salud de la población en las comunidades de la actualidad; ya que se sabe que el agua es uno de los mecanismos por los cuales se transmiten diversas enfermedades, por lo cual es necesario tener indicadores de dicha contaminación (Romero, 2007).

Escherichia coli es uno de los principales contaminantes del agua y uno de los indicadores de la contaminación fecal de la misma, esta es una bacteria perteneciente a las enterobacterias que fermentan lactosa y suele encontrarse en el aparato intestinal del hombre por lo tanto al ser expulsada por las heces contamina la tierra expuesta y ésta a las aguas que se encuentren cerca de ella (Marín, 2007).

Entre los bacilos coliformes que se cuentan como coliformes totales están *Salmonella entérica* y *Shigella spp.* que son parte de las enterobacterias, bacilos Gram negativo, no fermentadores de lactosa; causantes de infecciones agudas asintomáticas hasta la fiebre tifoidea, una de las causas principales de la ingestión de aguas o alimentos contaminados fecalmente (Marín, 2007).

Por otra parte *Shigella spp.*, una bacteria de la familia de las Enterobacteriaceae, es causante de la llamada disentería bacilar, la transmisión de ésta, es causada comúnmente de persona a persona o por vía fecal-oral, una de las principales formas de transmisión es por la ingestión de aguas contaminadas o alimentos crudos regados con dichas aguas; por lo cual es clasificada como uno de los contaminantes principales de aguas sin tratamiento higiénico adecuado (Lightfoot, 2002).

El agua que consume una comunidad está relacionada con la salud de las personas que la integran, por lo tanto es necesario conocer su calidad. Esta varía de un lugar a otro, dependiendo de las condiciones de las fuentes de agua y el tratamiento que la misma recibe. En las grandes ciudades, el agua proviene de fuentes superficiales tales como lagos, ríos, embalses; mientras que en las áreas rurales generalmente las personas toman agua de fuentes subterráneas que se bombea a través de un pozo. En ambos casos, es básico proteger las fuentes de agua, lo cual se logra mediante el control y monitoreo de las actividades industriales, recreacionales, domésticas y agrícolas, detectando y eliminando las causas de contaminación (INTI, 2006).

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la calidad del agua también varía de acuerdo al tratamiento que recibe. El proceso convencional consta de coagulación - floculación - sedimentación, filtración y desinfección. Este tratamiento debe asegurar una remoción de microorganismos adecuada y permanente. Los contaminantes más comunes que se pueden encontrar en el agua son físicos, químicos o biológicos. Dentro de estos últimos existe contaminación por desechos industriales, animales salvajes y líquidos cloacales que tienen una gran cantidad de microorganismos patógenos, como por ejemplo:

- Bacterias: *Escherichia coli*, *Salmonella entérica*, *Shigella spp.*, *Legionella*, *Pseudomonas aeruginosa*.
- Virus: Adenovirus, Rotavirus, Astrovirus, Virus de la Hepatitis A.
- Parásitos: *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, *Ciclospora cayetanensis*, *Isospora belli*, *Entamoeba histolytica*.

Estos microorganismos pueden producir gastroenteritis (diarreas con o sin sangre y dolores abdominales), vómitos, fiebre, hepatitis A, Síndrome Urémico Hemolítico, etc. (INTI, 2006).

En el análisis de rutina que se realiza en los laboratorios del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) se buscan los microorganismos “indicadores” presentes en el agua. La cuantificación de los mismos permite predecir la ocurrencia de un patógeno específico o de un grupo de ellos. La búsqueda de estos indicadores de calidad de agua permite identificar la contaminación fecal de las fuentes, demostrar que el tratamiento y la desinfección operan correctamente, alertar por posibles ingresos de contaminación en el sistema y monitorear el estado general del sistema de distribución. Las determinaciones que incluye un análisis de rutina son las solicitadas por el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) (INTI, 2006).

En Guatemala la institución encargada de dicho análisis es COGUANOR y en ausencia de la misma el encargado de realizar dicho análisis será el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el que debe establecer las especificaciones para la vigilancia y control de la calidad del agua (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2013).

Si bien estos microorganismos patógenos pueden existir en el agua, no necesariamente causan enfermedades, pues es necesario considerar la intervención de otros factores tales como el nivel de inóculo del patógeno presente; la edad y estado fisiológico de la persona, etc. No obstante, un buen tratamiento de potabilización del agua debe asegurar la eliminación de todos estos microorganismos (INTI, 2006).

F. Prueba de sustrato enzimático para la presencia/ ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli*

Clásicamente la detección y cuantificación de microorganismos se basa en la utilización de métodos que conllevan a la inoculación de las muestras de agua en medios de cultivo específicos (sólidos o líquidos) que garantizan los requerimientos nutricionales del grupo

microbiano en cuestión y la selectividad de los mismos (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

En las últimas décadas la detección y cuantificación directa (sin aislamiento) de organismos coliformes y *Escherichia coli* utilizando medios que contienen sustratos definidos ha sido amplia y rápidamente aceptada. Estos sustratos son utilizados por enzimas específicas del grupo de bacterias coliformes y *Escherichia coli*, el método se basa en el principio de unir estos compuestos a algún sustrato que se libere al medio al ocurrir la reacción, produciendo un cambio de color perceptible o el desarrollo de fluorescencia. Por esta razón se conocen como compuestos cromogénicos y fluorogénicos (Rodríguez, 2003).

Con la utilización de estos medios se eleva la sensibilidad y la rapidez de detección de los microorganismos en aguas. El empleo de estos sustratos cromogénicos ahorra tiempo, factor de vital importancia cuando está en peligro la salud de los seres humanos o bien si se desea realizar estudios en comunidades aisladas. El tiempo se reduce a sólo 24 horas, de los 4 a 5 días que requiere la determinación cuando se emplean los medios de cultivo tradicionales. Por otra parte, el empleo de este nuevo medio ahorra también energía (Rodríguez, 2003).

La enumeración de microorganismos del grupo coliforme en agua es una herramienta útil en la determinación de la potabilidad del agua. El método descrito en esta norma utiliza sustratos fácilmente hidrolizados por las enzimas del grupo coliforme y por *Escherichia coli*. Los coliformes totales comprenden el grupo que posee la enzima β -D galactosidasa, que separa el sustrato cromogénico, produciendo la liberación del cromógeno. *Escherichia coli* se define como miembro del grupo de coliformes totales y además, posee la enzima β -glucuronidasa que escinde un sustrato fluorogénico, produciendo la liberación del fluorógeno. La prueba se puede utilizar ya sea en un formato de tubos múltiples, pozos múltiples, o de presencia-ausencia (muestra simple de 100 mL) (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

Los laboratorios que pretenden implementar este procedimiento deben conducir en un inicio, una prueba cuantitativa paralelamente con uno de los métodos convencionales para coliformes, para evaluar la efectividad de la prueba en el tipo específico de agua analizada y para comparar las dos técnicas. Esta comparación debe incluir variaciones estacionales. Esto es particularmente importante cuando se analizan muestras de fuentes de agua (COGUANOR NGO 29 018 h21, 2004).

Sustratos cromogénicos, tales como orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosido (ONPG) o rojo clorofenol- β -D-galactopiranosido (CPRG), se utilizan para detectar la enzima β -D-galactosidasa, la cual es producida por bacterias coliformes totales. La enzima β -D-galactosidasa hidroliza el sustrato y produce un cambio de color, el cual indica una prueba positiva para coliformes totales a las 24 horas (ONPG) ó bien 28 horas (CPRG) de incubación, sin procedimientos adicionales. Las bacterias no coliformes, tales como los géneros *Aeromonas* y *Pseudomonas*, pueden producir pequeñas cantidades de la enzima β -D-galactosidasa, pero están suprimidas y generalmente no producirán una respuesta positiva dentro del tiempo de incubación, a menos que estén presentes más de 10^4 unidades formadoras de colonias (UFC)/mL ó 10^6 UFC/100 mL (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

Un sustrato fluorogénico, tal como el 4-metil-umbeliferil- β -D-glucuronido (MUG), es utilizado para detectar la enzima β -glucuronidasa, la cual es producida por *Escherichia coli*. La enzima β -glucuronidasa hidroliza el sustrato y genera un producto fluorescente cuando se ve bajo luz ultravioleta. La presencia de fluorescencia indica un resultado positivo para *Escherichia coli*. Algunas cepas de *Shigella spp.* también pueden producir una respuesta fluorescente positiva. Debido a que las especies de *Shigella spp.* son reconocidas como patógenos para seres humanos, esto no se considera un inconveniente para analizar la calidad sanitaria del agua (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2005).

G. Calidad microbiológica del agua de consumo humano en comunidades rurales

El agua es un elemento vital para la existencia humana, de su uso adecuado depende nuestra salud, alimentación y producción agrícola. El utilizar agua contaminada en la preparación de alimentos u otras actividades nos podría producir un gran número de casos de infección (Fuentes, 2007).

En todo el mundo se producen 1700 millones de casos de enfermedades diarreicas cada año. La enfermedad diarreica se encuentra entre las principales causas de muerte de niños menores de cinco años, son una causa de mortalidad y morbilidad en la niñez en el mundo, y por lo general son consecuencia de la exposición a alimentos o agua contaminada. En todo el mundo, 780 millones de personas carecen de acceso al agua potable y 2500 millones a sistemas de saneamiento apropiados (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), en la república de Guatemala en 2012, la demanda de servicios de salud pública por enfermedades diarreicas agudas fue de 8.4% del total de casos atendidos. De los pacientes menores de un año atendidos en los servicios públicos de la República el 13.7% se debió a enfermedades diarreicas agudas (Instituto Nacional de Estadística, 2013).

El control de la calidad del agua ha sido prioritario principalmente en zonas urbanas, para verificar una adecuada potabilización del agua, o cuando se presentan brotes de enfermedades diarreicas en la población consumidora, donde una vez detectado el problema en el suministro de agua se resuelve a corto plazo mejorando las condiciones de desinfección de la misma. Sin embargo ciertas comunidades han estado al margen de la verificación de la calidad del agua que utilizan para consumo humano, ya que existen reportes de comunidades con altas incidencias de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, donde el origen de las mismas se le ha atribuido a la deficiencia en la calidad del agua de pozo que utilizan para consumo (Fuentes, 2007).

En ciertas comunidades se tienen problemas de abastecimiento de agua en todos los niveles, y en cuanto a calidad de agua para consumo humano es por la insuficiencia de los sistemas de distribución de agua tratada, lo anterior repercute principalmente en las comunidades rurales, las cuales se abastecen de agua de pozo, pero sin una verificación regular de su calidad (Fuentes, 2007).

En el municipio de Taxisco el 44.3% de viviendas no cuentan con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable (INE, 2002). Tomando en cuenta que la meta del municipio en materia de agua es aumentar de 44% (1994) a 72% (2015) el porcentaje de viviendas con acceso a mejores fuentes de agua, hay un déficit de 776 servicios por instalar en los próximos 5 años. Las aldea La Candelaria y las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico son las más deficientes del servicio de agua entubada, por lo cual cada casa posee su propio pozo, además no aplican cloro de forma sistemática en los sistemas de agua, a excepción de los sistemas de aguas que abastecen a la población del casco urbano y, por lo cual el agua no es apta para el consumo humano (SEGEPLAN, 2009).

H. Aguas subterráneas

El agua para consumo humano debe estar ausente de coliformes totales y fecales por norma, las aguas subterráneas presentan una calidad microbiológica deficiente, por lo que es casi siempre necesario llevar a cabo un proceso de desinfección. Una alternativa rápida y eficiente es la cloración, pero en ciertas comunidades rechazan el tratamiento del agua con cloro, por los pobladores, debido al sabor que le imparte, lo anterior por una dosificación excesiva del mismo (Gray, 2006).

La contaminación del agua subterránea puede considerarse más grave que la del agua superficial, debido a que el flujo lento y volúmenes grandes en los acuíferos, limitan la eliminación de la contaminación en éstos, pues se necesita mucho tiempo para que se

renueve completamente el agua contenida en ellos, e incluso entonces el problema persiste por las sustancias que quedaron absorbidas en los mismos (Girón, 2011).

En general, los contaminantes entran al medio subterráneo a través de:

- La disposición de líquidos o productos solubles con el agua, sobre la superficie del terreno.
- El entierro de sustancias en el subsuelo, por encima del nivel freático.
- La inyección de materiales en el subsuelo por debajo del nivel freático.
- El transporte de contaminantes solubles desde un río “influyente”.

La migración de los contaminantes en los suelos y acuíferos depende mucho de las propiedades de las sustancias y de los materiales geológicos. Mientras más soluble en agua sea una sustancia, con mayor probabilidad bajará verticalmente por el suelo hasta el acuífero, y migrará con el agua; es probable que éste tipo de sustancias atraviesen el suelo y lleguen a un acuífero más abajo. Las sustancias poco solubles en agua, cuando migran por el agua subterránea generalmente lo hacen en fase no acuosa, mismas que según su densidad respecto al agua, se dividen en ligeros de fase no acuosa (menos densos que el agua), los cuales tenderán a “flotar” sobre el nivel freático y, densos de fase no acuosa, los cuales tenderán a “hundirse” en el acuífero (Girón, 2011).

1. Contaminación por residuos urbanos

La infiltración de sustancias depositadas en la superficie, originadas principalmente en basureros al aire libre y transportados al subsuelo especialmente por la lluvia, los depósitos subterráneos de combustible (gasolineras), así como actividades industriales puntuales, son algunas de las principales fuentes de contaminación urbana (Girón, 2011).

Las aguas residuales urbanas constituyen otra importante fuente de contaminación, representada principalmente por los sistemas de alcantarillado, que aun cuando su cobertura está todavía un tanto rezagada respecto al abastecimiento de agua, la generación de aguas residuales va en constante aumento a causa del veloz crecimiento de la demanda de agua urbana (Girón, 2011).

Las aguas residuales pueden contaminar las aguas subterráneas en diferentes formas:

- Instalaciones de saneamiento *in situ* (fosas sépticas y letrinas) cuya descarga directa al subsuelo constituye una fuente difusa de contaminación continua.
- Sistemas de alcantarillado cuyos efluentes descargan aguas abajo del centro urbano.
- Contaminación por ríos “influentes” en los que se han descargado aguas residuales.
- Fugas en los sistemas de drenaje urbano, causadas por averías en los mismos.

En muchos lugares tanto las aguas de superficie como las subterráneas están contaminadas con desechos industriales, agrícolas y municipales. De acuerdo con la Comisión Mundial sobre el Agua para el Siglo XXI, más de la mitad de los ríos principales del mundo están tan agotados y contaminados que ponen en peligro la salud humana y envenenan los ecosistemas circundantes. En muchas grandes ciudades de países en desarrollo los suministros de agua potable están contaminados. Se suelen distinguir dos tipos de procesos contaminantes de las aguas subterráneas: los "puntuales" que afectan a zonas muy localizadas, y los "difusos" que provocan contaminación dispersa en zonas amplias, en las que no es fácil identificar un foco principal. Actividades que suelen provocar contaminación puntual son: lixiviados de vertederos de residuos urbanos y fugas de aguas residuales que se infiltran en el terreno, lixiviados de vertederos industriales, derrubios de minas, depósitos de residuos radiactivos o tóxicos mal aislados, etc., pozos sépticos y acumulaciones de excremento procedentes de las granjas (Penagos, 2003).

Las principales fuentes de contaminación del agua de los pozos en comunidades pequeñas menores de 500 habitantes que no cuentan con el servicio de drenajes, actividades agrícolas, ganadería y actividades pesqueras. Como medida de prevención se debe de comunicar a la población que durante la época lluviosa o tormentas tropicales se evite el consumo de esta agua (Gray, 2006).

En el municipio de Taxisco, Santa Rosa como consecuencia de la deforestación y mal manejo de los residuos sólidos y aguas servidas, en los últimos años se han tenido

problemas en cuanto a la reducción y contaminación de los caudales de agua (SEGEPLAN/DPT, 2010).

I. Estudios anteriores de calidad microbiología del agua en Guatemala

Al consultar la bibliografía relacionada al tema de la calidad del agua, se encuentran varios estudios realizados en algunos departamentos del país en los cuales se determina la calidad del agua. Sin embargo, no se cuenta con registros de la calidad del agua que los habitantes utilizan para consumo y otras labores como el lavado de los alimentos, en la Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico (RNUMM), en donde el ministerio de salud ha sido incapaz de brindarle información tanto a la municipalidad de Taxisco como a la población acerca de los resultados obtenidos en los estudios que el mismo realiza anualmente. Por consiguiente hay muy poco o ningún control de la calidad del agua que se consume en este lugar. A continuación se mencionan algunos de los estudios realizados de algunos lugares del país (Oliva, 2007).

En el año 2004 se realizó la determinación de calidad de agua para consumo humano e industrial en un área urbana, obtenida de pozos en la zona 11, Mixco Guatemala. Todos los parámetros evaluados se encontraron dentro de los límites aceptados en la norma para agua potable, por lo que se concluyó que el agua de estos cuatro pozos es adecuada para consumo humano (Gramajo, 2004).

En el año 2007 se realizó un estudio donde se evaluó la contaminación del agua en el Canal de Chiquimulilla y Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico. Donde se encontró contaminación bacteriana en el canal, esta contaminación podría afectar la calidad del agua de los pozos, lo que afecta directamente a la salud de los pobladores. La contaminación del canal indica que no es apta para el consumo humano ni para propósitos recreativos por las altas concentraciones de bacterias (Oliva, 2007).

En el año 2009 Rodas realizó la Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal en agua de pozos para consumo humano, del casco urbano del

municipio de Chiquimula obteniendo como resultado la presencia de coliformes totales y fecales en el agua de los pozos lo que indico que el agua no cumplía con las normas establecidas para consumo humano (Rodas, 2009).

J. Cloración

El cloro es una opción de tratamiento de bajo costo que se utiliza como desinfectante para el control de microorganismos en aguas de consumo humano. Sin embargo, el proceso tiene sus limitaciones, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* son usualmente resistentes al cloro a menos que éste se use en dosis más elevadas 1 mg/L que aquéllas preferidas usualmente para el tratamiento. La presencia de estos parásitos puede requerir el tratamiento previo del agua fuente (Academia de Ciencias, 2007).

El cloro elimina además sustancias como el manganeso, hierro y ácido sulfhídrico, el cual puede alterar el sabor del agua. La cloración puede escalarse para adaptarse a la capacidad del sistema. El uso del cloro es también relativamente sencillo, y los sistemas de tratamiento no requieren experiencia técnica extensa (Academia de Ciencias, 2007).

La cloración se puede lograr con diferentes productos. El cloro se almacena como líquido en recipientes presurizados y se inyecta como gas directamente en el agua fuente. Este proceso debe ser regulado e implementado cuidadosamente, debido a que el gas de cloro es un tóxico peligroso, incluso letal (Marín, 2007).

Otra opción de cloración, de mayor costo, es el tratamiento con solución de hipoclorito de sodio. Esta solución es corrosiva pero mucho menos peligrosa y más fácil de manejar que el gas de cloro. El líquido se diluye simplemente y después se mezcla con el agua fuente para realizar la desinfección. La cloración se puede lograr también con un desinfectante sólido, hipoclorito cálcico. Este material es corrosivo y puede reaccionar explosivamente cuando entra en contacto con materiales orgánicos. Sin embargo, todos estos polvos, gránulos y tabletas se pueden almacenar a granel y usarse con eficacia hasta un máximo de un año. En todas sus formas, el hipoclorito de calcio se disuelve fácilmente en agua (Lightfoot, 2002).

Todos estos métodos de cloración requieren de algún tiempo para funcionar, la desinfección no ocurre instantáneamente. Las dosis necesarias cambian también con las variaciones en la calidad del agua de manera que el monitoreo del agua fuente, particularmente de las aguas superficiales, es una parte importante del proceso de tratamiento. El tratamiento con cloro tiene algunos efectos residuales. Entre los más notorios se encuentra el sabor desagradable en el agua tratada. Pero otros efectos posteriores pueden ser más significativos. Quedan cantidades residuales de cloro en los suministros de agua tratada. Este contenido químico continúa protegiendo al agua tratada contra la reinfeción, y puede ser beneficioso para el agua sujeta a largos períodos de almacenamiento para la lenta distribución en áreas extensas (Lightfoot, 2002).

Demasiado cloro residual puede producir también subproductos químicos, algunos de los cuales pueden ser carcinógenos. Sin embargo, estos riesgos para la salud usualmente se consideran menores, comparados con los efectos de los patógenos en el agua sin tratamiento. En combinación con prácticas seguras de almacenamiento, de manejo del agua y los alimentos, el uso de la cloración ha producido descensos significativos en enfermedades diarreicas en muchos lugares (Marín, 2007).

IV. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es un país con serios problemas en la calidad y la distribución de agua potable en departamentos como Guatemala, Escuintla, Santa Rosa e Izabal, y en otros el acceso a agua potable es limitado por lo que es de vital importancia que las fuentes de las cuales se obtiene el vital líquido cumplan con los lineamientos o normas como en este caso la NORMA COGUANOR 29001, esto con la finalidad de que la población esté informada de la calidad microbiológica del agua que utilizan para diversas tareas domésticas y puedan tomar acciones para mejorar la obtención del vital líquido.

Por esta razón se llevó a cabo el estudio para conocer la calidad microbiológica del agua de los pozos de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, ya que en el área de Chiquimulilla se han realizado estudios previos acerca de la calidad del agua del canal, así como en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, arrojando resultados que evidencian la contaminación tanto fisicoquímica como microbiológica. (Oliva, 2007). Además del estudio realizado en la Aldea Monterrico en el año 2012 se encontró que de 30 pozos muestreados 14 presentaron positividad para coliformes totales y 12 presencia de *Escherichia coli* (Gallardo, 2013).

Según varios estudios (Oliva, 2007), (Gallardo, 2013), se puede constatar la mala calidad microbiológica del agua en el canal de Chiquimulilla y la mala calidad microbiológica de los pozos de Monterrico; por estas razones consideramos necesario continuar con los estudios realizados en los años 2007 y 2012 sobre la calidad del agua en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, enriqueciendo y enfocando los muestreos a los pozos que se encuentran en las aldeas El Pumpo, La Avellana, Agua Dulce y La Curvina que forman parte de esta reserva y así evaluar el cumplimiento de la Norma COGUANOR 29001 en cuanto a calidad microbiológica que determina la presencia o ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli*. Se considera que el estudio es de vital importancia debido a la falta de seguridad sanitaria adecuada del agua, la cual pone en riesgo la salud de la población.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar la calidad microbiológica del agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de usos Múltiples Monterrico, La Avellana, La Curvina, El Pumpo, Agua Dulce y Monterrico, Taxisco, en el departamento de Santa Rosa en el año 2016, que se encuentren dentro de los límites permisibles.

B. Objetivos específicos

- Determinar la presencia de coliformes totales en el agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, La Avellana, La Curvina, El Pumpo, Agua Dulce y Monterrico, Taxisco, en el departamento de Santa Rosa, mediante análisis microbiológicos establecidos por la norma COGUANOR NGO 29001, 2013.
- Establecer si el agua de los pozos en las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, La Avellana, La Curvina, El Pumpo, Agua Dulce y Monterrico, Taxisco, en el departamento de Santa Rosa cumple con los parámetros microbiológicos establecidos por la normativa COGUANOR NGO 29001,2013.
- Explicar a los pobladores y alcaldes de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, La Avellana, La Curvina, El Pumpo, Agua Dulce y Monterrico sobre la calidad microbiológica del agua de sus pozos.

VI. HIPÓTESIS

El agua obtenida de los pozos de las aldeas La Avellana, La Curvina, El Pumpo, Agua Dulce y Monterrico de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, en el departamento de Santa Rosa cumple con los requisitos microbiológicos establecidos por la norma COGUANOR NGO 29001, 2013.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo de trabajo

La Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico se ubica al sureste de la República de Guatemala sobre la franja costera del Pacífico entre los municipios de Taxisco y Chiquimulilla del departamento de Santa Rosa. Está delimitada por las coordenadas cartográficas entre los meridianos 90°26'21" y 90°30'14" longitud Oeste y paralelos 13°58'28" y 14°0'38" latitud Norte. Según el sistema Holdridge la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico se encuentra localizada en la zona de vida Bosque seco Subtropical (bs-S) (Sigüenza y Ordoñez, 1999).

La reserva está conformada por cinco aldeas: La Avellana, El Pumpo, La Curvina, Agua Dulce y Monterrico (Anexos 2-6). La aldea Monterrico ya cuenta con un estudio previo de la calidad microbiológica del agua por lo cual no se incluirá en este estudio.

B. Área Objeto de estudio

Aldea La Avellana (ver anexo 2) conformada por 235 familias la mayoría posee su propio pozo, solo ocho familias no poseen pozo propio, obteniendo el agua del pozo del vecino, anteriormente existían 6 pozos comunales, la mayoría de personas se dedican a la pesca (Sigüenza y Ordoñez, 1999).

Aldea El Pumpo (ver anexo 3) cuenta con 375 familias, al igual que en las otras aldeas la principal fuente de ingreso de estas familias es la pesca. La aldea cuenta con 185 casas debido a que en algunas viven hasta 3 familias, de estas todas poseen pozo mecánico debido a que no se cuenta con agua potable ni pozo comunal (Sigüenza y Ordoñez, 1999).

Aldea La Curvina (ver anexo 4) es relativamente pequeña con un total de 87 familias e igual número de casas, su principal fuente de ingreso es la pesca y en los meses de agosto y septiembre el huevo de parlama. La mayoría de las casas cuenta con pozo mecánico.

Durante la época de invierno esta aldea sufre inundaciones por parte del canal ya que el agua de las cañeras, del Río de los Esclavos y la Cueca de María Linda desembocan en esa área (Sigüenza y Ordoñez, 1999)

Aldea Agua Dulce (ver anexo 5) consta con un total de 30 familias, las que hacen una población final de 115 personas que conforman la aldea. Su principal fuente de ingresos es la pesca y en épocas de verano laboran en salinas, produciendo sal, este tipo de trabajo se da solo en la aldea Agua Dulce.

Aldea La Curvina es la encargada de abastecer el agua en la aldea Agua Dulce, debido a que los pobladores no cuentan con pozo individual. Este abastecimiento de agua lo realizan llenando un tanque de 12 metros de altura, el cual distribuye el agua hacia dos sectores de dicha aldea. Las casas reciben el agua de manera directa y es recolectada en tambos, ya que el agua no llega diariamente y como no poseen pozos individuales no tienen donde almacenarla (COCODE, 2012).

C. Muestra

La selección de la muestra se realizó acorde al muestreo sistemático aleatorio. Diseño de muestreo aleatorio (irrestringido aleatorio).

Se utilizó un nivel de confianza (intervalo de confianza) del 95% valor de $Z=1.96$. Con un límite de error de estimación $A= 10\%$.

Para identificar la cantidad de pozos a muestrear por aldea, utilizando el nivel de confianza de 95 % y límite de error de estimación de 10 %, se calculó la cantidad de pozos a muestrear sabiendo que la cantidad de viviendas que tienen las aldeas es igual a la cantidad de pozos en la aldea ya que cada vivienda cuenta con un pozo propio, obteniendo 23 pozos a muestrear en la aldea La avellana, 10 pozos en La Curvina y 20 pozos en El Pumpo respectivamente; ya que Agua dulce cuenta con un pozo comuna se tomó una muestra por triplicado (Tabla 1).

Tabla 1. Número de muestras según Aldea de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico coordenadas cartográficas entre los meridianos 90°26'21" y 90°30'14" longitud Oeste y paralelos 13°58'28" y 14°0'38" latitud Norte

Nombre de la Aldea	Número de viviendas	Número de muestras
La Avellana	227	23
Agua Dulce	30	Tanque de abastecimiento
La Curvina	87	10
El Pumpo	185	29

Fuente: datos calculados utilizando un intervalo de confianza del 95%, y límite de error del 10 %, el muestreo se llevara a cabo en un periodo de dos semanas.

D. Recursos

1. Recursos Humanos

- Bachilleres:
 - Víctor Augusto Gallardo Zuleta
 - Merly Melina Rosas Salguero
 - Heidy Yadira Chacón Estrada
 - Estuardo Neftalí Velásquez Monzón.
- Asesores:
 - MSc. Gerardo Arroyo Catalán
 - M.A. Isabel Cristina Gaitán Fernández.
- Co- Asesor:
 - MA. Ana Evelia Rodas de García.

2. Recursos Físicos

- a. Reactivos
 - Sustrato Cromogénico para coliformes
 - Etanol al 70%

b. Materiales

- Frasco estéril de 100 mL con tiosulfato de sodio al 0.1 N
- Hielera
- Hielo
- Incubadora 35°C
- Lámpara UV 340 nm

3. Recursos Institucionales

- Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE)
- Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos -LAFYM-

4. Procedimiento

Antes de iniciar la toma de muestra del agua de los pozos, se realizó una encuesta a los habitantes de las aldeas que abarcan la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, para poder obtener información acerca de los pozos (construcción, mantenimiento), también así identificar el uso que se le da al agua y las fuentes de contaminación cercanas que existen (ver anexo 7).

Para la colecta de estas muestras se utilizaron frascos estériles, los cuales estaban debidamente identificados con el código y el número de casa. Las muestras se mantuvieron en cadena de frío en una hielera desde la toma de muestra hasta su procesamiento, en un tiempo no máximo de 12 horas.

El muestreo en las aldeas La Avellana, La Curvina, El Pumpo, Agua Dulce y Monterrico de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, se inició con la solicitud de un consentimiento informado donde se les hizo saber a los pobladores que se realizaría un análisis microbiológico del agua de sus pozos.

- El procedimiento se inició en condiciones asépticas utilizando guantes.
- El chorro se limpió con un algodón con alcohol y luego se flameo el chorro.

- Se abrió la llave del chorro y se dejó correr el agua durante 30 segundos.
- Se procedió tomar de muestra en un recipiente estéril.
- Luego el recipiente con la muestra se colocó en cadena de frío para después ser transportado desde las aldeas La Avellana, La Curvina, El Pumpe y Agua Dulce hasta el área de trabajo, en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos -LAFYM-
- En el laboratorio se identificaron adecuadamente todos los frascos estériles con tiosulfato.
- Se tomaron 100 mL de la muestra en un frasco estéril con tiosulfato.
- Se agregó un sobre de substrato cromogénico para coliformes a cada frasco, se cerró y se procedió a agitar hasta disolver todos los gránulos completamente.
- Se incubaron por 24 horas a una temperatura de 35°C.

5. Interpretación de resultados

- El resultado se interpretó como negativo al permanecer la muestra sin cambio de color o si presentó turbidez (posible crecimiento de bacterias no coliformes) después de 24 horas de incubación.
- El resultado se interpretó como positivo para coliformes totales cuando la muestra presentó una coloración amarilla después de 24 horas de incubación.
- El resultado se interpretó como positivo para *Escherichia coli* según la NORMA COGUANOR NGT 29001, cuando la muestra presentó fluorescencia a 340 nm después de 24 horas de incubación.

VIII. RESULTADOS

En la presente investigación se analizó el agua de pozos de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, que abarca las aldeas La Avellana, La Curvina, El Pumpo y Agua Dulce.

El muestreo se realizó utilizando un método estadístico aleatorio. La toma de muestra se hizo directamente del agua de los pozos construidos en las casas que habitan las personas en las aldeas que abarcan la Reserva, en el Cuadro 1 se indica el tiempo de construcción de cada pozo, el 73% de los pozos posee más de 10 años de haberse construido.

Cuadro 1. Tiempo de construcción de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa

Tiempo de construcción	La Avellana	El Pumpo	La Curvina	Agua Dulce	Total	Porcentaje (%)
No sabe	1	0	0	0	1	1
< 5 años	1	6	1	0	8	12
5-10 años	3	3	2	0	9	14
> 10 años	18	20	7	1	46	73
Total	23	29	10	1	63	100

Fuente: datos experimentales

De los pozos del estudio un 50 % no se le da un mantenimiento mínimo de lavado y clorado cada cierto tiempo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Frecuencia de mantenimiento de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa

	La Avellana	El Pumpo	La Curvina	Agua Dulce	Total	%
Mensual	2	7	2	0	11	16
Cada 6 meses	9	2	3	0	14	21
Cada Año	8	0	0	1	9	13
Sin mantenimiento	4	20	5	0	33	50
Total					67	100

Fuente: datos experimentales

En el Cuadro 3 se indica el uso del agua de los pozos de la reserva, donde un 39% es utilizado para aseo personal, 38 % para lavado de alimentos y 23% para consumo.

Cuadro 3. Uso que se le da al agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa

	La Avellana	El Pumpo	La Curvina	Agua Dulce	Total	%
Consumo	18	17	2	0	37	23
Lavado de alimentos	23	28	9	1	61	38
Aseo Personal	23	29	10	1	63	39
Total					161	100

Fuente: datos experimentales

Según los resultados, de los 23 pozos muestreados de la aldea La Avellana todos presentaron coliformes totales y 87% *Escherichia coli*; de los 10 pozos muestreados de la aldea La Curvina el 100% son positivos para coliformes totales y 40% positivos para *Escherichia coli*; de los 29 pozos muestreados en la aldea El Pumpo 72% son positivos para coliformes totales y 27% positivos para *Escherichia coli* y de los 3 puntos

muestreados en la aldea Agua Dulce todos son positivos para coliformes totales y *Escherichia coli* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Reporte de los pozos que cumplen con la norma COGUANOR 29001 en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa

	Coliformes totales	%	<i>Escherichia coli</i>	%	Sin Contaminación	Número de muestras
La Avellana	23	100	20	87	0	23
El Pumpo	21	72	8	27	8	29
La Curvina	10	100	4	40	0	10
Agua Dulce	3	100	3	100	0	3*
Total	57		26		8	

Fuente: datos experimentales

* Muestra por triplicado de un tanque de abastecimiento

La mayoría de los pozos de agua se encuentran cercanos a alguna fuente de contaminación, siendo los criaderos de animales con un 32% la mayor fuente de contaminación, seguido de las aguas residuales con 29%, el canal con 16%, la fosa séptica 12% o el mar con 11% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Fuentes de contaminación cercanas a los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa

	La Avellana	El Pumpo	La Curvina	Agua Dulce	Total	%
Fosa séptica	3	8	2	0	13	12
Criadero de animales	20	15	2	0	37	32
Aguas residuales	20	10	3	0	33	29
Canal	3	12	3	1	19	16
Mar	0	9	3	0	12	11

Fuente: datos experimentales

De los 63 pozos analizados en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, solamente 13% pozos cumplen con la norma COGUANOR NGT 29001 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Relación entre presencia de *Escherichia coli* y coliformes totales con la contaminación cercana al pozo de las aldeas La Avellana, Agua Dulce, La Curvina y El Pumpo, Taxisco, Santa Rosa

	La Avellana		Agua Dulce		La Curvina		El Pumpo	
	Fuente de contaminación		Fuente de contaminación		Fuente de contaminación		Fuente de contaminación	
	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Coliformes totales (+)	23		3		10		21	
Coliformes totales (-)	0		0		0		8	
<i>Escherichia coli</i> (+)	20		3		4		8	
<i>Escherichia coli</i> (-)	3		0		6		21	
Total Pozos que cumplen la Norma NGT29001	0	0%	0	0%	0	0%	8	13%

Fuente: datos experimentales

(+) Presencia; (-) Ausencia

Los resultados obtenidos fueron proporcionados a cada una de las casas muestreadas y se realizó una hoja de recomendaciones de cómo tratar el agua en caso de contaminación microbiológica, esto para las personas de las viviendas (ver anexo 8).

IX. DISCUSIÓN

El agua es un elemento vital para la vida, por esta razón es importante su monitoreo, para garantizar su calidad fisicoquímica y microbiológica, ya que de esto depende el uso que se le puede dar a este vital líquido. Siendo Guatemala un país con una riqueza en sus recursos hídricos, es de vital importancia el cuidado y monitoreo del agua con el objetivo de prevenir enfermedades gastrointestinales.

Este estudio se enfocó en el análisis microbiológico del agua de los pozos de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, una de las zonas con mayor desarrollo y crecimiento turístico y rural de los últimos años; esta reserva la conforman las aldeas La Curvina, La Avellana, Agua Dulce, El Pumpo y Monterrico donde se determinó si los pozos de abastecimiento de agua de la población cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29001 para el uso de agua potable (Coma, 2004).

La obtención de agua por parte de los pobladores de estas aldeas es a partir de pozos, debido a que no se cuenta con red de distribución de agua potable; la perforación de pozos para cada vivienda es la única opción de abastecimiento. El manto freático constituye una fuente importante para extraer agua que puede ser utilizada para el consumo humano y el riego agrícola, sin embargo, su proceso de renovación es muy lento, resultando una fuente de agua fácil de agotar. Por otra parte, la contaminación del agua subterránea puede considerarse permanente (Coma, 2004).

En estas comunidades existe una diversidad de pozos: artesanales (en los cuales por medio de extracción con cubeta se obtiene el agua), mecánicos o punta de aguja (en los cuales los pozos tienen tubería PVC y por medio de un motor se obtiene el agua) y mixtos en los cuales se pueden emplear ambos mecanismos. Las comunidades de la reserva cuentan con un total 529 pozos con excepción de la aldea Agua dulce que solo posee un tanque de abastecimiento. En este estudio se muestrearon 53 pozos en forma aleatorizada.

La información de los pozos seleccionados indicó que el 73% tienen un tiempo de construcción mayor de 10 años de antigüedad, siendo las aldeas con pozos más antiguos La Avellana y El Pumpe (Cuadro 1). Solamente el 21% de los pozos que fueron muestreados reciben un mantenimiento de lavado y cloración cada 6 meses, el 50 % de pozos no recibe ningún tipo de tratamiento o mantenimiento (pozos de las aldeas de El Pumpe y La Curvina). Esta deficiencia en el mantenimiento regular y el tiempo de construcción son dos factores determinantes en la contaminación microbiológica del agua de los pozos (Robles, 2010).

Según lo establecido por la norma COGUANOR NGT 29001, el agua para consumo humano debe estar ausente de coliformes totales y *Escherichia coli* (Sánchez, 2000). Con base en los resultados obtenidos del el análisis de las muestras de agua, se puede constatar que el agua subterránea que llega y abastece los pozos es microbiológicamente deficiente y no cumplen con lo establecido en la norma COGUANOR NGT 29001, 2013.

La presencia de contaminación fecal hace necesario establecer procesos regulares de mantenimiento y desinfección del agua que llega a estas comunidades, ya que el uso que se da al agua corresponde a un 39% aseo personal, 38% lavado de alimentos y 23% para el consumo humano. Esta contaminación representa un problema de salud, ya que se puede asociar con brotes epidémicos de origen hídrico en humanos.

Se seleccionaron 30 pozos en la Aldea Monterrico para realizar el estudio, de estos 24 pozos presentaron coliformes totales (80%) y 12 pozos *Escherichia coli* (40%). En la aldea La Curvina se muestrearon 10 pozos, donde todos fueron positivos para coliformes totales (100%) y 4 presentaron *Escherichia coli* (40%); en la aldea El Pumpe se seleccionaron 29 pozos, de los cuales 21 presentaron coliformes totales (72%) y 8 pozos *Escherichia coli* (27%); en la aldea La Avellana se muestrearon 23 pozos donde todos fueron positivos para coliformes totales (100%) y 20 presentaron *Escherichia coli* (87%); y en la aldea Agua Dulce se muestro el tanque de abastecimiento por por triplicado indicando la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en las 3 muestras (100%).

Las principales fuentes de contaminación de agua de los pozos pueden ser las actividades productivas como la crianza de animales de granja, las fosas sépticas (letrinas), aguas residuales, la cercanía con el mar y el canal de Chiquimulilla. El origen de la contaminación fecal por las fosas sépticas se debe a la escasa profundidad en las perforaciones de los pozos (la mayoría son de aproximadamente 4 metros). La contaminación del agua de pozos también se puede relacionar a la antigüedad de estos ya que la mayoría que presentan resultados positivos tanto en coliformes totales como *Escherichia coli* fueron en pozos construidos hace más de diez años.

Los resultados de contaminación microbiológica fueron similares en todas las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, por lo que se recomienda a los pobladores el uso de sistemas alternativos para la purificación del agua (cloración, aunque su uso es cuestionable al no utilizar las cantidades adecuadas que garanticen la desinfección -10 gotas por galón-), socializar campañas de información a la población en general sobre los riesgos de consumir agua contaminada y el uso razonable y responsable de los recursos hídricos.

Algunas bacterias y la mayoría de los contaminantes sólidos son removidos o eliminados cuando el agua superficial contaminada se filtra del suelo a los mantos. Pero este proceso puede llegar a ser sobrecargado por grandes volúmenes de desechos domésticos e industriales. A pesar de que el suelo si retiene algunas sustancias contaminantes, no puede retener ni virus ni muchas sustancias químicas orgánicas, las cuales se disuelven en las aguas subterráneas (Coma, 2004).

Las aguas subterráneas no pueden depurarse por sí mismas, ya que las corrientes de éstas son lentas y no turbulentas, y los contaminantes no se diluyen ni se dispersan fácilmente. Es difícil, también, que se lleve a cabo el proceso de descomposición aeróbica, ya que es muy poco el oxígeno debajo de la tierra, y las colonias de bacterias anaeróbicas son muy dispersas y no son suficientes para descomponer la materia. Para que las aguas subterráneas contaminadas puedan liberarse por sí mismas de los desechos contaminantes tienen que pasar cientos de miles de años (Coma, 2004).

Según el estudio “Calidad del agua de tres pozos de la zona centro del acuífero Cuautla-Yautepec” realizado en Morelos, México, en el 2010, indica que la detección de la contaminación microbiológica de los pozos se debe a la filtración de bacterias y microorganismos provenientes de descargas de aguas residuales ya sea directa o a través de fosas sépticas que llegan al suelo y al posible incumplimiento en la protección y construcción de los pozos (Robles, 2010)

Otro aspecto a considerar es que las aldeas tienen un nivel socioeconómico bajo, donde la carencia de drenajes contribuye aún más a la contaminación de los pozos.

X. CONCLUSIONES

- La calidad microbiológica del agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa es deficiente ya que el 87 % de los pozos presenta contaminación microbiológica.
- El agua de 33 de los pozos muestreados (51%) en las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa presentó contaminación por *Escherichia coli*.
- De las 65 casas muestreadas en las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa solamente 8 pozos (13%) cumplen con los requerimientos microbiológicos establecidos en la norma COGUANOR NGO 29001, 2013.
- Los resultados del análisis del agua de los pozos fue entregado a los Concejos Comunitarios de Desarrollo –COCODES- y a los habitantes de las casas donde se encuentran los pozos.

XI. RECOMENDACIONES

- No utilizar el agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa para el consumo humano por la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*.
- En caso de que se desee utilizar para consumo humano el agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa, se debe utilizar un método previo de desinfección (cloración, filtración o hervor).
- Implementar un sistema de distribución de agua junto con una planta de tratamiento de aguas residuales por parte de las autoridades de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.
- Monitorear la calidad microbiológica del agua constantemente para determinar y medir los niveles de contaminación de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Taxisco, Santa Rosa.
- Gestionar a la municipalidad y a los COCODES de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico para la creación de un sistema de drenajes adecuado para cada aldea.

XII. REFERENCIAS

- Academia de Ciencias.* (2007). Recuperado de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Chemical-Disinfection-Oxidants-technologies.html#tech0>.
- Arrecis, E. (2006). *Institucionalidad rural vinculada con la conservación del recurso hídrico de la microcuenca del Río Caquija Izabal Guatemala*. Guatemala. 141 pp.
- CECON, CONAP, INAB-UICN-UE. (1999). *Plan Maestro 2,000 – 2,005. Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico*. Litografía JB, Guatemala. 3-65 pp.
- Coma J. & Bonet J. (2004). *Producción ganadera y contaminación ambiental*. XX Curso de Especialización FEDNA. Grupo VallCompanys. Barcelona.
- Departamento de Regulación de los Programas de salud y Ambiente. (2013). Norma guatemalteca obligatoria de agua potable (COGUANOR 29001). Guatemala: 20pp.
- Fuentes, A. (2007). *Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano de Tres Comunidades Rurales del Sur de Sonora*. Volumen 8 No.3. México.
- Gallardo, V., Albanés, E., Rivera, D., Flores, C., Vásquez, O., Ruano, M., Alvarado, E., Muñoz, A., Chiguaque, A., Recinos, B., Díaz, A., Ortiz, D. y Arroyo, G.(2013). *Estado de salud de los habitantes de las aldeas Monterrico y La Candelaria, Taxisc, Santa Rosa, Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Girón, D. (2011). *Evaluación y mapeo de la calidad del agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la ciudad de chiquimula 2009 (Tesis de graduación)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- González, G. (2012). *Microbiología del Agua Conceptos y Aplicaciones*. Escuela colombiana de ingeniería. Colombia.
- Gramajo, B. (2004). *Determinación de la calidad de agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de los pozos mecánicos en la zona II, Mixco, Guatemala.(Tesis de graduación)*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 52 pp.

- GRAY, N. (2006). *Calidad del Agua Potable, Problemas y Soluciones*. Acribia S.A., Zaragoza. España.
- Hernández, J. (2012). *Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula. (Tesis de graduación)*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 56 pp.
- Instituto Nacional de Estadística.(2013). Recuperado de <http://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/26/5eTCcFIHErnaNVeUmm3iabXHAKgXtw0C.pdf>
- INTI. (2006). *Asistencia técnica del INTI para determinar la calidad del agua*. Recuperado de <http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc42/inti5.php>
- Lightfoot, N.F. (2002). *Análisis microbiológico de alimentos y aguas: directrices para el aseguramiento de la calidad*. España. , Acriba.
- Marín, R. (2007). *Fisicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos. Tratamiento y Control de Calidad de Aguas*. España. Díaz de Santos, S.A.
- Martínez, O. (2006). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples, Monterrico*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.(2013). Recuperado de <http://www.mspas.gob.gt/files/Descargas/Servicios/SaludAmbiente/2014/DRPSA2014/Regulaciones%20Vigentes%20%28Agua,%20Saneamiento,%20Calidad%20Ambiental%29/Agua%20para%20Consumo%20Humano/AC69B4~1.PDF>
- NORMA COGUANOR NGO 29001. (2013). *Agua. Prueba de sustrato enzimático para determinación de coliformes totales y Escherichia coli*.
- Oliva, B. (2007). *Evaluación de la Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del agua del Canal de Chiquimulilla y la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 54 pp.
- Organización Mundial de la Salud. (2013). Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/es/>
- Penagos, J. (2003). *Implementación de un plan de análisis de riesgos y puntos críticos de control en la industria de agua purificada (Tesis de graduación)*. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.

- Plan de Desarrollo 2011-2025, Taxisco Santa Rosa, SEGEPLAN/Dirección de planificación territorial (DPT), 2010.
- Reyes, R. (2004). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario caserío el terrero, municipio de jalapa, jalapa (Tesis de graduación)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rodas, M. (2009). *Evaluación de la Calidad Fisicoquímica, Bacteriológica y medición del caudal en Agua de Pozos para Consumo Humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente - PUIRNA- . 69pp.
- Rodriguez, A. (2003). Determinación de coliformes totales y E.coli. *Ingeniería Hidraulica y Ambiental*, XXVI, 21-29 pp.
- Romero, R. (2007). *Microbiología y Parasitología Humana*. México. Editorial Médica Panamericana.
- Sánchez Pérez, H. J., Vargas Morales, M. G. & Méndez Sánchez, J. D.(2000). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Revista Salud Pública de México*. Vol. 42 No. 5:397-406.
- SEGEPLAN.(2009). Recuperado de http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas_publicas/Salud/Politica_Nacional_del_Sector_de_Agua_Potable_y_Saneamient.pdf
- Secretaria de Planificación y Progrección de la Presidencia.(2012). Recuperado de http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas_publicas/Salud/Politica_Nacional_del_Sector_de_Agua_Potable_y_Saneamient.pdf
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, of American Public Health Association (APHA), (2005).American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF), *Enzyme Substrate Coliform Test*. 21st Edition.
- Sigüenza, R. & Ruíz Ordoñez, J. (1999). Plan Maestro de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico. Centro de Estudios Conservacionistas, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Proyecto “Aprovechamiento sostenible de los recursos asociados a los manglares del Pacífico de Guatemala” (INABUICN-UE). Guatemala. 454pp.

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Fotografías Pozos / Muestras

Aldea El Pumpo, Monterrico

Fotografía 1. Pozo mixto, aldea El Pumpo



Fuente: Datos experimentales

Pozo mixto del cual se puede obtener agua de manera tradicional en pozo abierto o por tubería de PVC mediante bomba de agua.

Fotografía 2. Pozo mecánico



Fuente: Datos experimentales

Pozo mecánico utilizado en algunas de las casas que abarcan las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.

Fotografía 3. Pozo mixto



Fuente: Datos experimentales

Pozo mixto, se observa tapado con utensilios domésticos y cercanía a vivienda.

Fotografía 4. Evidencia de poco mantenimiento a los pozos



Fuente: Datos experimentales

Evidencia el poco mantenimiento a los pozos, se utilizan para colocar utensilios de cocina.

Aldea La Avellana, Monterrico

Fotografía 5. Pozo mixto Aldea La Avellana



Fuente: Datos experimentales

Pozo mixto Aldea La Avellana, cubierto con plástico.

Fotografía 6. Parte interna de pozo mixto



Fuente: Datos experimentales

Parte interior de pozo mixto que utiliza tubería PVC para la extracción de agua.

Fotografía 7. Toma de muestra



Fuente: Datos experimentales

Toma de muestra, utilizando frascos con tiosulfato.

Aldea Agua Dulce, Monterrico

Fotografía 8. Pozo comunal en Aldea La Curvina



Fuente: Datos experimentales

Pozo comunal en Aldea La Curvina, Monterrico el cual abastece a la Aldea Agua Dulce, Monterrico.

Fotografía 9. Tubería del Pozo comunal de Aldea La Curvina a Aldea Agua Dulce



Fuente: Datos experimentales

Tubería PVC que sale del pozo comunal ubicado en Aldea La Curvina, Monterrico; que recorre el Canal de Chiquimulilla hacia Aldea Agua Dulce.

Fotografía 10. Pozo comunal de Aldea La Curvina al Canal de Chiquimulilla



Fuente: Datos experimentales.

Distancia entre el pozo comunal que abastece agua a Aldea Agua dulce y el canal de Chiquimulilla.

Aldea La Curvina, Monterrico

Fotografía 11. Pozo mixto en Aldea La Curvina



Fuente: Datos experimentales.

Pozo mixto en Aldea La Curvina, Monterrico; se observa la poca distancia del agua con respecto a la superficie.

Fotografía 12. Pozo de en Aldea La Curvina y Eco filtro.



Fuente: Datos experimentales

Se observa ECOFILTRO que fue donado a varias casas de la Aldea La Curvina, sobre este pozo de punta de aguja de dicha casa.

Fotografía 13. Pozo mixto



Fuente: Datos experimentales.

Pozo mixto cubierto con varios utensilios domésticos; en el fondo se observa la cercanía con la vivienda y letrina.

Fotografía 14. Pozo dentro de vivienda.



Fuente: Datos experimentales.

Evidencia la cercanía de los pozos y las actividades cotidianas de las viviendas.

Análisis de Muestras

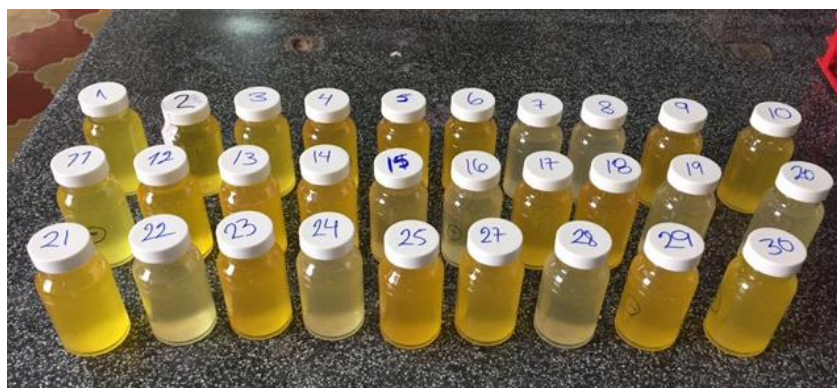
Fotografía 15. Muestras Aldea Agua Dulce



Fuente: Datos experimentales.

Muestra obtenidas de Aldea Agua Dulce; las muestras 29 y 30 positivas para Coliformes Totales, presentan un cambio de coloración amarillo; la muestra 20 fue negativa para Coliformes Totales, no se presenta un cambio de coloración únicamente un poco de turbidez.

Fotografía 16. Muestras Aldea La Curvina



Fuente: Datos experimentales.

Resultados positivos para Coliformes Totales en la Aldea La Curvina.

Fotografía 17. Muestras Aldea La Avellana



Fuente: Datos Experimentales

Muestras obtenidas de la aldea La Avellana, donde se evidencian muestras positivas y negativas para Coliformes Totales.

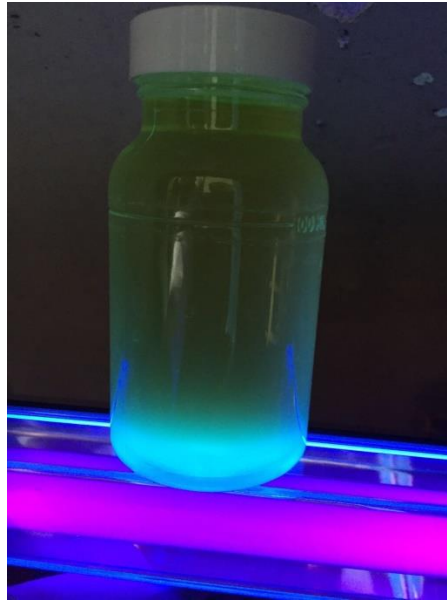
Fotografía 18. Muestras Aldea La Avellana



Fuente: Datos Experimentales

Fluorescencia con lámpara UV 340 nm de 3 muestras, lo que indica presencia de *Escherichia coli*, en algunos de los pozos de la Aldea La Avellana.

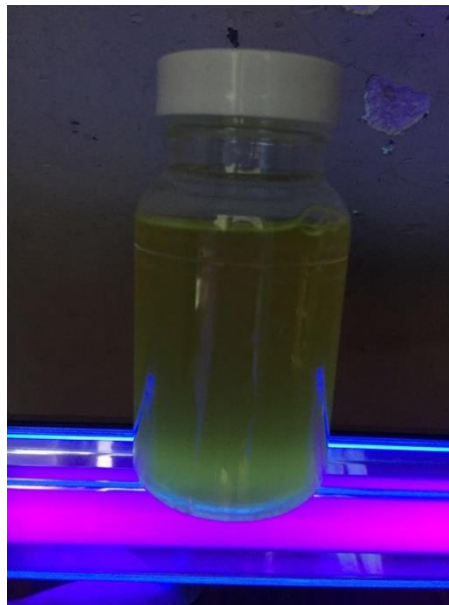
Fotografía 19. Muestra Positiva para *Escherichia coli*



Fuente: Datos experimentales.

Muestra positivas para *Escherichia coli*, evidencia de fluorescencia con lámpara de luz UV a 340nm.

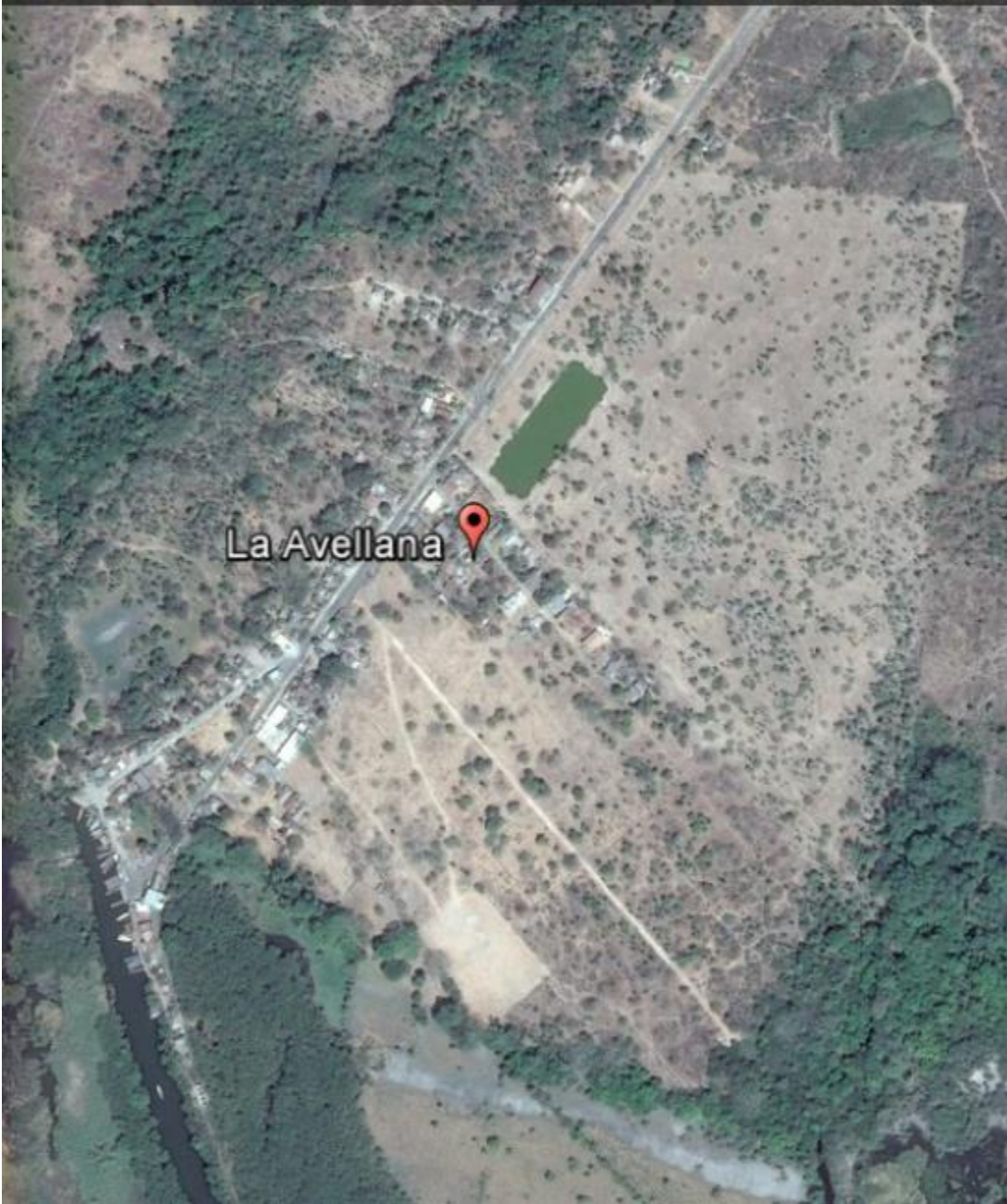
Fotografía 20. Muestra Negativa para *Escherichia coli*



Fuente: Datos experimentales

Muestra negativa para *Escherichia coli*, no se observa fluorescencia con lámpara de luz UV a 340nm.

Anexo 2. Mapa Aldea La Avellana



Fuente: Fuente: www.google.com© 2016

Anexo 3. Mapa Aldea El Pumpo



Fuente: www.google.com© 2016

Anexo 4. Mapa Aldea La Curvina



Fuente: www.google.com© 2016

Anexo 5. Mapa Aldea Agua Dulce



Fuente: www.google.com© 2016

Anexo 6. Mapa Aldea Monterrico



Fuente: www.google.com© 2016

Anexo 7. Encuesta Análisis del agua de los pozos de la RNUMM



CASA NO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUÍMICA BIOLÓGICA

CUESTIONARIO ANALISIS DEL AGUA DE LOS POZOS DELAS ALDEAS DE LA RESERVA NATURAL DE
USOS MULTIPLES MONTEERRICO

INSTRUCCIONES

A continuación le presentamos una serie de preguntas, por favor marque con una X la respuesta que usted considere adecuada a su situación.

1. ¿Sabe usted cuando se construyó el pozo de la casa?

- NO De 5 a 10 años
 Menos de 5 años Más de 10 años

2. ¿Se le da algún mantenimiento al pozo?

- SI NO

Si su respuesta es SI, indique si la empresa es pública o privada

3. ¿Cada cuánto se le da mantenimiento al pozo?

- Mensual Cada año
 Cada 6 meses No se le da mantenimiento

4. ¿Qué utilización le da al agua del pozo? (puede indicar más de una opción)

- Consumo Aseo personal
 Lavado de alimentos Otros

¿Si utiliza el agua para consumo la hierve antes? SI NO

5. ¿Queda su pozo cerca de alguna fuente de contaminación?

- SI NO

Si su respuesta es sí, indique cual es la fuente de contaminación

- Fosa séptica Mar
 Criadero de animales Aguas residuales
 Canal de Chiquimulilla


Anexo 8. Volante informativo

Volante entregado en las viviendas muestreadas


Agua Hervida y Clorada, Salud Asegurada

Para desinfectar el agua:

- 1. Lave bien el recipiente**


- Clorar el agua**


Si elige clorar el agua, agregue la cantidad de cloro de acuerdo a las instrucciones del envase y a la cantidad de agua a clorar.


- 2. Elija**

Espera al menos 30 minutos para consumir el agua segura.


Hervir el agua

Si elige hervir el agua, hágalo por un mínimo de 10 minutos.


- 3. Cuide el agua segura**

 - Mantenga siempre tapados los bidones o recipientes.
 - Coloque el bidón en un lugar protegido por los animales

Dosificación del cloro:		
Cantidad de agua	Cloro del Centro de Salud del MSP	Cloro comercial (concentración a 5%)
1 litro	6 gotas	1 gota
20 litros	1 tapa rosca	20 gotas
50 galones 200 litros	10 tapas rosca	2 tapas rosca



Víctor Augusto Gallardo Zuleta
Autor

Merly Melina Rosas Salguero
Autora

Heidy Yadira Chacón Estrada
Autora

Estuardo Neftalí Velásquez Monzón
Autor

MSc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán
Asesor

MA. Isabel Cristina Gaitán Fernández
Asesor

Licda. Sandra Patricia Lima Pimentel
Revisora

MSc. Alba Marina Valdés de García
Directora
Escuela Química Biológica

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda
Decano
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia