



UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LA
PLANTA DE POTABILIZACIÓN EMAPAL-EP EN LA COMUNIDAD DE
ZHINDILIG”**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO
A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO

AUTORAS:

Delia Andrea Urgilés Guiracochoa

C.I.: 0105812333

Andrea Estefanía Viñansaca Huiracochoa

C.I.: 0106820145

DIRECTOR:

Dr. Wilson Giovanni Larriva. Msc.

C.I.: 0102194248

Cuenca - Ecuador

2016



RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad microbiológica del agua potable que distribuye la planta de Zhindilig a través de indicadores microbiológicos (Coliformes totales y Coliformes fecales) expuestos en la NTE INEN 1108:2014. También se evaluó la calidad bacteriológica del agua potable que llega a los inmuebles de la comunidad de Zhindilig y Guapán a los cuales abastece dicha planta de potabilización.

Este estudio tiene un diseño no experimental, descriptivo, transversal.

El análisis se realizó en los meses de abril, mayo y junio del año 2016, se estudiaron un total de 252 muestras entre agua cruda, agua tratada y agua de los inmuebles.

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante los programas Microsoft Excel 2013 y Stata 10.0.

Los resultados demostraron que el 100% del agua después del proceso de potabilización no presentó contaminación, cumpliendo con los requisitos microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014.

En el caso de los inmuebles de Zhindilig, el agua potable presentó contaminación en un 57,50% con coliformes totales, demostrando una recontaminación luego de salir de la planta. Se detectó la presencia de un tanque de almacenamiento que distribuía a la comunidad, se procedió a analizar la calidad microbiológica del mismo durante 5 días, se obtuvo un valor promedio de 8 NMP/100 ml para coliformes totales.

El agua distribuida hacía la comunidad de Guapán no pasa por un tanque reservorio y se demostró que tiene un 100% de muestras que cumplen con los requisitos microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014.

Palabras claves: Agua, Calidad del agua, Coliformes, Recontaminación, Zhindilig, Inmuebles, Red de distribución, Tanque de almacenamiento.



ABSTRACT

The study's objective was to evaluate the microbiological quality of drinking water distributed by the Zhindilig plant through microbiological indicators (total coliforms and fecal coliforms) exposed in NTE INEN 1108: 2014. Also, it was evaluated the bacteriological quality of the drinkable water that reaches in the community properties of Zhindilig and Guapan which supplies the water treatment plant.

This study has a non-experimental, descriptive, cross-sectional design.

The analysis were concluded during April, May and June 2016, a total of 252 samples were studied between raw water, treated water and water from properties of the communities of Zhindilig and Guapan.

The data obtained were statistically analyzed using the following programs: Microsoft Excel 2013 and Stata 10.0.

The results showed that 100% of the water after the purification process did not present contamination, in which is complying with the microbiological requirements of NTE INEN 1108: 2014.

In the case of Zhindilig properties, the drinking water presented 57.50% contamination with total coliforms, showing a re-contamination after leaving the plant. The presence of a storage tank that was distributed to the community was detected, the microbiological quality of the tank was analyzed for 5 days, an average value of 8 NMP / 100 ml was obtained for total coliforms.

The water distributed to the community of Guapán does not pass through a reservoir tank and was shown to have 100% of samples that meet the microbiological requirements of NTE INEN 1108: 2014.

Keywords: Water, Water quality, Colifomes, Recontamination, Zhindilig, Properties, Distribution network, Storage tank.



ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
CLÁUSULA DE DERECHO DE AUTOR	8
CLÁSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	9
DEDICATORIA.....	13
AGRADECIMIENTOS	14
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO 1	20
1.- MARCO TEÓRICO	20
1.1. GENERALIDADES.....	20
1.1.1. El agua.....	20
1.1.2. Calidad sanitaria del agua	22
1.1.3 Desinfección del agua.....	23
1.1.3.1. Utilización del cloro como desinfectante.....	24
1.1.3.2. Química del cloro.....	24
1.1.3.3. Eficacia del cloro como desinfectante del agua.....	26
1.2. PATÓGENOS DE ORIGEN HÍDRICO	26
1.2.1. Enfermedades de transmisión hídrica.....	27
1.2.2. Indicadores microbiológicos.....	29
1.2.3. Coliformes totales y fecales como indicadores	30
1.3. MÉTODO DE FERMENTACIÓN DE LOS TUBOS MÚLTIPLES NMP.....	31
1.4. TRATAMIENTO DEL AGUA	32
1.4.1. Efectividad del proceso de tratamiento	33
1.4.2. Mecanismos de reducción de riesgos biológicos	33
1.5. ALMACENAMIENTO DEL AGUA POTABLE	33
CAPITULO 2	35
2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	35
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
2.1.1. Planteamiento del diseño: No experimental.....	35
2.1.2. Población de estudio.....	35



2.2. MUESTREO Y TOMA DE MUESTRAS	36
2.2.1. Toma de muestra del agua de entrada a la planta	37
2.2.2. Toma de muestra del agua de salida de la planta	37
2.2.3. Toma de muestra de los inmuebles en Guapán y Zhindilig	37
2.3. MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE Y TUBOS MULTIPLES	37
2.3.1 Procedimiento del número más probable NMP	39
2.3.2. Interpretación de resultados	41
2.4. MÉTODO OTA PARA DETECCIÓN DEL CLORO.....	41
2.5 ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	42
CAPITULO 3	43
3.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	43
3.1. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA.....	43
3.2. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA DE INMUEBLES.....	47
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO (AGUA CRUDA, TRATADA, INMUEBLES)	49
3.4. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS EN LOS INMUEBLES EN BASE A LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL TANQUE	50
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN LOS INMUEBLES DE ACUERDO A LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL TANQUE	54
3.6 RESULTADOS DE CLORO LIBRE RESIDUAL	56
4. CONCLUSIONES.....	58
5. RECOMENDACIONES	59
Bibliografía	60
ANEXOS	63



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Esquema de Procedimiento del NMP	40
Gráfico N° 2. Reacción de ortotolidina con cloro residual. Tomado de Calidad de Agua (Romero, 2005)	42
Gráfico N° 3. Medidor de cloro	42
Gráfico N° 4. Representación gráfica del promedio semanal de coliformes totales. Agua Cruda vs Agua Tratada	45
Gráfico N° 5. Representación gráfica del promedio semanal de coliformes fecales. Agua Cruda vs Agua Tratada	46
Gráfico N° 6. Representación gráfica del promedio coliformes fecales. Agua cruda, agua tratada y agua de inmuebles	48
Gráfico N° 7. . Representación gráfica del promedio mensual de coliformes totales. Agua cruda, agua tratada y agua de inmuebles	48
Gráfico N° 8. Coliformes totales en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.	50
Gráfico N° 9 Coliformes fecales en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.	50
Gráfico N° 10. Comparación mensual de los coliformes totales, en los diferentes puntos de muestreo; entre el agua con tanque y sin tanque en los tres meses del análisis.	52
Gráfico N° 11. Comparación mensual de los coliformes fecales, en los diferentes puntos de muestreo; entre el agua con tanque y sin tanque en los tres meses que duró este análisis.	53
Gráfico N° 12. Coliformes totales según la presencia o ausencia del tanque de almacenamiento, en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.....	55
Gráfico N° 13. Coliformes fecales según la presencia o ausencia del tanque de almacenamiento, en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.....	55



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos Microbiológicos. Tomada de Norma INEN 1108 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)	23
Tabla 2. . Enfermedades transmisibles por el agua. Tomada de Calidad de Agua (Romero, 2005)	27
Tabla 3. Mínima dosis infectiva de algunos organismos patógenos transmitidos por el agua. Tomada de Microbiología del agua (Gonzales, 2012)	28
Tabla 4. Cronograma de muestreo.....	36
Tabla 5. Parámetros bacteriológicos del agua cruda y tratada expresados como media \pm desviación estándar (min-max).....	43
Tabla 6. . Parámetros bacteriológicos del agua de inmuebles expresados como media \pm desviación estándar (min-max).....	47
Tabla 7. Porcentaje de muestras que no cumplen con el nivel permisible de parámetros microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014	49
Tabla 8. Parámetros bacteriológicos del agua de inmuebles expresados como media \pm desviación estándar (min-max).....	51
Tabla 9. Porcentaje de muestras que no cumplen con el nivel permisible de parámetros microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014	54
Tabla 10. Resultados de cloro libre residual. Agua del tanque, agua tratada y agua de inmuebles según la presencia y ausencia del tanque.	57



CLÁUSULA DE DERECHO DE AUTOR



Universidad de Cuenca

Cláusula de derecho de autor

DELIA ANDREA URGILES GUIRACOCHA, autora de la tesis “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN EMAPAL-EP EN LA COMUNIDAD DE ZHINDILIG**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al ART. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 18 de Noviembre del 2016

DELIA ANDREA URGILES GUIRACOCHA

C.I: 0105812333



Universidad de Cuenca

Cláusula de derecho de autor

ANDREA ESTEFANIA VIÑANSACA HUIRACOCCHA, autora de la tesis “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN EMAPAL-EP EN LA COMUNIDAD DE ZHINDILIG**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al ART. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 18 de Noviembre del 2016

ANDREA ESTEFANIA VIÑANSACA HUIRACOCCHA

C.I: 0106820145



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca

Cláusula de Propiedad Intelectual

DELIA ANDREA URGILES GUIRACOCHA, autora de la tesis “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN EMAPAL-EP EN LA COMUNIDAD DE ZHINDILIG”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 18 de Noviembre del 2016

DELIA ANDREA URGILES GUIRACOCHA

C.I: 0105812333



Universidad de Cuenca

Cláusula de Propiedad Intelectual

ANDREA ESTEFANIA VIÑANSACA HUIRACOA, autora de la tesis “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN EMAPAL-EP EN LA COMUNIDAD DE ZHINDILIG”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 18 de Noviembre del 2016

ANDREA ESTEFANIA VIÑANSACA HUIRACOA

C.I: 0106820145



ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

‰: Porcentaje

°C: Grados Celsius

mg: miligramos

mL: mililitros

OTA: Ortotolidina

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana

OMS: Organización Mundial de la Salud

CT: Coliformes Totales

CF: Coliformes Fecales

CSL: Caldo Sulfato de Laurilo

CBVB: Caldo Bilis Verde Brillante

NMP: Número Más Probable

CILR: Cloro libre residual



DEDICATORIA

A Dios por haber guiado mis pasos, por todas las alegrías que he experimentado a lo largo de mi vida y sobre todo por la familia que me ha regalado.

A mí querida mamita Adela por ser mi mayor apoyo, por creer en mí, y ser una amiga amorosa e incondicional que me ha acompañado en cada momento de mi vida.

A mí querido papito Bolívar por su paciencia, su amor, su apoyo constante y sobre todo por su eterno optimismo ante cualquier circunstancia de la vida.

A mis hermanos Gabriel y Graciela por compartir conmigo tantos buenos momentos, por confiar en mí, por brindarme su amistad sincera y por ser mis más fieles compañeros de vida.

A mi prima Herly por ser como una hermana para mí y por todo el cariño que me brinda a pesar de la distancia.

A toda mi familia que ha estado conmigo a lo largo de este camino.

Con afecto, Andrea Urgilés.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas las bendiciones, por haberme regalado una hermosa familia y por ser mi fortaleza en todo momento de mi vida.

Agradezco al Dr. Giovanni Larriva que compartió sus conocimientos y experiencia para llevar a cabo este trabajo de titulación. Gracias por su paciencia, enseñanza y la confianza depositada en nosotras.

A la Dra. Johana Ortiz se le agradece por su solidaridad y colaboración en este trabajo.

Quiero agradecer a mis padres por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida. Gracias por todo su esfuerzo, afecto y dedicación. También les agradezco por todo lo que me han enseñado; siempre han sido y seguirán siendo mi guía y ejemplo para seguir hacia adelante.

A mis hermanos les agradezco por ser mis mejores amigos, confidentes y compañeros de vida. Gracias por ser siempre el motivo de mis sonrisas y alegrías.

Quiero agradecer a mi prima Herly; por su apoyo incondicional. Gracias por todos los buenos momentos compartidos y por todo tu cariño y amistad.

Gracias a toda mi familia; a mis tíos, primos, abuelitos, porque me han transmitido afecto y confianza. Muchas gracias por ser una familia unida.

Gracias Angelito, por compartir conmigo momentos maravillosos; también por brindarme tu apoyo constante y tu cariño. Gracias por enseñarme a sonreír siempre, ante cualquier dificultad de la vida.

Con cariño, Andrea Urgilés.



DEDICATORIA

A Dios.

Por guiarme por el buen camino y permitirme llegar hasta este punto, darme salud para lograr mis objetivos, por la claridad y serenidad que puse en sus manos.

A mi madre Angelita.

Por haberme apoyado en cada momento, por sus palabras de aliento todos los días para seguir adelante y no rendirme. Por motivarme a ser una persona de bien, su apoyo incondicional y su amor.

A mi padre Sergio.

Por su ejemplo de constancia cada día y fuerza para su familia, por ser un ejemplo de valores que me ha infundado siempre, por su valor para salir adelante, por el apoyo incondicional toda mi vida y su amor.

A mi amiga y compañera de trabajo de titulación.

Por el apoyo mutuo durante todos estos años de estudio y de amistad. Por las cosas vividas y la confianza para realizar este trabajo de titulación.

Con cariño Angie Viñansaca.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza y la fe para seguir adelante, a mis padres por el apoyo continuo y las palabras de aliento todos los días.

Al Dr. Giovanni Larriva, nuestro tutor, que compartió sus conocimientos y experiencia para llevar a cabo este trabajo de titulación.

A la Dra. Johana Ortiz se le agradece por su solidaridad y colaboración en este trabajo.

A todas mis amigas y personas que brindaron su apoyo para que salga adelante este trabajo de titulación.

Gracias Angie Viñansaca.



INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso más abundante de la corteza terrestre, la calidad del agua potable ha sido un factor determinante para el bienestar humano. Actualmente el agua contaminada por fuentes naturales y humanas sigue causando grandes problemas a las personas, existiendo aún epidemias ocasionales de enfermedades causadas por agentes infecciosos transportados en el agua potable (Manahan, 2007).

El agua para consumo de la población debe ser sometida a un proceso de potabilización y posterior control de calidad. Para saber el grado de pureza del agua es necesario emplear parámetros de calidad basados en reglamentos y legislaciones propios para cada país, estableciéndose límites deseables. En el Ecuador los parámetros de calidad se establecen en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2014 (Fárez & Chin, 2014).

El agua que pasa por las plantas de tratamiento, al entrar en la red de distribución, puede contaminarse a través de: conexiones cruzadas, rotura de tuberías, conexiones domiciliarias, cisternas, reservorios; y factores secundarios que permiten la viabilidad de microorganismos. El control microbiológico a través de microorganismos indicadores, es un principio indispensable en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua (Cajamarca & Contreras, 2011).

El Centro de Salud de la comunidad de Zhindilig registró en el año 2015, en una población de 1398 habitantes, 63 casos de diarrea que se atribuyen a una deficiente calidad de agua, mal lavado de manos, mala preparación de alimentos (Arias Mauricio, 2016).

En La Planta de Agua de Zhindilig EMAPAL EP, no se realiza el control de los parámetros microbiológicos que se mencionan en la Norma INEN 1108:2014, debido a la ausencia de un laboratorio adecuado para realizar estos análisis; por lo tanto es necesario realizar una comprobación y valoración bacteriológica antes y después del proceso de tratamiento para saber si la potabilización está cumpliendo con su función y además para conocer la calidad bacteriológica del agua que se está distribuyendo a los consumidores de la población de Zhindilig y Guapán.



Por lo expuesto, el presente estudio contribuirá a la obtención de datos actualizados sobre la calidad bacteriológica del agua y con la determinación de estos parámetros será un aporte para la identificación de posibles inconvenientes en la potabilización del agua o en las redes de distribución del agua potable.



OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICO

Objetivo General

· Evaluar los parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales) del agua que distribuye la Planta de Zhindilig, para conocer la calidad microbiológica con base en la norma INEN 1108.

Objetivos Específicos

- Determinar la concentración microbiológica (coliformes totales y fecales) en el agua cruda y en el agua tratada en la planta de Zhindilig.
- Determinar la concentración microbiológica del agua de consumo en los inmuebles de Zhindilig y Guapán.
- Valorar si el proceso de potabilización disminuye la concentración de coliformes totales y fecales luego del tratamiento.
- Relacionar la concentración microbiológica del agua tratada con los valores expuestos en la norma INEN 1108:2014 respecto a los requisitos microbiológicos.

CAPITULO 1

1.- MARCO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES

1.1.1. El agua

El agua constituye el elemento de la biosfera más abundante, es el componente mayoritario en los medios orgánicos, los seres vivos contienen por término medio un 70% de agua. Por lo tanto, es el líquido en el que se produce el proceso de la vida y, de hecho, la supervivencia de las células depende de su capacidad para mantener el volumen celular y la homeostasia. Es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo (Sanchez, 2010) (Ángeles & Gonzales, 2012).

La fórmula química del agua es H₂O, cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El agua considerada como el líquido vital está presente en la biosfera en 3 estados que son sólido, líquido o gaseoso (Aparicio, 2014).

El agua potable es definida en la NTE INEN 1108:2014 como “aquella cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas, a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”. La OMS define al agua de consumo inocua o agua potable de acuerdo con las Guías para la calidad del agua potable, como “aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida”. Esto quiere decir que el agua debe encontrarse dentro de ciertos rangos permisibles de contaminación que aseguren que no es perjudicial para la salud del hombre (Organización Panamericana de la Salud, 2005) (Cajamarca & Contreras, 2011).

El agua ocupa las $\frac{3}{4}$ partes del planeta tierra, sin embargo, el 96,5% del agua de los océanos es salada. Otro 1% se encuentra en acuíferos y lagos salados. El porcentaje de agua dulce sobre el total es de un 2,5%.

El agua dulce que se utiliza para el consumo proviene de dos fuentes: agua superficial y agua subterránea (mantos freáticos), se encuentra en ríos, lagos,

pantanos y rebalses o depósitos artificiales. Se considera que el 69% del agua que llega a los ríos en toda la Tierra proviene de la lluvia y de la nieve derretida en sus cuencas, tratando de sustentar al 90% de la población mundial. Con el cambio climático, el crecimiento demográfico y la escasez de agua, hay una creciente necesidad de gestionar recursos hídricos de manera sostenible. Desde una perspectiva de salud pública, el acceso a cantidades suficientes de agua limpia y potable es una cuestión crucial. A pesar del hecho de que las grandes cantidades de agua dulce están disponibles en muchas regiones del mundo, el agua potable sigue siendo un recurso limitado, alrededor de 1,1 millones de personas carecen de acceso a suministros adecuados de agua (Alba, y otros, 2013).

Cualquier sociedad civilizada debe considerar el suministro de agua potable como una prioridad. Esto es así, porque el agua potable es una necesidad básica para el desarrollo humano, de salud y bienestar. Un suministro adecuado de agua potable es, universalmente reconocido como una necesidad humana básica (Alba, y otros, 2013).

La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de las personas y se debe al crecimiento demográfico, desarrollo industrial y urbanización. Estos tres factores evolucionan rápidamente y se dan uno en función del otro. En décadas recientes miles de lagos, ríos y mares se han contaminado en forma alarmantemente debido a las actividades humanas (Alba, y otros, 2013).

Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales o artificiales, la contaminación natural es generada por el ambiente, y la artificial por las actividades humanas.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan su contaminación están:

- agentes patógenos
- desechos
- sustancias químicas orgánicas e inorgánicas
- nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido,

- sustancias radioactivas
- calor (Alba, y otros, 2013).

Varios factores, tales como: humedad del suelo, lluvia y el periodo de labranza influyen en el transporte de bacterias del suelo al agua. El agua natural puede contener una gran variedad de microorganismos patógenos, bacterias, virus y protozoos. El principal origen de estos microorganismos patógenos son las heces humanas y de otros mamíferos de sangre caliente.

Las heces de los mamíferos son una fuente valiosa de nutrientes, sin embargo, puede ser un contaminante del medio ambiente cuando es indebidamente canalizado. Una de las principales consecuencias negativas de la aplicación al suelo de heces animales es la contaminación bacteriana de las aguas superficiales y subterráneas; provocando enfermedades en los seres humanos (Alba, y otros, 2013).

1.1.2. Calidad sanitaria del agua

Para que el agua potable sea considerada como agua que garantiza el consumo humano esta debe cumplir con altos estándares de calidad, para ello se establecen normas de tal forma que aseguren el suministro de un agua limpia y saludable para el consumo humano y de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos (Robles, Ramírez, Durán, & Martín, 2012).

Por lo general, la calidad de este elemento se determina comparando las características físicas, químicas y bacteriológicas con unas directrices de calidad del agua estándar libre de causar daño o estándares. Para esta determinación, se mide la concentración de sus componentes y los efectos o propiedades causadas por la presencia de estas sustancias (Robles, Ramírez, Durán, & Martín, 2012).

El riesgo más grave para la salud humana relacionada con la calidad del agua de bebida, la que, derivada de la contaminación microbiológica, particularmente la fecal. Por lo que la protección de la salud requiere que no existan fuentes de

contaminación microbiológicas que no estén situadas cerca de las fuentes de agua potable para eliminar o reducir el riesgo que representan (Robles, Ramírez, Durán, & Martín, 2012).

Para la vigilancia del control de calidad del agua es necesario realizar el análisis microbiológico y cumplir con lo expuesto en la tabla 1 que corresponde a la Norma técnica 1108:2014 regulada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (**Ver anexo 1**).

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/100 ml	< 1,1 * < 1 **
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias	

Tabla 1. Requisitos Microbiológicos. Tomada de Norma INEN 1108 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

El análisis microbiológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El examen no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos, ya que estos no sobreviven mucho tiempo fuera del cuerpo de los animales y del ser humano de manera que puedan ser detectados en el agua, mientras que los organismos no patógenos que están siempre presentes en el tracto intestinal de los humanos y animales se excretan junto con los patógenos pero en mucho mayor número, ideales para utilizarlos como indicadores de contaminación fecal; los más utilizados son los coliformes, estos son capaces de sobrevivir durante varias semanas bajo condiciones ideales en el medio acuático por lo que pueden ser más fácilmente detectadas, y su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la contaminación fecal y por tanto de organismos patógenos (Robles, Ramírez, Durán, & Martín, 2012).

1.1.3 Desinfección del agua

Los desinfectantes son agentes químicos que matan a los microorganismos, estos son selectivos para cada organismo, poseen características y propiedades específicas. Deben tener además un efecto residual, no solo eliminar los microorganismos, deben mantenerse como agentes activos después de la

desinfección para prevenir el crecimiento de estos en las tuberías, los cuales pueden ocasionar la re contaminación del agua (Gonzales, 2012).

1.1.3.1. Utilización del cloro como desinfectante

El cloro se usa principalmente como desinfectante, este agente se usa para el control de gérmenes en aguas de consumo, aguas residuales, piscinas, lodos, etc. (Romero, 2005).

El cloro gaseoso o dióxido de cloro se considera la forma más económica de desinfectante en plantas grandes. En estado gaseoso, el cloro es de color amarillo verdoso, fuertemente oxidante, que elimina los microorganismos al inhibir el transporte de nutrientes en la membrana de la célula. Destruye la cápsida o parte proteica de los virus al ingresar en el ácido nucleico y ocasionar daño en su capacidad genética (Gonzales, 2012) (Romero, 2005).

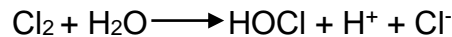
Otra forma de clorar es a través de hipoclorito de sodio o de calcio que están en forma líquida o sólida, respectivamente. Ambas son muy corrosivas y con un fuerte olor a cloro, por lo que el almacenamiento debe ser adecuado para evitar daños por corrosión.

En el caso del hipoclorito de sodio reacciona en forma espontánea con el aire y no debería ser almacenado por más de un mes pues pierde su efectividad. El hipoclorito de calcio, por el contrario, es muy estable y puede ser almacenado hasta un año (Zorrilla, 2012).

1.1.3.2. Química del cloro

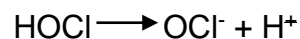
En purificación y tratamiento de aguas, el cloro se usa como gas generado a partir de la vaporización de cloro líquido almacenado bajo presión en cilindros; como líquido, comúnmente hipoclorito de sodio, NaOCl; y como sólido, o hipoclorito de calcio, Ca(OCl)₂.

Tanto el cloro elemental gaseoso como el líquido reaccionan con el agua en la siguiente forma:



Para concentraciones de cloro menores de 1.000 mg/L, caso general en la práctica, la hidrólisis es prácticamente completa si el pH es mayor de tres. Como se observa en la ecuación anterior, la adición de cloro gaseoso al agua bajará su alcalinidad y consecuentemente su pH debido a la producción del ácido fuerte, HCl y del ácido hipocloroso, HOCl.

El ácido hipocloroso se ioniza para formar ion hipoclorito:



Las especies HOCl y OCl⁻ en el agua constituyen lo que se denomina cloro libre disponible o residual de cloro libre (Romero, 2005).

El ácido hipocloroso, HOCl, es el desinfectante más efectivo; el ion hipoclorito es relativamente inefectivo en comparación con el ácido hipocloroso. En general, se considera que el HOCl es 80 veces más efectivo que el OCl⁻ para exterminar *E. coli*.

La cantidad de cloro necesaria para obtener un residual determinado, después de un tiempo de contacto específico, es un parámetro muy importante en el diseño de plantas de purificación y tratamientos de aguas.

La determinación de la demanda de cloro permite cuantificar el número y la capacidad de los cloradores requeridos para la desinfección del agua, así como para decidir el tipo de agente desinfectante, recipientes, cantidades de cloro, etc.



Evidentemente, la demanda de cloro varía para diferentes aguas; aun para la misma agua depende de la dosis de cloro aplicada, de la magnitud y tipo de residual deseado, del tiempo de contacto, del pH y de la temperatura.

En general, a mayor tiempo de contacto y mayor temperatura del agua, más efectiva es la desinfección; por el contrario, a pH alto se reduce la concentración de ácido hipocloroso y por consiguiente disminuye la efectividad de la cloración (Romero, 2005).

1.1.3.3. Eficacia del cloro como desinfectante del agua.

La cloración es el método más usado de desinfección en plantas de tratamiento desde el siglo pasado, sin embargo, su modo de acción en los patógenos no está completamente esclarecido.

Se acepta que el ácido hipocloroso penetra en la pared celular alterando la permeabilidad e integridad de la misma, luego de lo cual puede reaccionar con las enzimas esenciales que intervienen en los procesos respiratorios de la célula, provocando su destrucción.

Se puede explicar el mayor poder desinfectante del ácido hipocloroso que el ion hipoclorito, debido a que el HOCl es una molécula neutra y de reducido tamaño, razón por la cual se cree que podría atravesar con mayor facilidad la pared celular que la molécula de OCl^- .

En el caso de *Escherichia coli* los procesos previos a la desinfección pueden remover más del 99,5 % de las bacterias y luego de la desinfección, se puede reducir hasta el 99,9 %. Se prevé que para inactivar el 99 % de *E. coli* se necesita solamente una concentración de 2 mg/L de cloro libre durante un tiempo de contacto de 1 minuto (Cajamarca & Contreras, 2011).

1.2. PATÓGENOS DE ORIGEN HÍDRICO

En el mundo, el creciente aumento de las poblaciones ha hecho que la demanda del agua sea cada vez mayor, no sólo para consumo humano sino para uso agrícola y recreacional. El rápido crecimiento de los microorganismos, su fácil adaptabilidad a condiciones ambientales adversas y su gran diversidad permite que organismos patógenos encuentren un hábitat ideal en el agua e ingresen al ser humano, creando de esa manera un gran impacto en la salud pública.

Un microorganismo patógeno puede transmitirse a un individuo por varias vías: por contacto directo con la persona infectada, por medio de vectores como animales o plantas vivas o en descomposición, por elementos inanimados o por vehículos como el agua, el suelo, el aire o los alimentos (Gonzales, 2012).

A pesar de todos los esfuerzos realizados por las entidades gubernamentales, las causas de muerte de mayor incidencia en los seres humanos son las enfermedades infecciosas, responsables a nivel mundial de casi el 40% del total de los 50 millones de muertes anuales calculadas (Gonzales, 2012).

1.2.1. Enfermedades de transmisión hídrica

El agua es catalogada como uno de los más importantes vehículos de transmisión de enfermedades; la mayoría de los patógenos intestinales se transmiten por esta vía, habitan en el tracto gastrointestinales del individuo y son eliminados posteriormente en las heces (Gonzales, 2012).

Las enfermedades de origen hídrico pueden ser causadas por bacterias, virus, protozoos, hongos o helmintos, la incidencia de estas enfermedades es alta, especialmente en los países en desarrollo. Según informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades diarreicas matan a 1,5 millones de niños cada año (Gonzales, 2012). En la tabla 2 se resume las principales enfermedades de origen hídrico.

Enfermedad	Organismo causante	Fuente del organismo en el agua	Síntoma
Gastroenteritis	<i>Salmonella</i>	Excrementos humanos o de animales	Diarrea aguda y vómito
Tifoidea	<i>Salmonella typhosa</i>	Excrementos humanos	Intestino inflamado, bazo agrandado, alta temperatura
Disentería	<i>Shigella</i>	Excrementos humanos	Diarrea
Cólera	<i>Vibrio Cholerae</i>	Excrementos humanos	Vómito, diarrea severa
Hepatitis infecciosa	Virus	Excrementos humanos, mariscos	Piel amarilla, dolores
Amibiasis	<i>Entamoeba histolytica</i>	Excrementos humanos	Diarrea, disentería crónica
Giardiasis	<i>Giardia lamblia</i>	Excrementos humanos y animales	Diarrea, retortijones

Tabla 2. . Enfermedades transmisibles por el agua. Tomada de Calidad de Agua (Romero, 2005)

Si se produce o no la enfermedad depende de factores tales como la habilidad de los microorganismos para reproducirse dentro del huésped, del sistema inmune del huésped y de la patogenicidad del microorganismo.

La patogenicidad se define como la capacidad de un microorganismo de producir enfermedad, la cual se relaciona con la cantidad del agente necesario para infectar al huésped; de allí se deriva el término MID o dosis mínima infectiva (mínima cantidad de patógeno que entra al huésped para producir enfermedad).

En la tabla 3 se indica como la MID varía de acuerdo con el tipo de patógeno, las condiciones ambientales y las condiciones inmunológicas del huésped (Gonzales, 2012).

Microorganismo	Mínima dosis infectiva (MID)
Salmonella	10^4 a 10^7
Escherichia coli	10^6 a 10^8
Vibrio cholerae	10^8 a 10^9
Cryptosporidium	30 ooquistes
Entamoeba histolytica	101 quistes

Tabla 3. Mínima dosis infectiva de algunos organismos patógenos transmitidos por el agua. Tomada de Microbiología del agua (Gonzales, 2012)

Entre las causas de alta morbilidad están el elevado número de personas que carecen de servicios de saneamiento básico apropiado, el consumo de agua sin ningún tratamiento, la interrupción de procesos en las plantas de purificación, lo que hace que el tratamiento sea inadecuado, la infiltración de agua residual en el suelo que termina por contaminar aguas subterráneas y la contaminación de agua potable con agua residual.

Las poblaciones de pequeñas comunidades rurales están en gran riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua, por lo que sus sistemas de abastecimiento de agua necesitan ser protegidos mediante un adecuado proceso de potabilización y control sanitario del agua. Este control sanitario se realiza

mediante métodos bacteriológicos con el objetivo de determinar la contaminación fecal, empleando de forma más común los conocidos indicadores microbiológicos (Gonzales, 2012).

1.2.2. Indicadores microbiológicos

La contaminación del agua potable por excrementos humanos o animales constituye el mecanismo más común para la transmisión de microorganismos patógenos, por lo tanto, el principal objetivo del examen bacteriológico del agua potable es la detección de contaminación fecal. El diagnóstico de estos microorganismos patógenos, se realiza a través de indicadores microbianos (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Estos microorganismos indicadores tienen un comportamiento similar a los patógenos (concentración y reacción frente a factores ambientales), pero son más rápidos y fáciles de identificar.

Una vez que se ha evidenciado la presencia de grupos indicadores, se puede inferir que los patógenos se encuentran presentes en la misma concentración y que su comportamiento frente a diferentes factores como pH, temperatura, presencia de nutrientes o sistemas de desinfección es similar a la del indicador (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Un microorganismo indicador de contaminación fecal debe reunir las siguientes características:

- Ser un constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos.
- Estar presente, de forma exclusiva, en las heces de animales homeotérmicos.
- Estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias patógenas (su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal).
- Debe ser fácil de aislar y cuantificar.
- No debe ser patógeno (Arcos, Ávila, Estupiñán, & Gómez, 2005).

1.2.3. Coliformes totales y fecales como indicadores

Los organismos coliformes son los indicadores con los que más comúnmente se mide la calidad del agua. Se encuentran en el intestino de animales de sangre caliente, lo cual es un buen indicador de polución animal, también se pueden encontrar en el suelo viviendo como saprofitos independientes; de esta manera para separar el género de origen fecal de los saprofitos independientes, se les dio el nombre a los primeros de coliformes fecales y a los segundo de coliformes totales (Gonzales, 2012). Se define como un grupo de bacterias en forma de bacilo, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, gram negativas, aerobias y anaerobias facultativas, que no forman esporas, con capacidad de fermentar la lactosa y otros azúcares con producción de ácido y de gas a una temperatura entre 35-37° C durante un lapso de 24 a 48 horas. Entre las principales características de este grupo está su resistencia a condiciones ambientales adversas (Gonzales, 2012).

Los géneros pertenecientes al grupo Coliformes son *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*.

- *E. Coli*: esta bacteria, la más representativa de los coliformes fecales, se encuentra en gran cantidad en heces humanas y animales.
- *Klebsiella pneumoniae*: también de origen fecal, forma biopelículas en tanques de almacenamiento y redes de distribución.
- *Enterobacter aerogenes*: no siempre está asociado al intestino, es oportunista y afecta especialmente el tracto urinario y respiratorio, se encuentra en el suelo, en el agua y en el aparato digestivo.
- *Citrobacter*: se halla en el suelo, comida, agua y tracto intestinal de humanos y animales.

La presencia de coliformes totales advierte la existencia de contaminación, pero sin identificar su origen; además, permite evaluar si se presentan fallas en las etapas del proceso de purificación del agua, en la planta o en las redes de distribución, para de esa manera alertar a las entidades encargadas de la vigilancia del recurso hídrico (Gonzales, 2012).



Los coliformes fecales (coliformes termo resistentes) son un subgrupo de las bacterias coliformes totales y tienen una característica adicional, que es su capacidad de producir gas o formar colonias a una temperatura de incubación de $44,5 \pm 2^\circ \text{C}$, además producen indol a partir del triptófano, los organismos que poseen estas propiedades son considerados como *Escherichia coli*. Éstos se pueden reproducir fuera del intestino, en las redes de distribución, formando biopelículas, o en cuerpos de agua donde hay condiciones favorables de pH, contenido de materia orgánica y humedad. La medición de los coliformes fecales en forma específica constituye un mejor indicador de la contaminación por materia de origen fecal (Gonzales, 2012).

Por lo tanto la medición del grupo coliformes es particularmente relevante para sistemas de abastecimiento de agua con tratamiento y cloración, en este caso, la ausencia del grupo coliformes indicaría normalmente que el agua ha sido lo suficientemente tratada o desinfectada como para destruir los diferentes organismos patógenos, Idealmente, un sistema de abastecimiento de agua potable debe estar libre de bacterias coliformes fecales (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

1.3. MÉTODO DE FERMENTACIÓN DE LOS TUBOS MÚLTIPLES NMP

El análisis microbiológico del agua se define como el procedimiento llevado a cabo en laboratorio a una muestra de agua para evaluar la presencia, ausencia, el tipo y la cantidad de microorganismos presentes en ella. En el análisis bacteriológico es importante conocer no solamente que los organismos coliformes están presentes sino también determinar su número más probable por unidad de volumen en el agua (Romero, 2005).

El método de fermentación de los tubos múltiples es un método convencional y estandarizado para la determinación de la densidad de bacterias indicadoras de contaminación (Sandoval, 1991). Según la Organización Panamericana de la salud es un método lo suficientemente sensible como para medir niveles bajos de bacterias en muestras de agua (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

En este método, se añade diferentes cantidades de agua a tubos que contienen un medio de cultivo adecuado. Los coliformes presentes en el agua se reproducen y, a partir del número de tubos inoculados y del número de tubos con reacción positiva, puede determinarse la densidad bacteriana. Esta densidad es calculada mediante la utilización de métodos matemáticos de probabilidad en donde es posible estimar el número más probable (NMP) de bacterias que producen un resultado observable de cualquier combinación de tubos positivos y negativos. Los cálculos para obtener esta estimación son lentos y tediosos, por lo tanto, es común que en el laboratorio de microbiología se empleen tablas del NMP. Estas tablas contienen arreglos ordenados sobre los posibles resultados obtenidos de la inoculación de una serie de tubos con diferentes cantidades de muestra. Las combinaciones más comunes de resultados de tubos positivos y negativos aparecen en la tabla indicando la estimación del NMP con límites de confianza del 95%. (Camacho, y otros, 2009) (Sandoval, 1991).

1.4. TRATAMIENTO DEL AGUA

El tratamiento del agua es el proceso de naturaleza físico-química y biológica, mediante el cual se eliminan una serie de sustancias y microorganismos que implican riesgo para el consumo o le comunican un aspecto o calidad organoléptica indeseable y la transforma en un agua apta para consumir.

Los objetivos perseguidos por el tratamiento de aguas naturales son los siguientes:

- Eliminación de materias en suspensión y en disolución que deterioran las características físico- químicas y organolépticas
- Eliminación de bacterias y otros microorganismos.

Las principales fuentes de agua para el tratamiento con fines de consumo humano son de origen superficial. Es importante conocer las características físicas, químicas y microbiológicas del agua seleccionada para así conocer los elementos que deben ser eliminados, o adicionados asegurando una agua apta para el consumo humano (Idrovo, 2010).

1.4.1. Efectividad del proceso de tratamiento

Los procesos comunes de potabilización como: coagulación, floculación, sedimentación y filtración, presentan gran eficiencia para la remoción física de patógenos, hasta un 99,9% de los patógenos presentes en el agua. Sin embargo se requiere de la desinfección para la producción de agua microbiológicamente apta para su consumo (Cajamarca & Contreras, 2011).

1.4.2. Mecanismos de reducción de riesgos biológicos

La concentración de los contaminantes microbiológicos puede ser reducida por los procesos de tratamiento a través de dos mecanismos complementarios que son:

Mecanismos de remoción: La reducción se logra a través de mecanismos físicos, como: coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

Mecanismos de inactivación: Consiste en inactivar el contaminante a través de los desinfectantes físicos (calor, luz solar, luz UV, etc.) o químicos (cloro, permanganato de potasio, etc.). A este proceso también se lo conoce como desinfección (Cajamarca & Contreras, 2011).

1.5. ALMACENAMIENTO DEL AGUA POTABLE

Existen poblaciones que tienen horarios con mayor consumo de agua, y las plantas potabilizadoras no abastecen suficientemente. En estos casos se crean tanques de almacenamiento o reserva que garantizan la calidad de agua.

Estos tanques pueden ser construidos con hormigón o bien de plástico de alta resistencia. Puede tener forma cuadrada, rectangular o redonda y siempre cubierto.

El tanque almacena el agua durante la noche y en las horas de menor consumo, por lo cual su volumen depende del tamaño de la población.



El tanque de almacenamiento se ubica en un punto alto de la población. En poblaciones grandes o de topografía muy irregular, puede existir más de un tanque de reserva (Care Internacional-Avina.Sistemas de agua potable., 2012).

Los tanques proporcionan presión a la red de distribución, por lo que su localización debe ser generalmente en una parte alta con lo que se garantiza una buena carga hidráulica, a su vez como una función adicional, en él se le inyecta gas cloro o se le adicionan al agua pastillas de hipoclorito para desinfectarla.

Los tanques deben tener: un tubo de alimentación, un tubo de desagüe o limpieza, un tubo de demasías y un tubo de salida que llevará el agua hacia la red.

También contarán con tubos de ventilación que permiten la circulación del aire, además poseen una malla que evita el ingreso de cuerpos extraños al tanque de almacenamiento y así se evita la proliferación de bacterias (Jiménez, 2000).

CAPITULO 2

2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se realizó es descriptivo transversal.

2.1.1. Planteamiento del diseño: No experimental

2.1.2. Población de estudio

La investigación propuesta se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Zhindilig EMAPAL-EP del Cantón Azogues, en el período comprendido de abril a septiembre del 2016, beneficiándose las comunidades de Zhindilig y Guapán a las cuales abastece la planta.

Las muestras se tomaron de las siguientes ubicaciones:

- Agua cruda (agua de entrada) a la planta.
- Agua de salida (agua tratada) de la planta.
- Agua de inmuebles de Zhindilig y Guapán.

Se procedió mediante un muestreo no probabilístico en la que se recolectó 252 muestras en total y se trabajó 21 muestras por semana por un período de 12 semanas según el cronograma establecido en la tabla 4.

Semana	Fecha	N° muestreo	N° de muestras
1	11/04/2016	1	7
	12/04/2016	2	7
	13/04/2016	3	7
2	18/04/2016	4	7
	19/04/2016	5	7
	20/04/2016	6	7
3	25/04/2016	7	7
	26/04/2016	8	7
	27/04/2016	9	7
4	02/05/2016	10	7
	03/05/2016	11	7
	04/05/2016	12	7
5	09/05/2016	13	7
	10/05/2016	14	7
	11/05/2016	15	7
6	16/05/2016	16	7
	17/05/2016	17	7
	18/05/2016	18	7

Semana	Fecha	N° muestreo	N° de muestras
7	23/05/2016	19	7
	24/05/2016	20	7
	25/05/2016	21	7
8	30/05/2016	22	7
	31/05/2016	23	7
	01/06/2016	24	7
9	06/06/2016	25	7
	07/06/2016	26	7
	08/06/2016	27	7
10	13/06/2016	28	7
	14/06/2016	29	7
	15/06/2016	30	7
11	20/06/2016	31	7
	21/06/2016	32	7
	22/06/2016	33	7
12	27/06/2016	34	7
	28/06/2016	35	7
	29/06/2016	36	7
Total		36	252

Tabla 4. Cronograma de muestreo

2.2. MUESTREO Y TOMA DE MUESTRAS

Se realizó tres muestreos a la semana, los días lunes, martes y miércoles, se recolectaron 7 muestras por día; el agua de entrada (agua cruda), el agua de salida (agua tratada) y 5 domiciliarias tomadas de manera aleatoria, estas se recolectaron en frascos estériles por la mañana y se guardaron en un cooler con un refrigerante hasta llegar al laboratorio para realizar el análisis de coliformes totales y fecales.

Las muestras fueron tomadas en la comunidad de Guapán los días lunes, los martes y miércoles en la comunidad de Zhindilig, en los puntos antes indicados.

NOTA: No se contempló la determinación de cloro residual a lo largo del estudio de caso, sin embargo, se desarrolló esta prueba para corroborar el proceso de potabilización del agua y el estado que llega esta a los usuarios.

2.2.1. Toma de muestra del agua de entrada a la planta

Para tomar las muestras del agua de entrada se procedió de la siguiente manera: con todo el equipo de protección se recolecto la muestra de manera directa del lugar de entrada del agua cruda a la planta.

2.2.2. Toma de muestra del agua de salida de la planta

Para el agua de salida de la planta: con la ayuda de un recipiente se tomó la muestra del tanque, siguiendo todas las medidas de seguridad se traspasó la muestra a un frasco estéril, se etiqueto y guardo en un cooler.

Para la determinación de cloro en este punto se colocó unos 3 ml de agua recolectada en el medidor de cloro, se agregó de 2-3 gotas de ortotolidina, se homogenizó y se procedió a ver en la escala el valor del cloro correspondiente.

2.2.3. Toma de muestra de los inmuebles en Guapán y Zhindilig

En los inmuebles, las muestras se tomaron de manera aleatoria en las dos comunidades, Zhindilig y Guapán, se procedió de la siguiente manera: se desinfecto la llave con alcohol y luego se dejó correr el agua de la llave por un tiempo de 3-5 minutos con una velocidad de caudal lenta, luego se procedió a tomar la muestra en un frasco estéril, se etiqueto y se guardó en el cooler. Igualmente se traspasó unos 3 ml del agua al medidor de cloro, se colocó 2-3 gotas de ortotolidina, se mezcló y se determinó su nivel en la escala.

En todo el proceso se siguió las condiciones de asepsia adecuadas y se usó el equipo de seguridad (**Anexo 2. Fotografías**).

2.3. MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE Y TUBOS MÚLTIPLES

El método del NMP y de los tubos múltiples se basa en la inoculación de volúmenes decrecientes de la muestra sin diluir; 10 ml, 1 ml y 0,1 ml en un medio lactosado (caldo de sulfato de laurilo: triptosa, lactosa). Para estimar la concentración de



microorganismos en el agua por el método del número más probable, se utilizan tablas con distintas combinaciones de siembras y resultados, tomando en cuenta el volumen de agua y el número de tubos sembrados (APHA, AWWA , WPCF , 1992) (Norma Oficial Mexicana. NMX-AA-042-SCFI-2015, 2015).

Se fundamenta en la habilidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa, la cual la suministrada el medio de cultivo, con producción de gas al incubarlos a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24-48 h, utilizando un medio que contenga sales biliares.

La determinación del NMP se realiza durante una fase presuntiva y una fase confirmatoria.

En la fase presuntiva se utilizó caldo lauril sulfato que permite la recuperación de los microorganismos presentes en la muestra, estos son capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono.

En la fase confirmatoria, se usó el caldo bilis verde brillante que es un medio selectivo que permite el desarrollo de microorganismos que toleran tanto las sales biliares como el verde brillante y son termoresistentes. De existir tubos positivos en las pruebas presuntivas, se continuará con la fase confirmatoria para identificar dichos microorganismos.

La determinación de coliformes fecales por el número más probable se realiza a partir de los tubos positivos en la prueba presuntiva y se basa en la capacidad que tiene estos microorganismos en fermentar la lactosa y producir gas al incubarlos a $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24-48.

El método que se usó para la determinación de coliformes totales y fecales es la fermentación de los tubos múltiples NMP basados en el proceso expuesto en el libro de los métodos estandarizados para el análisis de aguas potables, examen microbiológico de las aguas (Camacho, y otros, 2009).

2.3.1 Procedimiento del número más probable NMP

- **Prueba presuntiva**

Toda la técnica se realizó en condiciones de asepsia.

- a) Tomar un batería de 15 tubos, distribuidos de 5 en 5
- b) Sembrar en los 5 primeros tubos (que contiene caldo sulfato de laurilo doble concentración) 10 ml de la muestra con pipeta estéril.
- c) En los 5 tubos siguientes (que contiene caldo sulfato de laurilo simple concentración) inocular 1 ml de la muestra con pipeta estéril.
- d) Y en los últimos 5 tubos (que contiene caldo sulfato de laurilo simple concentración) sembrar 0,1 ml de la muestra, con pipeta estéril.
- e) Homogenizar.
- f) Incubar por 24h a 37 °C.
- g) Realizar una primera lectura a las 24 h, se considerará como presuntos positivos si presentan enturbiamiento con producción de gas en la campana Durham. Si no hay cambio dejar 24 h más y dar una lectura final.

- **Prueba confirmatoria de Coliformes totales**

- h) De los tubos anteriores que se consideren positivos, sembrar con asa microbiológica, pasar un asa completa del cultivo al tubo de fermentación con caldo bilis verde brillante (CBVB) dotados de campana Durham.
- i) Incubar por 24/48h a 37 °C.
- j) Calcular el valor del NMP en la tabla del NMP/100 ml.

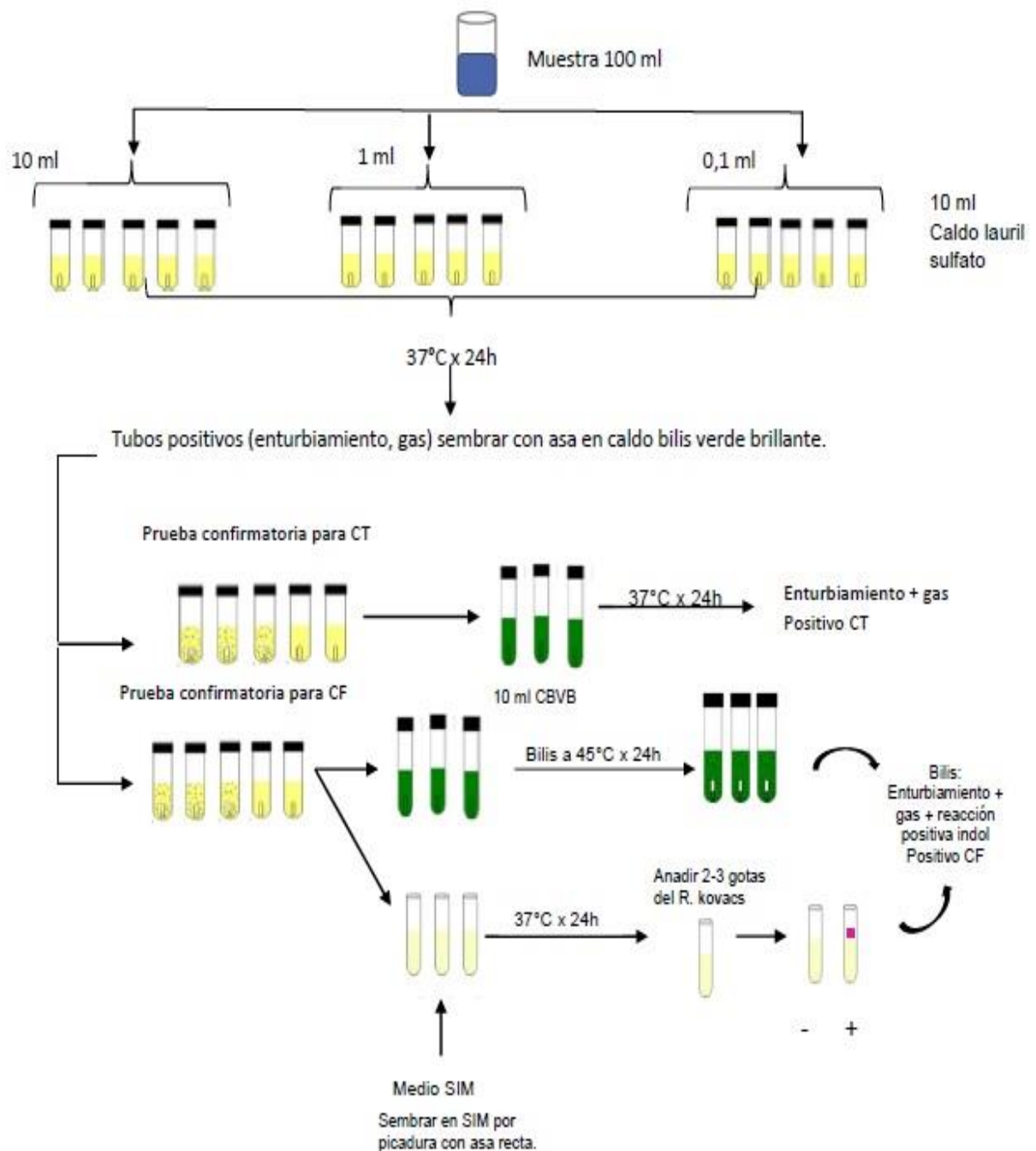
- **Prueba confirmatoria de Coliformes fecales**

- k) A partir de cada uno los tubos positivos en el caldo sulfato de laurilo, sembrar un asa completa del cultivo en tubos que contengan caldo bilis verde brillante (CBVB) dotados de campana Durham.
- l) Incubar estos tubos a 45 °C por 24/48 horas.
- m) Al mismo tiempo, de los tubos positivos en caldo sulfato de laurilo sembrar por picadura en medio SIM e incubar por 24 horas a 37° C.
- n) Colocar 2-3 gotas de reactivo de Kovacs para la prueba de indol. Reacción positiva si se forma un anillo rojo.

- o) Calcular el valor del NMP en la tabla del NMP/100 ml. Esta tabla fue obtenida del libro de los Métodos Estandarizados para el análisis de agua potable (**Anexo 3**) (APHA, AWWA , WPCF , 1992) (Norma Oficial Mexicana. NMX-AA-042-SCFI-2015, 2015).

A continuación, en el Grafico 1 se puede observar el esquema del procedimiento del NMP:

Gráfico N° 1. Esquema de Procedimiento del NMP



2.3.2. Interpretación de resultados

Registrar la relación de tubos positivos confirmados para establecer los códigos correspondientes y mediante la tabla estadística conocer el NMP de Coliformes Totales y Fecales en 100 ml de agua.

- ✓ Se consideró positivo para Coliformes totales cuando en el caldo bilis verde brillante presenta enturbiamiento y presencia de gas en la campana durham luego de 24 h a 37°C. (**Anexo 2. Fotografías**)
- ✓ Si hay presencia de Coliformes fecales en la muestra, la prueba de indol será positiva con la formación del anillo rojo, y se observa en el caldo bilis verde brillante enturbiamiento y presencia de gas en la campana durham luego de 24 h a 45°C. Estas dos condiciones deben cumplirse para darlo como positivo (APHA, AWWA , WPCF , 1992) (Norma Oficial Mexicana. NMX-AA-042-SCFI-2015, 2015).

El NMP para combinaciones que no aparecen en la tabla, o para otras combinaciones de tubos o diluciones puede calcularse mediante la sencilla formula de Thomas:

$$NMP/100 ml = \frac{No. De tubos positivos \times 100}{\sqrt{ml. de muestra en tubos negativos \times ml de muestra con todos los tubos}}$$

2.4. MÉTODO OTA PARA DETECCIÓN DEL CLORO

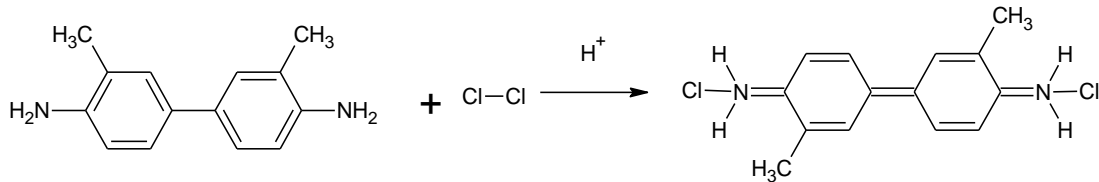
Este método es usado por la facilidad de realizarlo, su rapidez y simplicidad. Se conoce como método OTA o método de la ortotolidina.

La ortotolidina es un compuesto aromático oxidable en solución ácida por el cloro, las cloraminas y otros oxidantes. El método se basa en el hecho de que los residuales de cloro libre reaccionan instantáneamente con ortotolidina para formar una holoquinona de color amarillo, mientras que las cloraminas reaccionan mucho más lentamente, en el gráfico 2 se observa la reacción del cloro con la ortotolidina.

La intensidad del color amarillo es proporcional a la cantidad de cloro residual presente y permite determinar la concentración de cloro por comparación

colorimétrica. En el gráfico 3 se observa un aparato que mide el cloro libre residual (Romero, 2005).

Gráfico N° 2. Reacción de ortotolidina con cloro residual. Tomado de Calidad de Agua (Romero, 2005)



Procedimiento del método OTA para la detección del cloro

2.5. ANÁLISIS

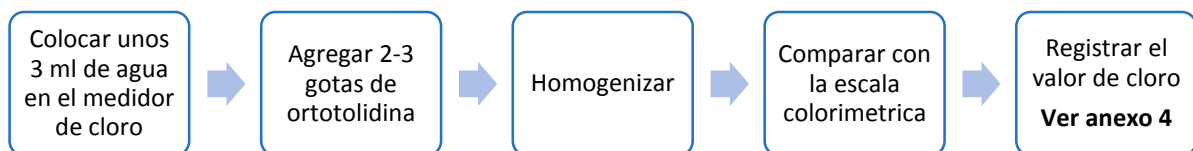


Gráfico N° 3. Medidor de cloro



2.5 ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS

Los datos obtenidos de la evaluación de la calidad microbiológica (coliformes totales y fecales) del agua de la planta de potabilización de EMAPAL EP en la comunidad de Zhindilig y Guapán se examinaron mediante estadística descriptiva.

Se analizó las medidas de tendencia central como es la media, desviación estándar con la ayuda del programa Stata 10.0. También se empleó el programa Microsoft Excel para la elaboración de tablas, figuras y pasteles, analizando los datos obtenidos.

CAPITULO 3

3.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA

Para este análisis de caso se tomaron un total de 72 muestras en las cuales se determinaron los parámetros microbiológicos coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF), ver todos los resultados del análisis en el **anexo 4**.

En la tabla 5 se observa que la desviación estándar, tanto para CT y CF, es menor a la media indicando valores homogéneos de contaminación que presenta el agua cruda durante el análisis, es decir que se observa los mismos niveles de contaminación durante los meses de estudio.

Se realizó un análisis descriptivo del nivel de contaminación con coliformes fecales y totales en el agua cruda y tratada. No se aplicó un test estadístico (comparación de medias) para evaluar el grado de disminución de la contaminación de CT y CF porque los valores del agua tratada son $<1,1$ NMP/100 ml.

AGUA CRUDA					
VARIABLE	OBSERVACIONES	MEDIA NMP	DESVIACIÓN ESTANDAR NMP	MIN NMP	MAX NMP
CT	36	8.3	4.6	<1,1	17
CF	36	5.6	3.4	<1,1	9
AGUA TRATADA					
VARIABLE	OBSERVACIONES	MEDIA NMP	DESVIACIÓN ESTANDAR NMP	MIN NMP	MÁX NMP
CT	36	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
CF	36	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1

Tabla 5. Parámetros bacteriológicos del agua cruda y tratada expresados como media \pm desviación estándar (min-max).

A continuación, en las gráficas 4 y 5 puede observarse de acuerdo al promedio semanal, con qué nivel de CT (coliformes totales) y CF (coliformes fecales) entra el agua cruda a la planta y luego del tratamiento a qué nivel llega, como se observa, en los tres meses del estudio (abril, mayo, junio) se tiene recuentos variables de CT y CF en el agua cruda.



Esta variabilidad en los recuentos no es significativa estadísticamente porque la cantidad de coliformes en el agua cruda va a depender de factores como la humedad del suelo, lluvia, el periodo de labranza, contaminación con heces de animales, que son factores que no se pueden controlar y por lo tanto el grado de contaminación siempre va a ser diferente.

Luego del proceso de potabilización el agua no tiene contaminación con CT y CF teniendo un recuento de <2 NMP/100ml, demostrando la efectividad del proceso de tratamiento.



Gráfico N° 4. Representación gráfica del promedio semanal de coliformes totales. Agua Cruda vs Agua Tratada

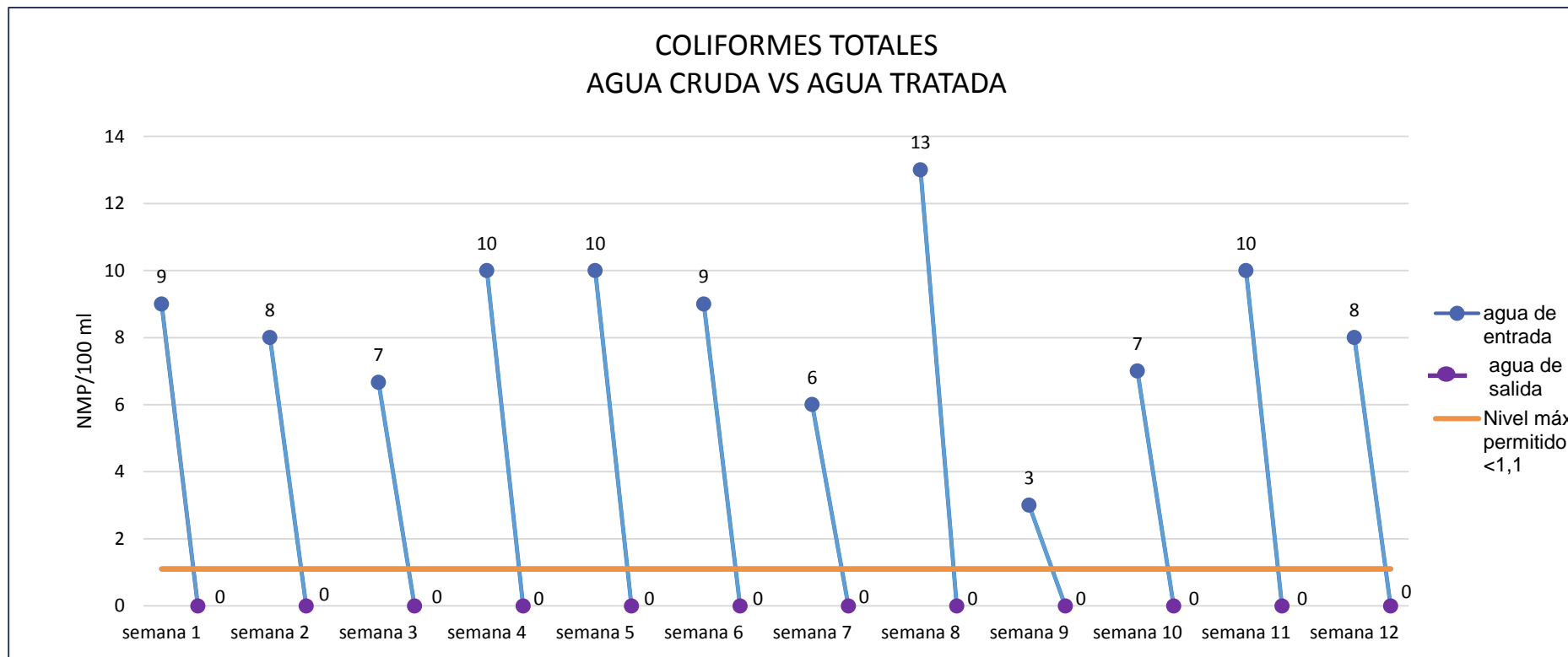
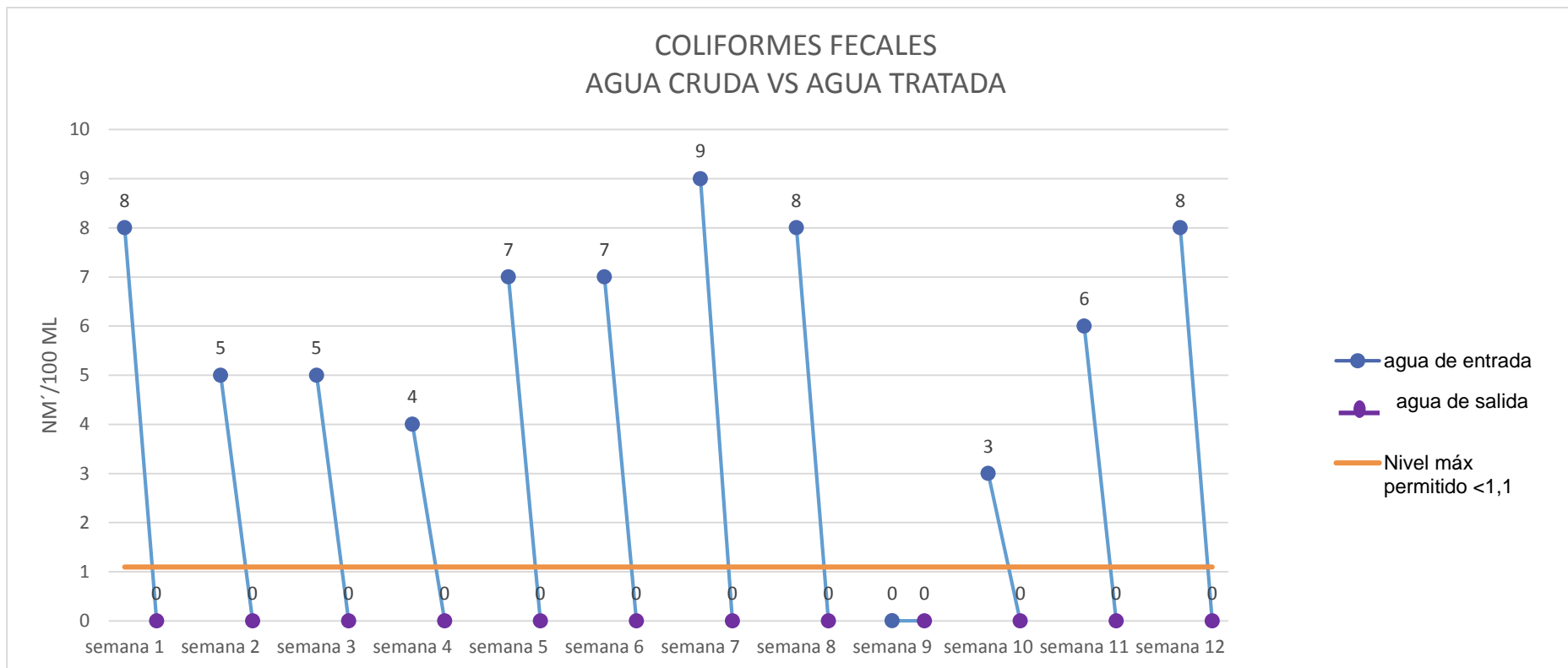




Gráfico N° 5. Representación gráfica del promedio semanal de coliformes fecales. Agua Cruda vs Agua Tratada



3.2. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA DE INMUEBLES

El agua potable que llega a los usuarios no debe tener presencia de contaminación bacteriológica por coliformes. Para evaluar la calidad de ésta, se analizó un total de 180 muestras provenientes de los inmuebles de las comunidades de Zhindilig y Guapán.

En la tabla 6 se observa que la desviación estándar es mayor a la media, por lo tanto, indica que existen valores dispersos de contaminación que se presenta en los distintos puntos de muestreo de los inmuebles.

AGUA INMUEBLES					
VARIABLE	OBSERVACIONES	MEDIA NMP	DESVIACIÓN ESTANDAR NMP	MIN NMP	MAX NMP
CT	180	2,8	4,5	<1,1	17
CF	180	0,3	1,3	<1,1	11

Tabla 6. . Parámetros bacteriológicos del agua de inmuebles expresados como media \pm desviación estándar (min-max).

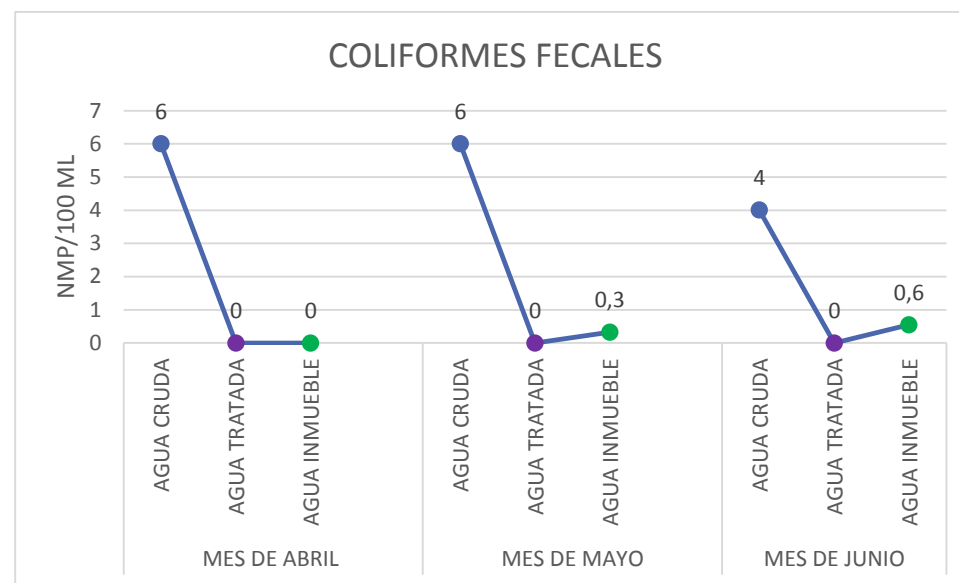
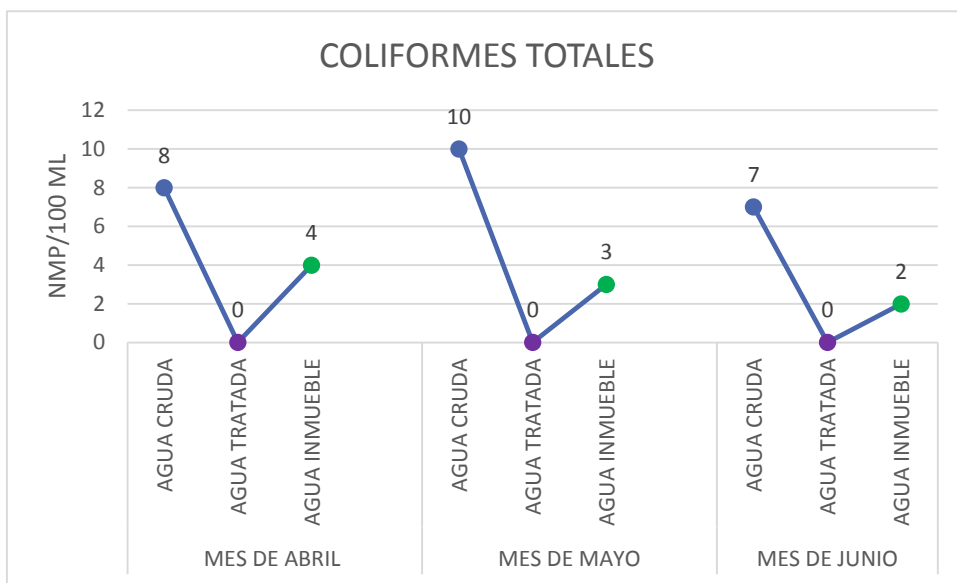
En las gráficas 6 y 7, se relacionó entre el agua cruda, tratada e inmuebles expresada en coliformes totales y fecales, mediante un promedio mensual se observó que el agua que sale de la planta sin carga bacteriana (CT y CF) vuelve a presentar coliformes en el agua de inmuebles. En las representaciones también se aprecia, que las concentraciones de coliformes son variables siendo mayor en el mes de abril con un valor de 4 NMP/100 ml de CT y de 0,6 NMP/100 ml de CF en el mes de junio.

De acuerdo a lo explicado anteriormente la variabilidad va a depender de factores que están fuera de nuestro control y siempre va a ser diferente el recuento de coliformes.



Gráfico N° 7. . Representación gráfica del promedio mensual de coliformes totales. Agua cruda, agua tratada y agua de inmuebles

Gráfico N° 6. Representación gráfica del promedio coliformes fecales. Agua cruda, agua tratada y agua de inmuebles



3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO (AGUA CRUDA, TRATADA, INMUEBLES)

A continuación, en la tabla 7 se indica la frecuencia y porcentaje de los coliformes totales y fecales en el agua cruda, tratada y de inmuebles con referencia a los valores expuestos en la Norma INEN 1108:2014.

PARÁMETRO	REFERENCIA	AGUA CRUDA		AGUA TRATADA		AGUA INMUEBLES	
		FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
COLIFORMES TOTALES NMP/ 100 ml	> 1,1	35	97,22%	0	0%	69	38,33%
COLIFORMES FECALES NMP/ 100 ml	> 1,1	30	83,33%	0	0%	13	7,22%

Tabla 7. Porcentaje de muestras que no cumplen con el nivel permisible de parámetros microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014

En la gráfica de barras 8 se analiza en una primera instancia a lo que se refiere al agua cruda, el 97,22% está contaminada y necesita ser procesada. El agua tratada presenta un 0% de valores > 1,1 NMP/ 100 ml expuestos en la norma, lo que significa que cumple con lo expuesto en la NTE INEN 1108:2014 y se comprueba la efectividad del proceso de potabilización.

Una vez que se analizó los porcentajes en los inmuebles, se vio que el 38,33% representa valores > 1,1 NMP/100 ml, lo que indica que no cumple con los requisitos microbiológicos.

En lo referente a los coliformes fecales (gráfica 9) el agua cruda si presenta contaminación con estas en un 83,33%, y una vez que es sometida a la potabilización disminuye a 0%. En los inmuebles también se exhibe una contaminación del 7,22% con estos microorganismos, lo que revela que tampoco cumple con los valores permitidos en la norma.

Gráfico N° 8. Coliformes totales en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.

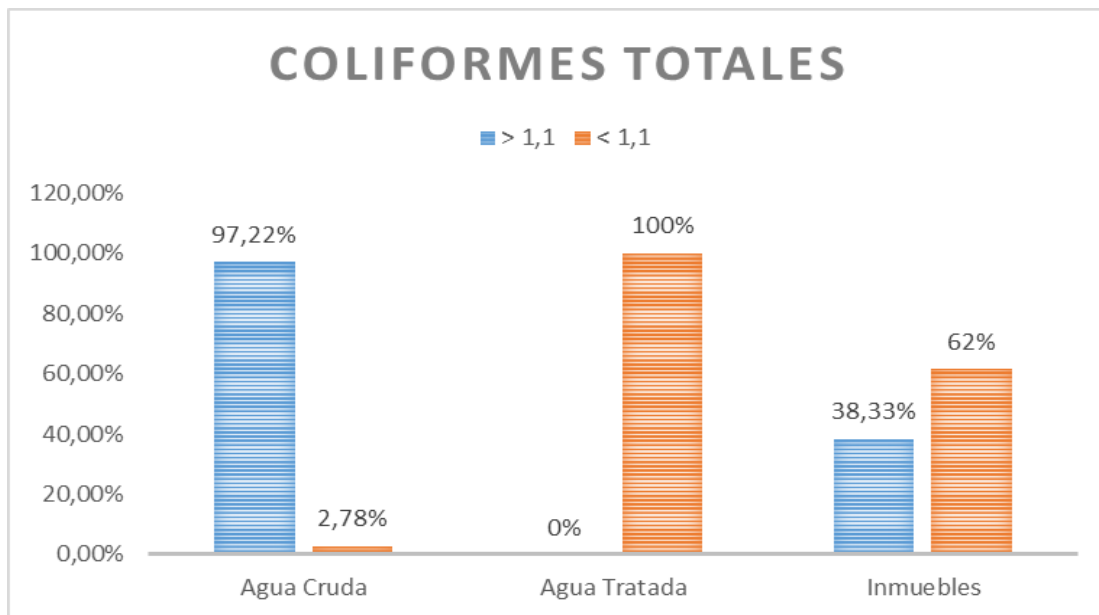
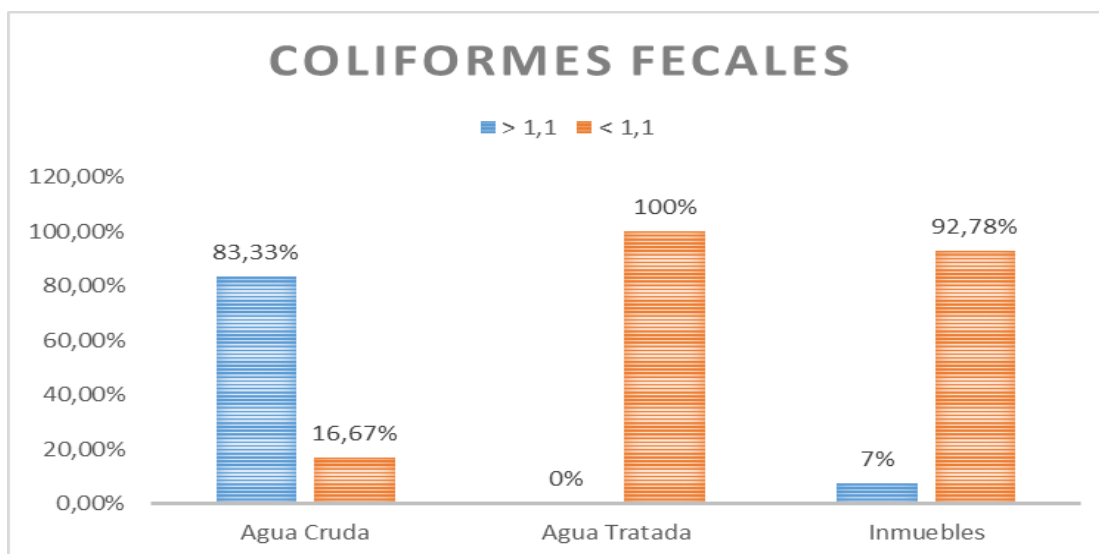


Gráfico N° 9 Coliformes fecales en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.



3.4. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS EN LOS INMUEBLES EN BASE A LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL TANQUE

El agua en las casas de Zhindilig presentó re contaminación sin embargo no hubo recuentos en el agua que se distribuye a Guapán. Se observó que la diferencia era la presencia de un tanque reservorio que abastece a la comunidad de Zhindilig por

lo que se procedió a analizar CT y CF por cinco días, obteniendo como resultado un promedio de 8 NMP/100 ml para CT (**Ver anexo 5**).

En la tabla 8 se presentó una desviación estándar superior a la media lo que indica que existen valores dispersos de re contaminación en el agua con CT y CF. Por lo tanto, esta situación puede deberse a fallas en el tanque y/o a la red de distribución.

No se realizó un test estadístico (comparación de medias) porque todos los inmuebles que no reciben agua del tanque no presentan re contaminación (<2 NMP/100 ml) ni para CT ni para CF.

INMUEBLES SIN TANQUE					
VARIABLE	OBSERVACIONES	MEDIA NMP	DESVIACIÓN ESTANDAR NMP	MIN NMP	MÁX NMP
CT	60	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
CF	60	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
INMUEBLES CON TANQUE					
VARIABLE	OBSERVACIONES	MEDIA NMP	DESVIACIÓN ESTANDAR NMP	MIN NMP	MAX NMP
CT	120	4,2	5	<1,1	17
CF	120	0,4	1,6	<1,1	11

Tabla 8. Parámetros bacteriológicos del agua de inmuebles expresados como media \pm desviación estándar (min-max).

Al sospechar del tanque reservorio como causante de la contaminación en el agua de inmuebles, se procedió a relacionar los diferentes puntos de muestreo (agua cruda, agua tratada, aguas inmuebles) en relación a la ausencia o presencia del tanque. En las gráficas 10 y 11 se comparó mensualmente que el agua que tiene distribución directa desde la planta, no presenta recontaminación por el grupo coliforme. Sin embargo, el agua que sale de la planta y se almacena en el tanque reservorio presenta recontaminación con coliformes totales y fecales.



Gráfico N° 10. Comparación mensual de los coliformes totales, en los diferentes puntos de muestreo; entre el agua con tanque y sin tanque en los tres meses del análisis.

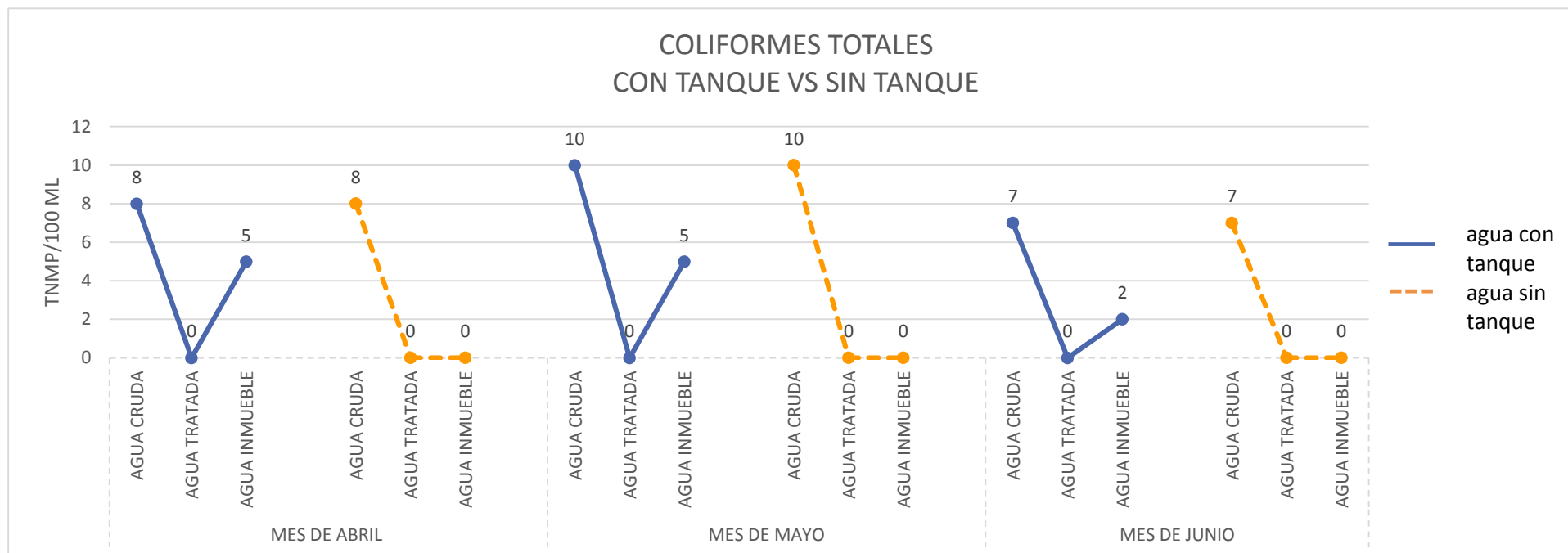
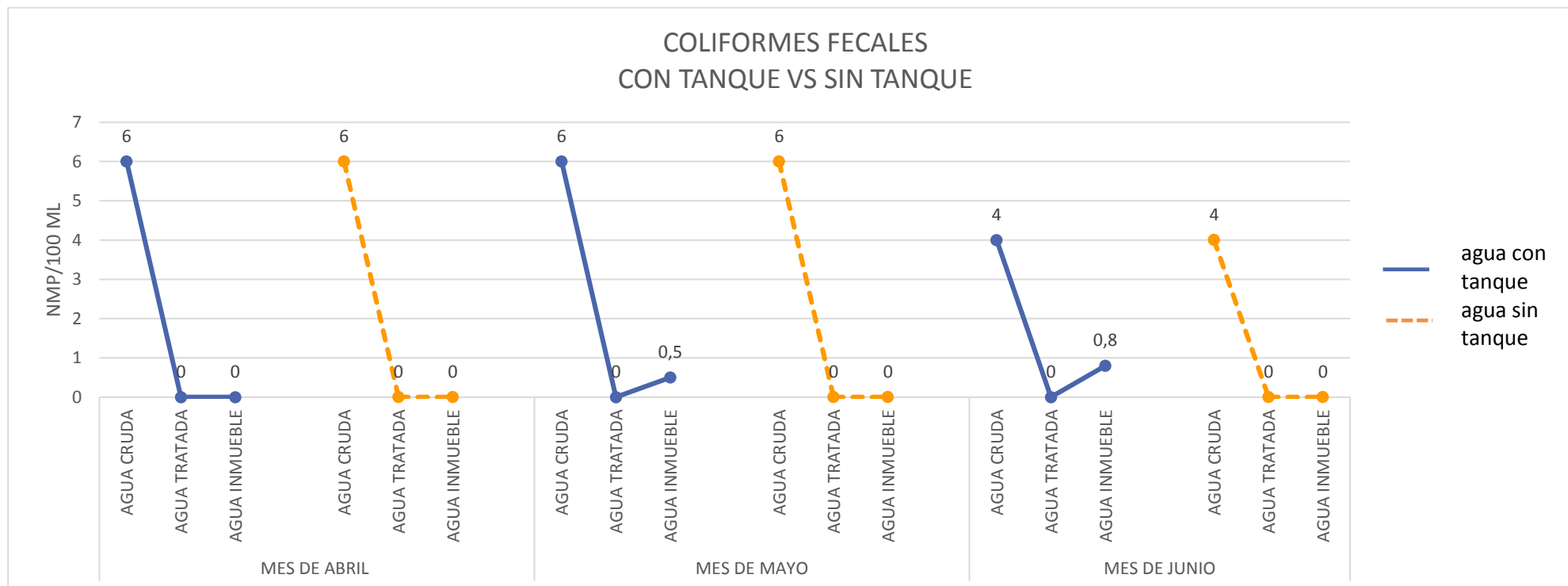




Gráfico N° 11. Comparación mensual de los coliformes fecales, en los diferentes puntos de muestreo; entre el agua con tanque y sin tanque en los tres meses que duró este análisis.



3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN LOS INMUEBLES DE ACUERDO A LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL TANQUE

A continuación, en las tablas 9 se indica la frecuencia y porcentaje de los coliformes totales y fecales en el agua de los inmuebles con tanque y sin tanque con referencia a los valores expuestos en la Norma INEN 1108:2014.

AGUA DE INMUEBLES					
PARÁMETRO	REFERENCIA	SIN TANQUE		CON TANQUE	
		FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
COLIFORMES TOTALES NMP/ 100 ml	> 1,1	0	0%	69	57,50%
COLIFORMES FECALES NMP/ 100 ml	> 1,1	0	0%	13	10,83 %

Tabla 9. Porcentaje de muestras que no cumplen con el nivel permisible de parámetros microbiológicos de la NTE INEN 1108:2014

En la gráfica de barras 12 y 13 se observa que las aguas de los inmuebles sin tanque tienen un 0% de muestras > 1,1 NMP/100 ml de CT y CF; por tanto, cumplen con la NTE INEN 1108:2014. Pero en el caso del agua de los inmuebles que son abastecidos por el tanque tienen un 57,50% de muestras contaminadas con CT y un 10,83% de CF, lo que indica que no cumple con la norma.

Gráfico N° 12. Coliformes totales según la presencia o ausencia del tanque de almacenamiento, en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.

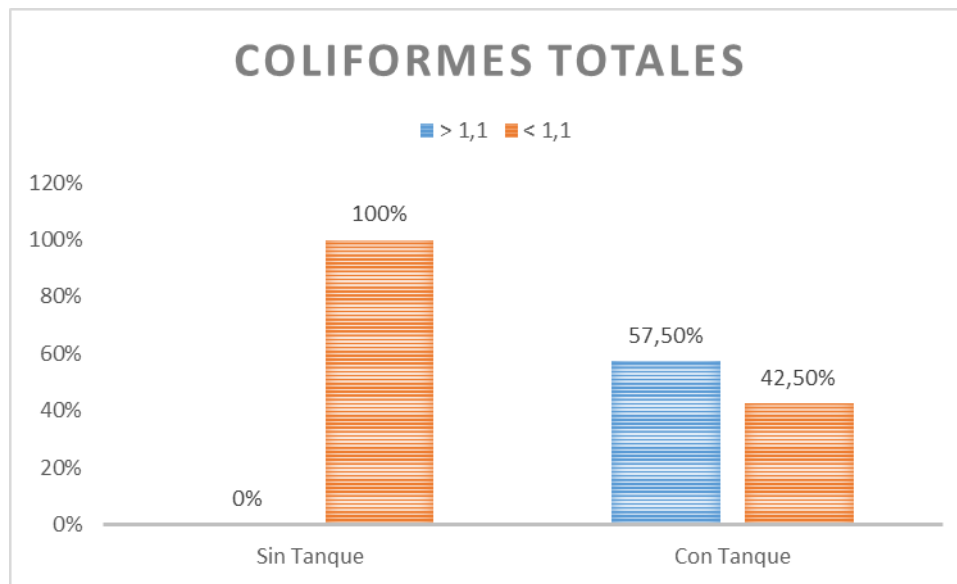
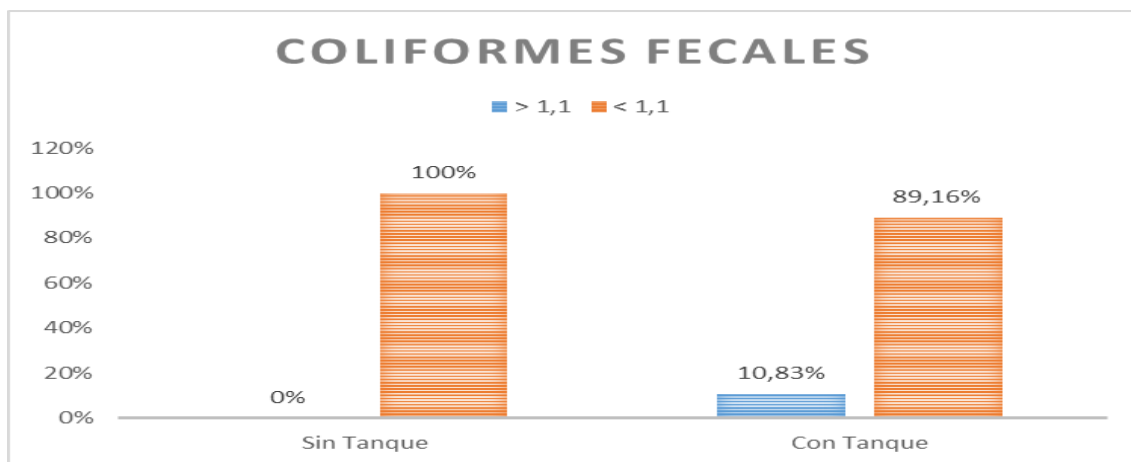


Gráfico N° 13. Coliformes fecales según la presencia o ausencia del tanque de almacenamiento, en base a los valores de la norma INEN 1108:2014. Requisitos microbiológicos.



Como se observa en el gráfico 12, el porcentaje de recontaminación con CT y CF es mayor en el agua que pasa por el tanque.

El estudio “*Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana- 2002*”, realizado por Marchand Edgar, establece una contaminación microbiológica en el sistema de abastecimiento y distribución de los inmuebles en un 17,86% de coliformes totales y fecales.

El estudio “*Análisis de la calidad microbiológica de los sistemas de almacenamiento de agua potable, Rosario Argentina- 2015*”, realizado por Reñé Armengol, señala que hay una contaminación microbiológica en un 50% en los tanques analizados.

El estudio “*Control microbiológico y físico-químico del agua potable del sistema de abastecimiento del cantón Santa Isabel- Noviembre 2012*”, realizado por Tacuri José y Vintimilla Oscar de la Universidad de Cuenca, demuestra que el 10,8% del agua de inmuebles está contaminada con coliformes totales y fecales.

El estudio “*Origen y calidad del agua para consumo humano: salud de la población residente en el área de la cuenca Matanza-riachuelo del Gran Buenos Aires- Abril 2013*”, realizado por Monteverde Malena; Cipponeri Marcos; Angelaccio, Carlos; Gianuzzi, Leda, concluyen que las muestras provenientes de la red tienen un 9% de contaminación bacteriológica por coliformes fecales.

Al comparar estos estudios con los resultados de este trabajo, se demuestra una alta re contaminación con el grupo coliforme en el agua distribuida hacia Zhindilig con un 57,50% de CT y 10,83% de CF. Estos porcentajes elevados se pueden justificar debido a la ausencia de cloro en el tanque de reserva y en los inmuebles (**ver tabla 10**).

3.6 RESULTADOS DE CLORO LIBRE RESIDUAL

En la tabla 10 observamos los resultados de cloro libre residual (CILR) analizados por el método OTA en el agua del tanque, agua tratada y agua de inmuebles según la presencia y ausencia del tanque.

Estos resultados indicaron que el agua tratada tiene un valor promedio de 1,01 mg/l de CILR siendo un valor aceptado para una planta de potabilización y cumpliendo con los valores expuestos en la NTE INEN 1108:2014(0,3-1,5 mg/l).

Pero una vez que el agua llega al tanque no presenta ningún valor de CILR, por lo tanto, se explica la ausencia del cloro en los inmuebles a los que distribuye dicho tanque. El agua de la comunidad de Guapán presentó un valor promedio de 0,6 mg/l de CILR, que también cumple con la norma.

	Agua de Salida	Agua inmuebles Zhindilig	Agua inmuebles Guapán	Agua del tanque
Fecha	Cloro residual mg/L	Cloro residual mg/L	Cloro residual mg/L	Cloro residual mg/L
Mayo				
2	1	0	0,6	0
3	1	0	0,6	0
4	1	0	0,6	0
9	1	0	0,6	0
10	1	0	0,6	0
11	1	0	0,6	0
16	1	0	0,6	0
17	1	0	0,6	0
18	1	0	0,6	0
23	1	0	0,6	0
24	1	0	0,6	0
25	1	0	0,6	0
30	1	0	0,6	0
31	1	0	0,6	0
Junio				
1	1	0	0,6	0
6	1	0	0,6	0
7	1	0	0,6	0
8	1	0	0,6	0
13	1	0	0,6	0
14	1	0	0,6	0
15	1	0	0,6	0
20	1	0	0,6	0
21	1	0	0,6	0
22	1	0	0,6	0
27	1	0	0,6	0
28	1	0	0,6	0
29	1	0	0,6	0
Promedio	1,01	0	0,6	0

Tabla 10. Resultados de cloro libre residual. Agua del tanque, agua tratada y agua de inmuebles según la presencia y ausencia del tanque.

4. CONCLUSIONES

De la evaluación de la calidad microbiológica del agua potable que distribuye la planta de Zhindilig se establecen las siguientes conclusiones:

- El análisis microbiológico (coliformes totales y fecales) del agua cruda que entra a la planta de Zhindilig presentó una contaminación del 97,22% de las muestras analizadas. Después del proceso de tratamiento, el 100% de las muestras presentó una carga bacteriana $<1,1$ NMP/100 ml para coliformes totales y fecales. Por lo tanto, se demostró que el proceso de potabilización es eficaz para disminuir o eliminar la presencia de los coliformes y también que cumple con los requisitos microbiológicos expuestos en la NTE INEN 1108:2014.
- El análisis microbiológico (coliformes totales y fecales) del agua de inmuebles, de las comunidades de Zhindilig y Guapán, presentó un 61,67% de muestras que cumplen con la NTE INEN 1108:2014 pero el 38,33% no cumple con la norma, presentando una recontaminación con coliformes totales y coliformes fecales.
- Se determinó que el agua distribuida hacia los inmuebles de la comunidad de Guapán cumple en un 100% con la NTE INEN 1108:2014. El agua de los inmuebles de la comunidad de Zhindilig presentó contaminación bacteriana estimándose un 57,50% de muestras que no cumplen con la norma debido a la presencia del tanque reservorio o también a una falla en la red de distribución.
- De lo descrito anteriormente podemos concluir que, teniéndose un tratamiento efectivo en el proceso de potabilización, este no asegura la calidad del agua que se distribuye a los inmuebles si es que existe falla en la red de distribución o un daño en los tanques de almacenamiento.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar una vigilancia semanal del tanque reservorio empleando un análisis físico químico y microbiológico para comprobar la inocuidad y funcionamiento del tanque reservorio en la comunidad de Zhindilig.
- Se debería realizar un control de calidad del agua que llega a los inmuebles de la comunidad de Zhindilig y revisar su red de distribución (tuberías), que estén en perfecto estado y no haya ninguna fuga, ya que estos podrían ser causa del re contaminación en los inmuebles de esta población.
- Se sugiere, que, de ser posible, se implemente un laboratorio en la planta de Zhindilig para el control de calidad microbiológico del agua.
- Se sugiere realizar seguimiento periódico de la concentración de cloro libre residual en el tanque y agua de inmuebles, y establecer puntos críticos a lo largo de la red de distribución; con lo cual se puede evitar la ausencia de desinfectante y así mantener la idoneidad de este recurso.

Bibliografía

- Alba, J., Ortega, J., Álvarez, G., Cervantes, M., Ruiz, E., Urtiz, N., & Martínez, A. (29 de Octubre de 2013). Riesgos microbiológicos en agua de bebida: una revisión clínica. *Química Viva*, 217-218. Recuperado el 30 de Mayo de 2016, de <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v12n3/martinez.html>
- Ángeles, C., & Gonzales, M. (2012). *Propiedades y Funciones Biológicas del agua*. Recuperado el 12 de Agosto de 2016, de Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Aparicio, M. (2014). *Diagnóstico Estético para la aplicación de técnicas hidrotermales*. España: Ediciones Paraninfo, S.A. Recuperado el 12 de Agosto de 2016, de [https://books.google.com.ec/books?id=0tz7CAAQBAJ&pg=PR9&dq=Diagn%C3%B3stico+Est%C3%A9tico+para+la+aplicaci%C3%B3n+de+t%C3%A9cnicas+hidrotermales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwimhvu3lb3OAhXIGh4KHSvJCHQQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Diagn%C3%B3stico%20Est%C3%A9tico%20para%](https://books.google.com.ec/books?id=0tz7CAAQBAJ&pg=PR9&dq=Diagn%C3%B3stico+Est%C3%A9tico+para+la+aplicaci%C3%B3n+de+t%C3%A9cnicas+hidrotermales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwimhvu3lb3OAhXIGh4KHSvJCHQQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Diagn%C3%B3stico%20Est%C3%A9tico%20para%20)
- APHA, AWWA , WPCF . (1992). *American Public Health Association. American Water Works Association. Water Polution Control Federation. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Madrid: Díaz de Santos, S.A. Recuperado el 4 de Abril de 2016
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S. M., & Gómez, A. (12 de Diciembre de 2005). *Indicadores Microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. Recuperado el 18 de Junio de 2016, de Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf
- Arias Mauricio, D. C. (28 de Enero de 2016). PREVALENCIA DE INFECCIONES GASTROINTESTINALES EN LA COMUNIDAD DE ZHINDILIG. (Urgiles Andrea, & A. Viñansaca, Entrevistadores)
- Cajamarca, B., & Contreras, L. (2011). *CONTROL MICROBIOLÓGICO DEL AGUA POTABLE DE UNO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DEL CANTÓN CUENCA, A TRAVÉS DE MICROORGANISMOS INDICADORES*. . Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Camacho, A., M.Giles, A.Ortegón, M.Palao, B.Serrano, & O. Velásquez. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. Recuperado el 2 de Febrero de 2016, de Facultad de Química. UNAM. México: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf
- Camacho, A., Agiles, A., Ortegón, A., M, P., Serrano, B., & Velásquez, O. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. Recuperado el 2 de

- Febrero de 2016, de Facultad de Química. UNAM. México:
http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf
- Care Internacional-Avina. Sistemas de agua potable. (Enero de 2012). *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades*. Recuperado el 18 de Julio de 2016, de Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable: <http://www.avina.net/avina/wp-content/uploads/2013/03/MODULO-5-OK.pdf>
- Fárez, M., & Chin, E. (2014). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE MORONA-TIWINTZA Y SU RELACIÓN CON LA PREVALENCIA DE PARASITOSIS INTESTINALES*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20376/1/Tesis.pdf>
- Gonzales, G. (2012). *MICROBIOLOGÍA DEL AGUA*. Bogota: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 20 de Mayo de 2016
- Idrovo, C. (2010). *Optimización de la planta de tratamiento de Uchupucun*. Recuperado el 22 de Junio de 2016, de Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2426/1/tq1066.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Agua potable. Requisitos*. Recuperado el 11 de Febrero de 2016, de NTE INEN 1108:
<http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
- Jiménez, J. (2000). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO*. Recuperado el 18 de Julio de 2016, de FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL. CAMPUS XALAPA. UNIVERSIDAD VERACRUZANA:
<http://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Manahan, S. (2007). *INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA AMBIENTAL*. México: Reverté Ediciones. Recuperado el 12 de Agosto de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=5NR8DIk1n68C&pg=PA145&dq=el+agua+y+la+contaminaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjG3siD0ufNAhXLFR4KHSCRAcEQ6AEIHDA#v=onepage&q=el%20agua%20y%20a%20contaminaci%C3%B3n&f=false>
- Norma Oficial Mexicana. NMX-AA-042-SCFI-2015. (2015). *Análisis de Agua-Enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y E. coli-Método de Número más probable en tubos múltiples*. Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA:
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/nmx-aa-042-scfi-2015.pdf>



- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *GUIAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE* (Vol. 3). Washington, DC, EUA Estrategia de Cooperación con Colombia: Servicio Editorial, Organización Panamericana de la Salud. Recuperado el 29 de Marzo de 2016, de http://www.who.int/countryfocus/cooperation_strategy/ccs_col_es.pdf
- Robles, E., Ramírez, E., Durán, Á., & Martín, M. (06 de Julio de 2012). *CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA DEL ACUÍFERO TEPALCINGO-AXOCHIAPAN, MORELOS, MÉXICO*. Recuperado el 25 de Mayo de 2016, de Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala: <file:///C:/Users/Administrador.000/Desktop/tesis%20pdfs/Dialnet-CalidadBacteriologicaYFisicoquimicaDelAguaDelAcuif-4249787.pdf>
- Romero, J. (2005). *CALIDAD DEL AGUA*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 07 de Junio de 2016
- Sanchez, J. (2010). *El Agua*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de <http://www.iespando.com/web/departamentos/biogeo/web/departamento/2BCH/PDFs/02agua.pdf>.
- Sandoval, A. (1991). *DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES*. Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA: <http://www.ircwash.org/sites/default/files/245.11-91AD-9090.pdf>
- Zorrilla, J. (2012). *POTABILIZACION DEL AGUA*. Recuperado el 15 de Julio de 2016, de https://es.scribd.com/word/access_denied/24855036

ANEXOS

ANEXO 1: REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE DE ACUERDO A LA NORMA NTE INEN 1108:2014

OBJETO: Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

ALCANCE: Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

DEFINICIONES: Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

1. Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.
2. NMP: Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.
3. Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.
4. Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

DISPOSICIONES ESPECÍFICAS: Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i>, número de ooquistes/litro	Ausencia
<i>Giardia</i>, número de quistes/litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
<5.000	12
5.000 – 100.000	12 POR CADA 5.000 PERSONAS
> 100.000 – 500.000	120 MÁS 12 POR CADA 10.000 PERSONAS
> 500.000	180 MÁS 12 POR CADA 100. 000 PERSONAS

ANEXO 2: ILUSTRACIONES FOTOGRÁFICAS TOMADAS POR LAS AUTORAS

- Lugar de captación del agua para la alimentación de la planta



Imagen 1: lugar de captación (Corazón Hurco)



Imagen 2: Desarenador

- Planta de Tratamiento de Zhindilig EMAPAL EP



Imagen 3: planta de tratamiento de Zhindilig



Imagen 4: entrada del agua cruda



Imagen 5: floculador



Imagen 6: sedimentador



Imagen 7: filtro de arena



Imagen 8: Tanque de Almacenamiento en Zhindilig

- Muestreo en la planta



Imagen 9: Toma de muestra de agua cruda



Imagen 10: Toma de muestra de Agua tratada

- Muestreo en los inmuebles

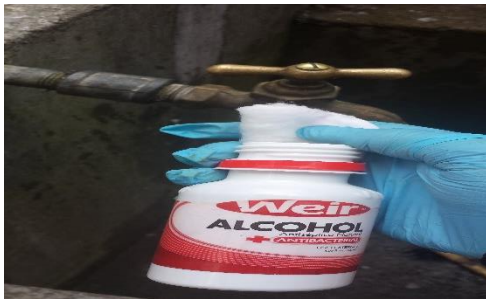


Imagen 11: Algodón con alcohol al 70%



Imagen 12: Desinfección de llave de agua



Imagen 13: Circulación del agua por 3-5min



Imagen 14: Prueba de ortotolidina en inmuebles

- Análisis de muestras en el Laboratorio

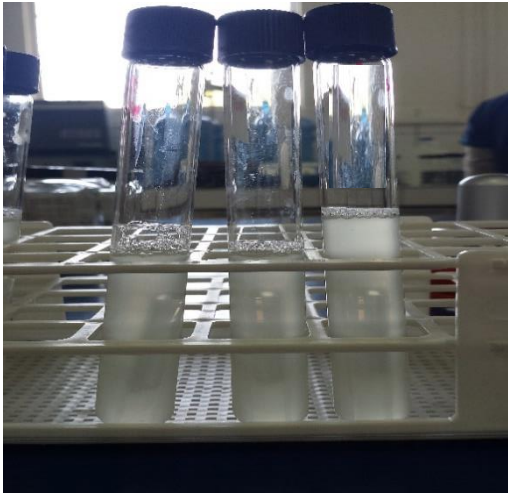


Imagen 15: Crecimiento positivo de CSL 24H a 37°C

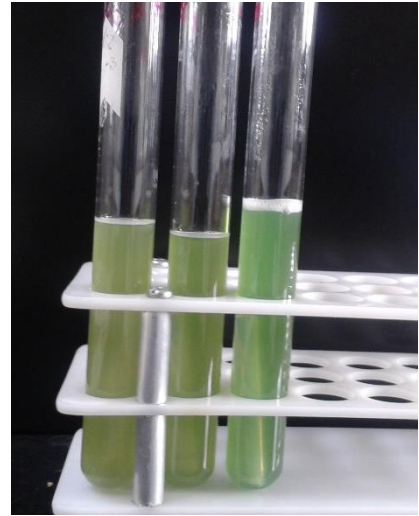


Imagen 16: Crecimiento positivo en CBVB a 37°C

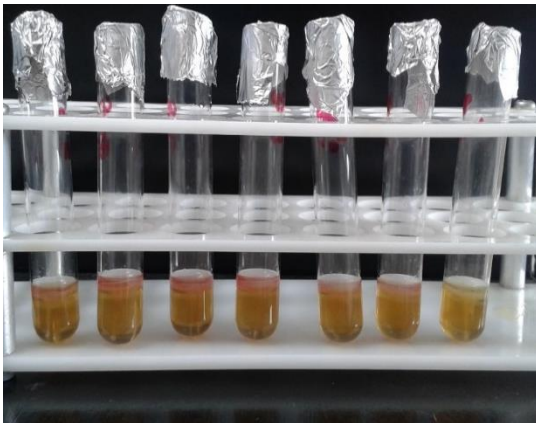


Imagen 17: prueba de indol positivo (formación del anillo rojo)

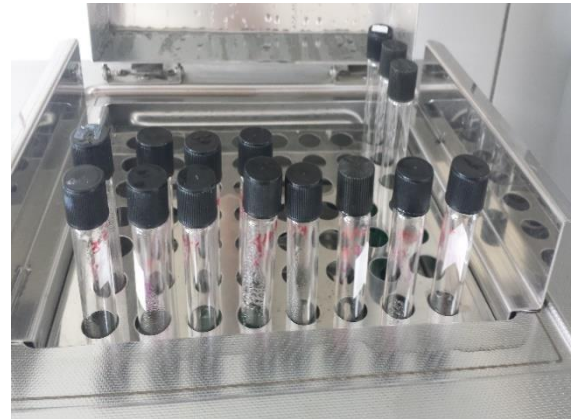


Imagen 18: Incubación CBVB 24H a 45°C (baño maría)

ANEXO 3: Índice del NMP y límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos cuando se usan 5 tubos por dilución (10ml, 1ml, 0,1ml). Tomada de los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA, AWWA , WPCF , 1992).

Combinación de positivos	NMP /100ML	Límite de confianza 95%		Combinación de positivos	NMP /100ML	Límite de confianza 95%	
		Superior	Inferior			Superior	Inferior
000	<2	-----	----	430	27	12	67
001	2	1,0	10	431	33	15	71
010	2	1,0	10	440	34	16	80
020	4	1,0	13	500	23	9,0	86
100	2	1,0	11	501	30	10	110
101	4	1,0	15	502	40	20	140
110	4	1,0	15	510	30	10	120
111	6	2,0	18	511	50	20	150
120	6	2,0	18	512	60	30	180
200	4	1,0	17	520	50	20	170
201	7	2,0	20	521	70	30	210
210	7	2,0	21	522	90	40	250
211	9	3,0	24	530	80	50	250
220	9	3,0	25	531	110	40	300
230	12	5,0	29	532	170	60	360
300	8	3,0	24	533	130	80	410
301	11	4,0	29	540	120	50	390
310	11	4,0	29	541	220	70	480
311	14	6,0	35	542	280	100	560
320	14	6,0	35	543	350	120	690
321	17	7,0	40	544	240	160	820
400	13	5,0	38	550	300	100	340
401	17	7,0	45	551	500	100	1300
410	17	7,0	46	552	500	200	2000
411	21	9,0	55	553	900	300	2900
412	26	12	60	554	1600	600	5300
420	22	9,0	56	555	≥1600	-----	-----
421	26	12	65				

ANEXO 4: DATOS DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES OBTENIDOS EN LOS DIFERENTES MUESTREOS (EXPRESADOS EN NMP/100 ML) Y DE LA PRUEBA DE INDOL
AC: agua cruda AT: agua tratada AI: agua de inmuebles

Fecha	Lugar	No	CT NMP/100ml	CF NMP/100ml	Prueba Indol	
Primera semana	13/04/2016	AC	1	8	7	Positivo
		AT	2	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	3	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	4	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	5	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	6	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	7	<1,1	<1,1	Negativo
	14/04/2016	AC	8	11	9	Positivo
		AT	9	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	10	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	11	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	12	2	<1,1	Negativo
		AI	13	5	<1,1	Negativo
		AI	14	4	<1,1	Negativo
	15/04/2016	AC	15	8	9	Positivo
		AT	16	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	17	4	<1,1	Negativo
		AI	18	2	<1,1	Negativo
		AI	19	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	20	9	<1,1	Negativo
		AI	21	<1,1	<1,1	Negativo
Segunda Semana	18/04/2016	AC	22	14	9	Positivo
		AT	23	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	24	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	25	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	26	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	27	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	28	<1,1	<1,1	Negativo
		19/04/2016	AC	29	4	2
	AT		30	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		31	8	<1,1	Negativo
	AI		32	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		33	9	<1,1	Negativo

	20/04/2016	AI	34	14	<1,1	Negativo	
		AI	35		<1,1	<1,1	Negativo
		AC	36	6		4	Positivo
		AT	37		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	38	14		<1,1	Negativo
		AI	39	9		<1,1	Negativo
		AI	40	11		<1,1	Negativo
		AI	41		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	42	9		<1,1	Negativo
		Tercera Semana	25/04/2016	AC	43	9	
AT	44				<1,1	<1,1	Negativo
AI	45				<1,1	<1,1	Negativo
AI	46				<1,1	<1,1	Negativo
AI	47				<1,1	<1,1	Negativo
AI	48				<1,1	<1,1	Negativo
AI	49				<1,1	<1,1	Negativo
26/04/2016	AC		50	6		4	Positivo
	AT		51		<1,1	<1,1	Negativo
	AI		52	11		<1,1	Negativo
	AI		53	9		<1,1	Negativo
	AI		54		<1,1	<1,1	Negativo
	AI		55	14		<1,1	Negativo
	AI		56		<1,1	<1,1	Negativo
27/04/2016	AC		57	5		4	Positivo
	AT		58		<1,1	<1,1	Negativo
	AI		59		<1,1	<1,1	Negativo
	AI		60	5		<1,1	Negativo
	AI	61	5		<1,1	Negativo	
	AI	62	14		<1,1	Negativo	
	AI	63		<1,1	<1,1	Negativo	
Cuarta Semana	02/05/2016	AC	64	9		8	Positivo
		AT	65		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	66		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	67		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	68		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	69		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	70		<1,1	<1,1	Negativo
	03/05/2016	AC	71	7		5	Positivo
		AT	72		<1,1	<1,1	Negativo
		AI	73		<1,1	<1,1	Negativo
AI		74		<1,1	<1,1	Negativo	

	04/05/2016	AI	75	9	<1,1	Negativo
		AI	76	11	<1,1	Negativo
		AI	77	11	<1,1	Negativo
		AC	78	14	9	Positivo
		AT	79	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	80	9	<1,1	Negativo
		AI	81	8	<1,1	Negativo
		AI	82	11	<1,1	Negativo
		AI	83	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	84	<1,1	<1,1	Negativo
Quinta semana	09/05/2016	AC	85	4	2	Positivo
		AT	86	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	87	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	88	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	89	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	90	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	91	<1,1	<1,1	Negativo
	10/05/2016	AC	92	11	9	Positivo
		AT	93	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	94	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	95	7	<1,1	Negativo
		AI	96	14	<1,1	Negativo
		AI	97	<1,1	<1,1	Negativo
	11/05/2016	AI	98	14	<1,1	Negativo
		AC	99	14	9	Positivo
		AT	100	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	101	5	<1,1	Negativo
		AI	102	11	<1,1	Negativo
AI		103	4	<1,1	Negativo	
AI		104	7	<1,1	Negativo	
Sexta Semana	16/05/2016	AI	105	17	<1,1	Negativo
		AC	106	8	9	Positivo
		AT	107	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	108	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	109	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	110	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	111	<1,1	<1,1	Negativo
	18/05/2016	AI	112	<1,1	<1,1	Negativo
		AC	113	6	4	Positivo
		AT	114	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	115	<1,1	<1,1	Negativo

		AI	116	9	<1,1	Negativo
		AI	117	9	<1,1	Negativo
		AI	118	9	<1,1	Negativo
		AI	119	2	<1,1	Negativo
	19/05/2016	AC	120	14	9	Positivo
		AT	121	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	122	14	<1,1	Negativo
		AI	123	8	<1,1	Negativo
		AI	124	9	<1,1	Negativo
		AI	125	9	<1,1	Negativo
		AI	126	17	<1,1	Negativo
		Séptima Semana	23/05/2016	AC	127	17
AT	128			<1,1	<1,1	Negativo
AI	129			<1,1	<1,1	Negativo
AI	130			<1,1	<1,1	Negativo
AI	131			<1,1	<1,1	Negativo
AI	132			<1,1	<1,1	Negativo
AI	133			<1,1	<1,1	Negativo
24/05/2016	AC		134	2	<1,1	Negativo
	AT		135	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		136	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		137	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		138	2	<1,1	Negativo
	AI		139	7	2	Positivo
25/05/2016	AI		140	<1,1	<1,1	Negativo
	AC		141	<1,1	<1,1	Negativo
	AT		142	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		143	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		144	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		145	<1,1	<1,1	Negativo
	AI		146	<1,1	<1,1	Negativo
Octava Semana	30/05/2016		AI	147	<1,1	<1,1
		AC	148	14	8	Positivo
		AT	149	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	150	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	151	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	152	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	153	<1,1	<1,1	Negativo

	31/05/2016	AI	154	<1,1	<1,1	Negativo
		AC	155	17	8	Positivo
		AT	156	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	157	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	158	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	159	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	160	<1,1	<1,1	Negativo
	01/06/2016	AI	161	2	2	Positivo
		AC	162	7	8	Positivo
		AT	163	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	164	2	2	Positivo
		AI	165	2	2	Positivo
		AI	166	9	8	Positivo
		AI	167	2	2	Positivo
Novena Semana	06/06/2016	AI	168	2	2	Positivo
		AC	169	2	<1,1	Negativo
		AT	170	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	171	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	172	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	173	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	174	<1,1	<1,1	Negativo
	07/06/2016	AI	175	<1,1	<1,1	Negativo
		AC	176	4	<1,1	Negativo
		AT	177	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	178	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	179	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	180	2	<1,1	Negativo
		AI	181	17	8	Positivo
08/06/2016	AI	182	2	<1,1	Negativo	
	AC	183	2	<1,1	Negativo	
	AT	184	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	185	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	186	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	187	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	188	<1,1	<1,1	Negativo	
Decima Semana	13/06/2016	AI	189	5	4	Positivo
		AC	190	7	6	Positivo
		AT	191	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	192	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	193	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	194	<1,1	<1,1	Negativo

Decima Primera Semana	14/06/2016	AI	195	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	196	<1,1	<1,1	Negativo
		AC	197	11	4	Positivo
		AT	198	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	199	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	200	5	4	Positivo
		AI	201	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	202	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	203	17	11	Positivo
	15/06/2016	AC	204	2	<1,1	Negativo
		AT	205	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	206	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	207	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	208	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	209	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	210	<1,1	<1,1	Negativo
	20/06/2016	AC	211	5	2	Positivo
		AT	212	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	213	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	214	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	215	<1,1	<1,1	Negativo
AI		216	<1,1	<1,1	Negativo	
AI		217	<1,1	<1,1	Negativo	
AC		218	9	9	Positivo	
21/06/2016	AT	219	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	220	2	<1,1	Negativo	
	AI	221	4	4	Positivo	
	AI	222	2	<1,1	Negativo	
	AI	223	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	224	<1,1	<1,1	Negativo	
22/06/2016	AC	225	17	6	Positivo	
	AT	226	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	227	<1,1	<1,1	Negativo	
	AI	228	2	<1,1	Negativo	
	AI	229	6	<1,1	Negativo	
	AI	230	9	<1,1	Negativo	
	AI	231	5	<1,1	Negativo	
Decima Segunda Semana	27/06/2016	AC	232	9	9	Positivo
		AT	233	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	234	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	235	<1,1	<1,1	Negativo

	28/06/2016	AI	236	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	237	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	238	<1,1	<1,1	Negativo
		AC	239	7	7	Positivo
		AT	240	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	241	2	<1,1	Negativo
		AI	242	2	<1,1	Negativo
		AI	243	4	2	Positivo
		AI	244	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	245	<1,1	<1,1	Negativo
	29/06/2016	AC	246	7	7	Positivo
		AT	247	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	248	2	<1,1	Negativo
		AI	249	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	250	5	<1,1	Negativo
		AI	251	<1,1	<1,1	Negativo
		AI	252	2	<1,1	Negativo



ANEXO 5: PROMEDIO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACUERDO A LOS FECHAS DE MUESTREO

Fecha Muestreo	Coliformes Totales NMP/100ml	Coliformes Fecales NMP/100ml
25/05/2016	7	< 1,1
01/06/2016	8	< 1,1
08/06/2016	9	< 1,1
15/06/2016	8	< 1,1
22/06/2016	9	< 1,1
Promedio	8	< 1,1