



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE**  
**CIENCIAS QUÍMICAS**  
**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG ABUGA Y ORIENTE  
BAJO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES”**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
Bioquímico Farmacéutico**

**AUTORES:**

**Luis Meliton Tenesaca Santos.**

**C.I: 0105693089**

**Manuel Santiago García Collaguazo.**

**C.I: 0105068308**

**DIRECTOR:**

**DR. WILSON GIOVANNI LARRIVA LARRIVA**

**C.I: 0102194248**

**ASESOR:**

**DRA. MARÍA ELENA CAZAR RAMIREZ**

**C.I: 0602243800**

**CUENCA-ECUADOR**

**2017**



## RESUMEN

Este trabajo consistió en el análisis de la calidad de agua que es utilizada por los usuarios de los sectores Leg Abuga y Oriente Bajo de la Parroquia Bayas del cantón Azogues.

El estudio que se realizó fue descriptivo, de corte transversal, no experimental. Las muestras de agua fueron tomadas en los diferentes domicilios de cada uno de los sectores indicados. Los estudios estadísticos se basaron en un muestreo probabilístico aleatorio estratificado, evaluándose 12 muestras en cada semana durante un periodo de ocho semanas correspondientes a los meses de marzo y abril de 2017, dando un total de 96 muestras. Los parámetros fisicoquímicos que se analizaron fueron los siguientes: color, turbidez, pH, conductividad, alcalinidad, dureza total, sulfatos, cloro libre residual, nitritos, nitratos y para los parámetros microbiológicos se utilizó el método de siembra en tubos múltiples o técnica número más probable (NMP) para coliformes totales, y coliformes fecales.

No se encontró variación estadísticamente significativa entre Leg Abuga y Oriente Bajo para todos los parámetros analizados.

Los parámetros fisicoquímicos estuvieron dentro de los límites permitidos en las normativas utilizadas como la Norma INEN 1108-2014 (color, turbiedad, cloro libre residual, nitritos y nitratos), Norma INEN 1108-2006 (pH, dureza, sulfatos), NMX 44-093-SCFI-200 (conductividad) y alcalinidad de la entidad Agua y Saneamientos Argentinos (AYSA), mientras que para el análisis microbiológico la semana 7 presenta valores mayores a los establecido por la Norma INEN 1108-2006 (<2 NMP/100 ml de agua), esto se lo atribuyo a un inadecuado mantenimiento de los filtros debido a constantes lluvias. Se realizan las respectivas medidas preventivas y en la semana 8 se obtuvieron resultados similares a los obtenidos en las otras semanas (<2 NMP/100 ml de agua).

Con el estudio se aportó a la junta potabilizadora de la Parroquia Bayas con la información necesaria para la evaluación de la calidad de agua ya que mediante los resultados obtenidos los directores del proyecto tomaran medidas pertinentes para garantizar un servicio de calidad a todos los beneficiarios de esta planta de agua.

**Palabras claves:** Bayas, calidad de agua, coliformes, físico- química.



## ABSTRACT

This work consisted in the analysis of the water quality used by the inhabitants from Leg Abuga and Lower East of Bayas, parish of the Azogues, Cañar Province.

This research was descriptive, cross-sectional and non-experimental. Samples of water were collected in homes from the study area, according to a sample plan. Statistical analysis were based on stratified random probabilistic sampling, the evaluated samples were 12 each week during an eight week period corresponding from March to April 2017 (96 samples). The analyzed physicochemical parameters were: colour, turbidity, pH, conductivity, alkalinity, total hardness, sulfates, residual free chlorine, nitrites, nitrates and the microbiological parameters were Probability (NMP) for Total Coliforms, and Fecal Coliforms.

No statistically significant variation was found between Leg Abuga and Lower East for all parameters analyzed.

The physicochemical parameters were within the limits allowed in the regulations used as standard INEN 1108-2014 (color, turbidity, residual free chlorine, nitrites and nitrates), Norm INEN 1108-2006 (pH, hardness, sulfates), NMX 44 -093-SCFI-200 (conductivity) and (alkalinity) of water and Argentine Improving (AYSA), while for microbiological analysis of the week 7 presented values higher than those ones established by Norm INEN 1108-2006 (<2 NMP / 100 ml of water). It is attributed to a deficiency about maintenance of the filters, continuous rains and ruptures of the pipes. Preventive measures were carried out and the results were obtained similar to the other past weeks at the week 8 (<2 NMP / 100 ml of water).

The study contributed to the project with information for the evaluation of water quality. Our results will support appropriate measures by the Water Plant Administration to improve quality service to all consumer from this water plant.

**Key words:** Bayas, water quality, coliforms, physical chemistry.



INDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos.....	16
<b>1 MARCO TEÓRICO</b> .....	17
1.1 Generalidades.....	17
1.2 Calidad de agua para consumo humano.....	17
1.3 Enfermedades asociadas al agua.....	18
1.4 Enfermedades transmitidas por el agua o enfermedades vinculadas a la falta de higiene.....	18
1.5 Enfermedades microbiológicas transmitidas por el agua.....	18
1.6 Enfermedades químicas transmitidas por el agua.....	19
1.7 Determinación de la calidad del agua de consumo humano.....	19
1.8 Programa de Control de Calidad del Agua.....	19
1.9 Indicadores de contaminación.....	20
1.10 Características del agua.....	20
1.10.1 Características físicas.....	20
1.10.2 Características químicas del agua.....	21
1.10.3 Características microbiológicas.....	24
1.11 Beneficios del control de calidad y la vigilancia del agua.....	29
1.12 Potabilización del agua en la Parroquia Bayas.....	29
1.12.1 Captación del agua cruda.....	29
1.12.2 Coagulación.....	29
1.12.3 Floculación.....	29
1.12.4 Sedimentación.....	30
1.12.5 Filtración.....	30
1.12.6 Desinfección.....	30
<b>2 METODOLOGÍA Y MATERIALES</b> .....	31
2.1 Tipo de investigación.....	31
2.2 Población de estudio.....	31
2.3 Cálculo de la muestra.....	31
2.4 Muestreo.....	32
2.5 Métodos y técnicas.....	36



2.5.1	Toma de muestras en inmuebles.....	36
2.5.2	Análisis fisicoquímico.....	36
2.5.3	Análisis microbiológico .....	42
3	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	46
3.1	RESULTADOS.....	46
3.1.1	Parámetros fisicoquímicos del agua potable de los Sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo.....	46
3.1.2	Análisis de los parámetros microbiológicos evaluados en la zona de estudio en función al tiempo. ....	47
3.1.3	Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable, de los Sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo de la Parroquia Bayas.....	49
3.2	DISCUSIÓN .....	51
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1	CONCLUSIONES .....	54
4.2	RECOMENDACIONES.....	55
5	BIBLIOGRAFÍA.....	56
6	ANEXOS.....	61
	ANEXO A: Preparación de reactivos .....	61
	ANEXO B. Tabla del número más probable para interpretación de resultados.....	63
	ANEXO C: Requisitos para el agua potable establecidos por las diferentes entidades.....	64
	ANEXO D: Fotografías.....	65
	Anexo E: Tabla de los resultados de los análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de ambos sectores.....	67



## ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Implementos de laboratorio de acuerdo a los parámetros analizados...	33
Cuadro 2: Resultados de los parámetros físicoquímicos de los sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo. ....	47
Cuadro 3 : Resultados comparativos del agua potable que es distribuida en los sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo de la ciudad de Azogues. ....	48
Cuadro 4: Comparación obtenidos de todos los parámetros en todos los sectores de la Parroquia Bayas .....	50
Cuadro 5: Resultados Comparativos mediante el programa Anova del agua potable que es distribuida en los sectores de la Parroquia Bayas de la ciudad de Azogues.....	51

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1°: Procedimiento de recolección de la muestra para análisis microbiológico.....	43
Imagen 2°: Procedimiento para coliformes totales y coliformes fecales .....	46



**CLÁUSULAS DE DERECHO DE AUTOR**

Luis Meliton Tenesaca Santos en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG ABUGA Y ORIENTE BAJO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 21 de septiembre del 2017

Luis Meliton Tenesaca Santos

C.I: 0105693089



**CLÁUSULAS DE DERECHO DE AUTOR**

Manuel Santiago García Collaguazo en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG ABUGA Y ORIENTE BAJO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 21 de septiembre del 2017

*Manuel Santiago García Collaguazo*

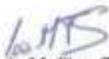
C.I: 0105068308



**CLÁUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Luis Meliton Tenesaca Santos, autor del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG ABUGA Y ORIENTE BAJO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 21 de septiembre del 2017

  
Luis Meliton Tenesaca Santos

C.I: 0105693089



**CLÁUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Manuel Santiago García Collaguazo, autor del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG ABUGA Y ORIENTE BAJO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 21 de septiembre del 2017

*Manuel Santiago García Collaguazo*

C.I: 0105068308



**DEDICATORIA**

Con todo mi afecto dedico esta tesis a mis padres Fausto y Mariana por su total apoyo en mi formación humana y académica, especialmente a mi madre, por su incondicional amor y respaldo en cada etapa de mi vida.

A mis Hermanos Cristina, Magaly, Geovanny, mi sobrina Andrea, por estar alentando cada paso de mi carrera y depositar su entera confianza en cada reto que se me presenta sin dudar ni un solo momento de mí.

A todos mis familiares que me apoyaron y siguieron de cerca mis estudios.

***SANTIAGO GARCÍA***



**DEDICATORIA**

A mis padres Etelvina y Jesús por haber sido los promotores de este gran recorrido, ya que sin su apoyo no lo hubiera logrado.

A dios por haberme dado fuerza para poder romper los obstáculos difíciles de mi vida y hacer realidad mis sueños y entender que en la vida nada es imposible con el esfuerzo y la perseverancia.

A mis amigos (Juan, Santiago, Marcelo, Bryan, David, Leonardo) por su gran apoyo y confianza que me han brindado.

**LUIS TENESACA SANTOS**



## AGRADECIMIENTOS

A la universidad de cuenca por habernos preparado adecuadamente con los conocimientos necesarios para poder contribuir y ayudar a la sociedad.

Al Dr. Giovanni Larriva y la Dra. María Elena Cazar por su colaboración y asesoramiento durante todo el trabajo de titulación.

A la Junta Administradora de Agua Potable de Bayas por su contribución para la adquisición de los reactivos y su apoyo constante para que se lleve a cabo este proyecto de vinculación con la Universidad de Cuenca.



## Anexo F: ABREVIATURAS

**BGBL:** Caldo Bilis Verde Brillante.

**C.f:** Coliformes fecales.

**C.T:** Coliformes totales.

**D.P.D:** Es la N, N-dietil-p-fenilenediamina.

**E.D.T.A:** Ácido Etilendiaminotetraacético.

**I.N.E.N:** Servicio Ecuatoriano de Normalización.

**CV:** Coeficiente de variación.

**FNS:** Fundación Nacional de la Salud.

**LMP:** Límite Máximo Permitido.

**µmho:** Micromhos.

**NET:** Negro de eriocromo.

**N.M.P:** Número más probable.

**N.T.E:** Norma Técnica Ecuatoriana

**N.T.U:** Unidad Nefelométrica de turbidez.

**O.M.S:** Organización Mundial de la Salud.

**O.N.U:** Organización de las Naciones Unidas.

**O.P.S:** Organización Panamericana de la Salud.

**FAU:** Unidades de atenuación de formazina.

**p.H:** Potencial hidrógeno.

**SIM:** Sulfuro-Indol-Motilidad

**T.D.S:** Sólidos Totales Disueltos.

**U.C:** Unidades de color.



## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la vida, por tal motivo sus etapas de potabilización deben ser evaluadas y controladas periódicamente para cumplir con parámetros necesarios para eliminar características indeseables, impurezas y agentes patógenos, para proveer un sistema de calidad y garantizar la salud de sus consumidores, debido a que este recurso puede ser vehículo de transmisión de enfermedades producidas por contaminación microbiológica.

La Junta Parroquial de Agua Potable de la Parroquia Bayas es una entidad cuyo objetivo es la prestación de servicios públicos de agua potable dando atención a diez sectores domiciliarios centrales que forman parte de esta parroquia. Dentro de estos está los sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo.

Los problemas frecuentes que se presentan en los dos sectores son constantes rupturas de las matrices de abastecimiento debido a factores geográficos. Como consecuencia de ello, el agua arrastra contaminantes de diferente naturaleza, alterando la calidad del agua. Además, los técnicos no tienen un registro actualizado de resultados, motivo por el cual se hace énfasis en realizar dicho estudio para poder conocer la calidad de agua que se está brindando a sus usuarios, y poder tomar las medidas necesarias en caso que se requiera.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua que llega a los domicilios de los sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo, con la finalidad de conocer la calidad de agua que consume los usuarios de esta comunidad y además que sirva a los técnicos de la planta como una base de datos para el control de la distribución y mejoramiento de calidad en caso de ser necesario.



**Objetivo general**

- Evaluar la calidad de agua que es utilizada para el consumo humano de los sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo, ubicado en la Parroquia Bayas del Cantón Azogues.

**Objetivos específicos**

- Realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la Parroquia Bayas, Cantón Azogues.



## **1 MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Generalidades**

El agua es uno de los principales ecosistemas del medio ambiente debido a que cubre más del 70% de la superficie del planeta, sin ella sería imposible la vida de los organismos vivos y seres humanos. El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental para la salud; por esta razón el agua empleada para el consumo humano debe cumplir con los estándares estipulados en la Normativa Nacional para garantizar la calidad de la misma (Fernández, 2012).

El agua tiene un gran número de funciones biológicas basadas en su capacidad física para transportar sustancias, disolver otras y mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal y también en su reactividad química, al intervenir en la fotosíntesis y en muchas reacciones enzimáticas de hidrólisis; es decir, participa activamente en la síntesis de hidratos de carbono a partir de CO<sub>2</sub>, fundamental en la vida de este planeta, y en la conversión de diversos materiales complejos (polisacáridos, proteínas, grasas) a formas más sencillas y asimilables para las plantas y los animales (Badui, 2006).

### **1.2 Calidad de agua para consumo humano**

Para asegurar que el agua sea de calidad y óptima para el consumo humano esta debe estar libre de elementos que la contaminen y conviertan en un vehículo para la transmisión de enfermedades, debido a su importancia para la salud, la calidad de agua merece especial atención (OPS & COSUDE, 2007).

La calidad de agua se puede controlar mediante una combinación de medidas: protección de la fuente de agua, control de las operaciones de tratamiento y gestión de la manipulación de agua (Vargas, 2004).

La determinación de la calidad de agua se la realiza comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua basándose en estándares de calidad del agua.

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático que alteran el ciclo hidrológico. Entre los contaminantes más importantes se encuentran son: microbios, metales pesados, químicos orgánicos y sedimentos (OMS, 2014).



Los agentes patógenos implicados en la transmisión de enfermedades son las bacterias, virus, protozoos, helmintos y cianobacterias. Estos microorganismos pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta cuadros graves de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea. La transmisión hídrica es solo una de las vías, pues estos agentes patógenos también pueden ser transmitidos a través de alimentos, de persona a persona debido a malos hábitos higiénicos, de animales al hombre, entre otras rutas (Mas & Casares, 2005).

### **1.3 Enfermedades asociadas al agua**

Las enfermedades transmitidas por el agua conforman un problema sanitario que no afecta a todos los seres humanos por igual debido a que existe mayor vulnerabilidad en aquellas poblaciones que habitan de manera permanente en las proximidades de los cursos de las aguas superficiales contaminadas con restos fecales de humanos o animales y además contener microorganismos patógenos (Sosa, 2008). Las enfermedades que están relacionadas con la contaminación del agua varían considerablemente en la naturaleza, transmisión, efectos y tratamiento (Departamento de Salud de Aragon, 2005).

### **1.4 Enfermedades transmitidas por el agua o enfermedades vinculadas a la falta de higiene**

Se incluyen a las causadas por organismos que se transmiten por vía fecal-oral y las causadas por sustancias tóxicas; las enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua y las enfermedades vinculadas a la escasez de agua. Ejemplo: tiña, tracoma, conjuntivitis, sarna, ascariasis, amebiasis, teniasis, uncinariasis, etc. (Departamento de Salud de Aragon, 2005).

### **1.5 Enfermedades microbiológicas transmitidas por el agua**

Son las enfermedades causadas por organismos patógenos presentes en el agua y que ingresan al organismo de los humanos por beber agua contaminada. Están relacionadas a la contaminación con excretas humanas. Ejemplo: fiebre tifoidea, cólera, disentería amebiana, disentería bacilar, hepatitis, gastritis y gastroenteritis (Departamento de Salud de Aragon, 2005).



### **1.6 Enfermedades químicas transmitidas por el agua**

Son enfermedades asociadas a la ingestión de aguas que contienen sustancias tóxicas en concentraciones perjudiciales. Estas sustancias pueden ser de origen natural o artificial, generalmente de localización específica. Algunos ejemplos son: metahemoglobinemia infantil y enfermedades por ingerir aguas contaminadas con sustancias tóxicas, como plomo arsénico o hierro (Departamento de Salud de Aragon, 2005).

### **1.7 Determinación de la calidad del agua de consumo humano**

La calidad del agua se determina comparando las características fisicoquímicas y microbiológicas de una muestra de agua con directrices de calidad del agua o estándares de cada país. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano. Estas pautas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente comprobados y considerados dañinos tanto para los humanos como para organismos acuáticos (ONU, 2015).

### **1.8 Programa de Control de Calidad del Agua.**

Es un instrumento de evaluación y verificación que tiene como finalidad lograr que el producto cumpla con las disposiciones normativas de la calidad del agua para consumo humano y que la calidad sea mantenida en los sistemas de distribución hasta que sea entregada al usuario(SUNASS, 2010). Debe incluir:

- Control de cloro residual en el sistema de producción y distribución.
- Control de la calidad microbiológica del agua a la salida del sistema de producción y en el sistema de distribución.
- Control de la calidad física y química del agua en el sistema de producción y en el sistema de abastecimiento.
- Inspecciones sanitarias en el sistema de producción y en el sistema de distribución.
- Control de calidad de los productos químicos usados en el tratamiento y desinfección del agua(SUNASS, 2010).



## **1.9 Indicadores de contaminación**

El agua se contamina con muchas sustancias al entrar en contacto con ella, sustancias que pueden ser vivas o inertes, orgánicas o minerales, tóxicas o inofensivas. Según el tamaño de la partícula, se clasifican en: sustancia en suspensión, sustancia coloidal y sustancia en disolución (Salud, 2013).

## **1.10 Características del agua**

### **1.10.1 Características físicas**

Las propiedades físicas que se pueden determinar en el agua potable están basadas en parámetros que brindan el aspecto estético además de los causados por sustancias disueltas. Dentro de esta clasificación están el color, turbidez, sólidos totales disueltos y conductividad.

#### **Color**

Es la característica que hace parecer el agua coloreada o es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color del agua puede estar determinado por diversos elementos dentro de los cuales están iones metálicos naturales como: hierro, manganeso, materia orgánica coloreada y relacionada con el plancton, restos vegetales, dependiendo de la fuente.

Se puede determinar el color de dos tipos:

Color verdadero: está presente en el agua después de la remoción de la materia suspendida.

Color aparente: corresponde al color verdadero que producen las sustancias en suspensión (Sena, 1999).

Los datos del color dan una información sobre el tratamiento del agua, además sirve para evaluar las características del agua y la eficiencia del proceso utilizado para su remoción (Martínez Márquez, 2006).

#### **Turbidez**

Es producida por material suspendido, arcilla, material inorgánico e orgánico, microorganismos, etc. Es una medida de la capacidad del agua para dispersar y absorber



la luz en línea recta a través de una muestra y es indicativa de la presencia de material disperso (APHA, WEF, & AWWA., 2005).

El impacto que genera la turbiedad es estético, además los coloides asociados producen sabor, olor y posibles daños en la salud. La turbiedad afecta a la flora y fauna acuática debido a una acumulación de sedimentos (Jiménez Cisneros, 2001).

### **Conductividad**

Es la medición de la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica. Depende, en gran medida, de la cantidad de materia sólida disuelta en el agua (como la sal) y está dada por la cantidad de minerales disueltos. Un agua dura registra niveles altos, un agua blanda registra niveles bajos (APHA, WEF, & AWWA., 2005).

La determinación de conductividad es de gran importancia, debido a que nos indica el grado de mineralización del agua natural, potable, residual, residual tratada, de proceso o bien del agua para ser usada en laboratorios o para trabajos de investigación (NMX, 2000).

#### **1.10.2 Características químicas del agua**

El agua en la naturaleza posee una gran cantidad de sustancias químicas disueltas, algunos metales pesados y ciertos compuestos tóxicos que comprenden un peligro potencial para la salud de los consumidores.

### **pH**

Es una medida de la concentración de iones hidrógeno y se define como:

$$\text{pH} = \log 1/ [\text{H}^+] = - \log [\text{H}^+]$$

El pH es una medida de la naturaleza acida o alcalina de una solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8 (Rigola, 1999).

Todas las etapas del proceso potabilización del agua es suma importancia el pH, pues depende de éste parámetro la actividad optima de los reactivos empleados en el proceso.

La medición del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas debido a que prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización acido-base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, dependen del pH (Aguilar, 2012).



### **Cloro libre residual**

Es el cloro activo que permanece en el agua luego de desinfectarla. En la actualidad, la desinfección con cloro es la mejor garantía del agua microbiológicamente potable, debido a sus propiedades el cloro es efectivo para combatir todo tipo de microorganismos contenidos en el agua. Solamente la cloración garantiza que el agua tratada se mantenga libre de gérmenes durante su tránsito por tuberías antes de llegar a los inmuebles (OMS O. M., 2013).

Si el cloro libre residual se encuentra en exceso, puede reaccionar con compuestos orgánicos, aumentando el riesgo de que se produzcan trihalometanos, que son compuestos carcinógenos para el ser humano, mientras que si el cloro es menos al necesario, el agua puede almacenar microorganismos que pongan en riesgo la salud del consumidor (Rodríguez, 2011).

### **Sulfatos**

Los sulfatos en el agua pueden tener su origen en el contacto de ella, con terrenos ricos en yesos, así como por la contaminación con aguas residuales industriales; el contenido de estos no suele presentar problemas de potabilidad en las aguas de consumo humano. Contenidos de sulfatos superiores de 300mg/L pueden causar trastornos gastrointestinales en los niños

El ion sulfato es abundante en aguas naturales y su determinación proporciona valiosa información respecto a la contaminación y a los fenómenos ambientales.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo (Severiche, 2012).

### **Dureza total**

Se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, que son expresados como carbonato cálcico en miligramos por litro.

**Dureza temporal:** conocida también como dureza carbonácea, esto se debe a que los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio tienden a eliminarse por ebullición, al tiempo que se esteriliza el agua. La dureza temporal se elimina por la adición del hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .



**Dureza permanente:** llamada también dureza no carbonácea, químicamente no se relaciona con carbonatos y bicarbonato, razón por la cual no se puede eliminar a ebullición, la dureza permanente es causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio, además de cloruros y nitratos en el agua (APHA, WEF, & AWWA., 2005).

Las aguas duras y blandas son satisfactorias para el consumo humano, sin embargo un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma dificultando el lavado, además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies que están en contacto (Romero Rojas, 2002).

### **Alcalinidad**

Se define como la capacidad para neutralizar ácidos y es la suma de todas las bases titulables. Por lo general se debe fundamentalmente a su contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (Severiche & Castillo, 2013).

Los valores altos de alcalinidad podrían producir un sabor desagradable al agua, producir precipitación de sales de calcio en las tuberías y producir un valor de pH para ciertos tratamientos biológicos (Romero Rojas, 2002).

### **Nitritos y Nitratos**

Los nitratos y nitritos son sales químicas derivadas del nitrógeno que, en concentraciones bajas, se encuentra de forma natural en el agua y en el suelo. Entre las fuentes más comunes de contaminación por nitrato incluyen sistemas sépticos, basureros, fertilizantes y material vegetal en descomposición, mientras que los nitritos son formados biológicamente por la acción de bacterias nitrificantes, en un estadio intermedio en formación de nitratos (Ryczel, 2006).

La presencia de nitratos es considerada como un indicador temprano de que una fuente de contaminación está llegando al suministro de agua. El mayor riesgo en la salud de nitrato/ nitrito es en los infantes. El nitrato en el cuerpo es transformado en nitrito, el cual reacciona con la hemoglobina y evita el transporte de oxígeno. Como consecuencia de esto se origina el síndrome del bebe azul, especialmente alrededor de la boca ( Adam & Jim, 2012).



### 1.10.3 Características microbiológicas

En muchos países los indicadores bacterianos se emplean para determinar si el agua potable está libre de microorganismos infecciosos. Las guías para la calidad del agua potable de la organización mundial de la salud indican que no es fácil monitorear el agua potable para cada agente patógeno microbiano y que en un enfoque más lógico sería detectar los microorganismos que por lo general se encuentran presentes en las heces de los seres humanos y otros animales de sangre caliente (Allen, 1996).

Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos, concentración y reacción frente a los factores ambientales, pero son más fáciles, rápidos y económicos de identificar.

Un microorganismo indicador de contaminación fecal debe reunir las siguientes características (Arcos & Ávila, 2005).

- Ser específico de contaminación fecal.
- 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.
- Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotermos.
- 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.

A continuación, se describen grupos patógenos y microorganismos indicadores de la calidad de agua importantes para la valoración en términos sanitarios:

#### **Bacterias**

Son organismos unicelulares con un tamaño entre 0,1 y 10  $\mu\text{m}$ . De acuerdo a su forma, componentes, tamaño y la manera a la cual crecen, pueden caracterizar la estructura de la célula; pudiendo clasificarse en cuatro categorías: cocos, bacilos, espirilos y otros (Organización Panamericana de la Salud, 2004).



En el agua podemos encontrar con mayor frecuencia bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de las heces fecales. Al introducirse en el agua, por las condiciones ambientales variadas hace que su capacidad de reproducirse y de sobrevivir, sean limitadas (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

En programas de vigilancia de la calidad de agua de nivel básico se consideran los siguientes parámetros: coliformes totales y termotolerantes.

Las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud indican que no es práctico monitorear el agua potable para cada agente patógeno microbiano y que un enfoque más lógico sería detectar microorganismos que por lo general se encuentran presentes en las heces de los seres humanos y otros animales de sangre caliente (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

### **Grupo coliforme**

Son bacterias entéricas, aerobios o anaerobios, bacilos Gram negativos no formadores de esporas y oxidasa negativos.

El grupo coliforme abarca géneros que utilizan la lactosa para producir ácido y gas o poseen la enzima B-D-galactosidasa, capaz de utilizar un sustrato galactopiranosido cromógeno para su crecimiento.

La presencia de coliformes totales es una alerta de que ocurrió contaminación fecal, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias su presencia intensifica la vigilancia en la red de distribución.

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los coliformes:

- Son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente.
- Están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades.
- Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas.
- Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.

Los géneros que pertenecen a este grupo son:



- *Klebsiella*. \_ puede encontrarse en las heces y en el ambiente.
- *Escherichia*. \_ siempre se encuentra en las heces de humanos y animales.
- *Enterobacter*. \_ puede encontrarse en las heces y en ambiente.
- *Citrobacter*. \_ se encuentra en fuentes ambientales.
- *Serratia*. \_ se encuentra en fuentes ambientales.

Es importante tener presente que numerosos estudios han demostrado que las especies *Enterobacter* y *Klebsiella* colonizan con frecuencia las superficies de las cañerías de agua y tanques de almacenamiento y crecen formando una capa biológica cuando las condiciones son favorables (AGUAS, 2010).

### **Coliformes fecales (termotolerantes)**

Es un sub grupo de bacterias que fermentan la lactosa a  $44,5 \pm 0.2$  °C con producción de ácido y gas en 24 horas, son de origen exclusivamente fecal. Se los denomina termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas lo que los hace diferente de los coliformes totales.

La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH y humedad.

Estas bacterias son de interés clínico ya que pueden ser capaces de generar infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior e inferior, además de bacteriemia, infecciones de piel y tejidos blandos, enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades severas en el ser humano (Allen, 1996).

### **Escherichia coli**

Es indicador de contaminación tanto para aguas naturales como para las tratadas por ser de origen fecal , fermentan la lactosa a  $44,5 \pm 0.2$  °C con producción de ácido y gas en 24 horas, produce indol a partir del triptófano, son oxidasa negativa, no hidroliza la úrea (Allen, 1996).

### **Virus**

A diferencia de las bacterias, éstas no se encuentran en las heces del hombre. Están presentes en el tracto gastrointestinal de las personas que han sido afectados.



Los más comunes son los virus causantes de gastroenteritis y el virus de la hepatitis. Algunos de estos virus (rotavirus, virus Norwalk) no generan una protección inmunitaria a largo plazo por lo que la infección puede repetirse varias veces a lo largo de la vida.

Algunos virus son más resistentes a la desinfección que los organismos coliformes, por lo que los indicadores tradicionales de contaminación bacteriana no evalúan de manera eficiente la presencia o ausencia de virus en el agua.

Acerca de los virus se sabe que, aún en bajas concentraciones, tienen la capacidad de causar infección o enfermedad (Casares, 2005).

Dificultades como el requerimiento de laboratorios especializados y espera de resultados hace que el uso de los enterovirus como indicadores de contaminación de origen fecal en el agua no sea eficaz, ha llevado a la búsqueda de indicadores alternativos que sean de rápida y fácil detección y que permitan prever el comportamiento de los enterovirus en el medio ambiente. Estos indicadores son los fagos.

Se han propuesto dos tipos de fagos: colifagos somáticos y colifagos F específicos (AGUAS, 2010).

### **Parásitos**

Se llama parásito a todo ser vivo que pasa una parte o toda su existencia en otro ser vivo (hospedero) del cual se nutre, produciéndole o no daño.

Los parásitos patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y helmintos.

Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa (trofozoito) y una forma resistente (quiste).

Los helmintos son organismos pluricelulares de estructura concreta, son un grupo de organismos que incluyen los nematodos, trematodos y cestodos.

Los quistes y huevos de parásitos intestinales como Giardia y Cryptosporidium son muy resistentes, por lo que su detección es difícil y su reacción frente a tratamientos de desinfección son variables frente a los indicadores comúnmente usados.

El estudio de los huevos de helmintos ha hecho necesaria la selección de *Áscaris lumbricoides* como parásito indicador del comportamiento de los huevos de helminto.



Sus ventajas son:

- Persiste en el medio ambiente por muchos meses, pero no se multiplica. .
- Se puede identificar fácilmente.
- El índice de parasitismo a nivel mundial es muy alto.
- El riesgo de transmisión es alto, debido a la elevada concentración de huevos que se puede encontrar (Arcos & Ávila, 2005).

### **Patógenos emergentes:**

#### **Cianobacterias**

Llamados algas verdes-azuladas, no actúan como agentes infecciosos, pero algunas especies producen toxinas que afectan el intestino (gastroenteritis), el sistema nervioso y el hígado. Otras menos tóxicas causan irritación en la piel y alergias (García, Rojas, & Joseli, 2009).

#### **Campilobacter**

Se consideran causa importante de gastroenteritis aguda transmitida por aguas o alimentos contaminados. Su dosis infectiva es baja y los datos epidemiológicos muestran una incidencia similar a la de patógenos como Salmonella (García, Rojas, & Joseli, 2009).

#### ***Yersinia enterocolítica***

Sólo algunas cepas poseen factores de virulencia y son patógenas para el humano, causando infecciones gastrointestinales. La ruta de infección es a través de alimentos y agua. Rara vez han sido aisladas de agua potable y su presencia indica contaminación fecal (García, Rojas, & Joseli, 2009).



### **1.11 Beneficios del control de calidad y la vigilancia del agua.**

El monitoreo continuo de la calidad del agua lleva a asegurar que el sistema de distribución como un todo, opere satisfactoriamente proporcionando un producto que cumpla con las normas de calidad del agua de consumo humano.

El control de calidad permite identificar áreas del sistema de abastecimiento de agua con problemas graves y que normalmente coinciden con la necesidad de intervenciones correctivas.

La re-contaminación del agua de consumo humano es consecuencia de las actividades del mismo abastecedor, principalmente durante la operación o mantenimiento del sistema de distribución. La causa principal es la falta de conocimientos, por parte del personal responsable, acerca de los procedimientos sanitarios que permitan conservar y preservar la calidad del agua dentro del sistema de distribución (García, Rojas, & Joseli, 2009).

### **1.12 Potabilización del agua en la Parroquia Bayas**

#### **1.12.1 Captación del agua cruda**

El ingreso de esta agua cruda proviene de los efluentes que son: Mahuarcay, Santa Ana, Chagrarcazhca. Estos efluentes llegan a través de cuatro tuberías que se puede regular manualmente por medio de válvulas con el objetivo de regular el caudal de llegada (Carangui Fernández, 2016).

#### **1.12.2 Coagulación**

Para este proceso de potabilización se usa una solución química de sulfato de aluminio al 2%, con la finalidad de una remoción de impurezas que pueda contener el agua. El coagulante es preparado en dos tanques de 500 ml de capacidad y la solución química dosificada de acuerdo al caudal pasa a una flauta colocada en el inicio del vertedero donde cae en toda la masa del agua para cumplir con su función de coagulación (Carangui Fernández, 2016).

#### **1.12.3 Flocculación**

La flocculación tiene como finalidad la formación y crecimiento de flóculos mediante la aglomeración mayor peso y tamaño de las partículas desestabilizadas en la coagulación. La planta potabilizadora tiene dos unidades de flocculación de flujo vertical, en donde el agua tiene movimientos ascendentes y descendentes. Cada flocculador consta de 55 pantallas distribuidas de la siguiente manera: por cada dos placas de asbesto va una placa de



concreto con el propósito de disminuir la presión del agua y evitar la ruptura de las placas consiguientes durante el mantenimiento (Carangui Fernández, 2016).

#### **1.12.4 Sedimentación**

El proceso de sedimentación se realiza en decantadores laminares de flujo ascendente, que consta de 80 láminas ubicadas paralelamente. La salida del agua se da por tubos perforados que se encuentra en la superficie (Carangui Fernández, 2016).

#### **1.12.5 Filtración**

En esta etapa de potabilización se eliminan microorganismos patógenos y partículas suspendidas que no sedimentaron mediante un filtro de arena. Por acción de la gravedad el agua pasa por un filtro que tiene diferentes capas de arena de distinto grosor, con la finalidad de retener impurezas. La planta potabilizadora de agua de Bayas cuenta con dos procesos de filtración: rápida y lenta (Carangui Fernández, 2016).

#### **1.12.6 Desinfección**

En la Planta de Potabilización se usa el hipoclorito de calcio que tiene un porcentaje de cloro del 70%, la solución de cloro utilizada tiene una concentración de 1,75ppm, la cual es dosificada por goteo. Mediante la cloración se logra eliminar agentes microbiológicos patógenos presentes en el agua y de esta manera garantizar la salud de los usuarios (Carangui Fernández, 2016).



## 2 METODOLOGÍA Y MATERIALES

### 2.1 Tipo de investigación

Estudio analítico, descriptivo, de corte transversal no experimental.

### 2.2 Población de estudio

El estudio y la toma de muestras se llevaron a cabo en la Parroquia Bayas del Cantón Azogues en donde existe un total de 1206 medidores de agua.

Esta Parroquia está dividida en 10 sectores de los cuales se tomaron dos para este estudio: Leg Abuga y Oriente Bajo.

### 2.3 Cálculo de la muestra

La muestra se calculó con un 95% de confianza, y un error de 10% para lo cual se procedió de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * Z^2 * \alpha * p * q}{d^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

(Aguilar Barajos, 2005).

- n es el número de sujetos u objetos de estudio a incluir en la investigación.
- N es el tamaño del universo o población de estudio.
- $Z\alpha^2$  representa el nivel de confianza o seguridad en estimar el parámetro real del universo, para un nivel de significancia del 95%  $Z\alpha=1.96$ .
- $p=$  proporción esperada obtenida de las proporciones encontradas en otras investigaciones. Al no conocer la proporción esperada, se usó el valor de 0.5 que maximiza el tamaño de la muestra.
- $q=1-p$
- $d=$  precisión, precisión con la cual se desea estimar el parámetro. El error máximo aceptado es 10%.

(Aguilar Barajos, 2005)

$$n = \frac{1206 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2(1206 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 89.02$$

El número total de muestras tomadas de acuerdo a la cantidad total de medidores en la Parroquia Bayas es de 89 muestras.



La finalidad fue analizar el agua que llega a los sectores Leg Abuga y Oriente Bajo, por lo tanto, el tipo de muestreo que se llevó a cabo fue por estratos.

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el número de muestras que se deben tomar de cada sector, a partir del número de medidores.

$$\text{Proporción} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de medidores del sector}}{\text{N}^\circ \text{ de medidores de la parroquia}} * n$$

**Oriente Bajo= 240 medidores.**

$$\text{Proporción} = \frac{240}{1206} * 89 = 17.71 = 18$$

**Leg Abuga= 196 medidores.**

$$\text{Proporción} = \frac{196}{1206} * 89 = 14.46 = 14$$

Total, de muestras de los dos sectores = 32

**Por triplicado = 96 muestras durante dos meses.**

## 2.4 Muestreo

El muestreo se realizó durante un periodo de dos meses, desde el 6 de marzo al 24 de abril del 2017, se llevó a cabo los días lunes, dando un total de 8 días de muestreo.

Para los dos sectores se obtuvo un total de 32 muestras, el mismo que para tener resultados estadísticamente más significativos se realizó por triplicado, dando un total de 96 muestras, las mismas que serán analizadas durante 8 semanas, correspondiendo 12 muestras por semana.

Las muestras fueron tomadas del domicilio, y a lo largo del proceso se realizó en las mismas viviendas seleccionadas al azar, en las cuales se determinó por duplicado los parámetros físico-químicos y microbiológicos.



**Cuadro 1:** Implementos de laboratorio de acuerdo a los parámetros utilizados.

Análisis	Equipos	Reactivos	Materiales	Método	Procedimiento
Color	Colorímetro	Agua destilada.	Tubos Nessler.	Método estándar APHA de platinocobalto.	1.-Llenar los tubos uno con la muestra y otro con agua destilada. 2.-Colocar los tubos dentro del equipo. 3.-Determinar visualmente al hacer coincidir la columna de la muestra con el estándar de vidrio coloreado.
pH	Potenciómetro		Vaso de precipitación	Potenciometría	1.-Colocar la muestra en un vaso de precipitación. 2.-Encender el equipo y esperar que se estabilice. 3.-Colocamos el electrodo en la muestra agitamos suavemente y esperamos que se estabilice y anotamos el resultado.
Turbiedad	Espectrofotómetro Marca: HACH BE RIGHT P1-4.		Tubos de ensayo para celdas de lectura.		1.-Llenar la celda con la muestra hasta la señal y tapar. 2.-Limpiar la parte exterior de la celda con una franela. 3.-Colocar la muestra en el equipo presionar red y anotar el resultado.
conductividad	Conductímetro		Vaso de precipitación		1.-El electrodo debe estar sumergido en la muestra de tal manera que no tenga contacto con las paredes ni el fondo del recipiente. 2.-Homogenizamos suavemente esperamos que



UNIVERSIDAD DE CUENCA

					se estabilice y anotamos el resultado.
Dureza		EDTA 0.01N Hidróxido de Amonio al 10% Eriocromo negro T.	Vasos de precipitación. Bureta Soporte metálico	Titulación	1.-Colocar 10 ml de muestra en un vaso de precipitación. 2.-Añadir 3 gotas de hidróxido de amonio para ajustar el pH. 3.-Agitamos lentamente y adicionamos 3 gotas de net. 4.-Titulamos con edta 0.02 n hasta viraje de violeta a color azul.
Alcalinidad		Ácido clorhídrico 0.01 N Indicador: Anaranjado de metilo Fenolftaleína			1.-A 50 ml de muestra colocar 3 gotas de naranja de metilo y homogenizar. 2.-Titular con HCl 0,01 n hasta que se dé el viraje de color amarillo a naranja. 3.-Anotar el volumen de viraje y realizar los cálculos.
Cloro libre residual.	Espectrofotómetro Marca: HACH DREL 2800. Procedencia:	Free Chlorine Reagent DPD	Celdas de lectura.		1.- Medir 10 ml de agua y colocar en los tubos. 2.-Agregar el reactivo a la muestra disolver correctamente y esperar tiempo necesario para la reacción de cada reactivo. 3.-Encerar con el blanco de agua destilada. 4.-Leer y anotar los resultados.
Sulfatos		Sulfaver 4 Sulfate Reagent			
Nitritos		Nitraver 3 Nitrite Reagent			
Nitratos		Nitraver 5 Nitrate Reagent.			
Coliformes totales	Estufa Marca: Memmert. Autoclave	Medios de Cultivo: Lauril Sulfato.	Tubos, campanas Durham, gradillas, pipetas estériles y lámpara de	Tubos	Se presenta a continuación en la Imagen 2º.
Coliformes fecales	Marca: GLOWS LS-1	Medios de			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	Balanza. Marca: BOECO Germany BWL 61. Procedencia:	Cultivo: Bilis verde Brillante Medio SIM.	alcohol.	múltiples NMP.	
--	---	--	----------	-------------------	--



## **2.5 Métodos y técnicas.**

### **2.5.1 Toma de muestras en inmuebles**

La toma de muestra para el análisis físico- químico se realizó en inmuebles que no poseían tanques de almacenamiento para poder obtener resultados reales en cuanto a la concentración de cloro libre, debido a la inestabilidad que este presenta. Se dejó correr el agua durante 2 minutos para la respectiva toma de la muestra, además las muestras fueron procesadas lo más rápido posible ya que el cloro libre es un agente oxidante e inestable.

Tanto para el análisis físico-químico y microbiológico se seleccionó la llave de uso más frecuente del domicilio, observando que sea de uso frecuente para consumo humano, además que no haya presencia de fugas que puedan contaminar el agua.

### **2.5.2 Análisis fisicoquímico**

#### **Determinación de color**

##### **Fundamento**

El color consiste en la comparación de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas. El método estandarizado utiliza patrones de platino cobalto y la unidad de color (UC) es la producida por 1 mg/L de platino en la forma de ion cloroplatinato.

Los discos de comparación varían en un rango de 0 a 50 UC, si la lectura del color de una solución es mayor se realizan diluciones (Pérez, León, & Delgadillo, 2013).

##### **Interferencias en la medición**

- La turbiedad, incluso ligera, interfiere en la determinación del color.
- Ésta puede ser eliminada mediante filtración por membrana de 0.45 µm.
- El color puede cambiar con el pH de la muestra, por lo que es necesario, que al medir el color, se reporte también el pH de la muestra (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).



## **Determinación de pH**

### **Fundamento**

La potenciometría consiste en la medida de la fuerza electromotriz de una célula galvánica, a través de la cual la corriente que pase es virtualmente cero (Londono, Giraldo, & Gutiérrez, 2010).

Como el potencial de un electrodo sencillo no puede medirse directamente, el par de electrodos de la célula consiste en un electrodo de referencia que mantiene un potencial constante y un electrodo indicador, cuyo potencial depende de la composición de la solución electrolítica. La corriente puede transformarse fácilmente en unidades de pH o mV por diferentes procedimientos de calibrado (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

### **Interferencias en la medición**

- La temperatura afecta la medida del pH.
- Recubrimientos de material graso o partículas pueden dificultar la respuesta del electrodo (Aguinaga & Lucas, 1996).

## **Determinación de la Turbidez**

### **Fundamento**

Este método está basado en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas con la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez.

El equipo empleado es un turbidímetro (nefelómetro), el cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (Aguinaga & Lucas, 1996).

### **Interferencias en la medición**

- Vidrio sucio.
- Presencia de burbujas de aire.
- El color (debido a sustancias disueltas que absorben luz), causa falsos negativos (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).



## Determinación de la Conductividad

### Fundamento

La conductividad se determinó mediante la utilización de un conductímetro electrónico, que genera una diferencia de voltaje entre dos electrodos sumergidos en agua. y tiene como unidades mhos/Cm (Londono, Giraldo, & Gutiérrez, 2010).

### Interferencias en la medición

- La turbidez debe ser determinada en agua libre de residuo y partículas de rápida sedimentación.
- Los vidrios sucios, la presencia de burbujas de aire y vibraciones afectan los resultados.
- El color producido por sustancias disueltas que absorben luz causan una pequeña turbiedad; este efecto generalmente no es significativo en el caso de aguas tratadas (Londono, Giraldo, & Gutiérrez, 2010).

## Determinación de la Dureza

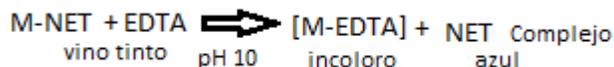
### Fundamento

El método titulométrico consiste en que los iones de calcio y magnesio forman complejos estables con la sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). El punto final de la titulación es detectado por el indicador Negro de Eriocromo-T, el cual posee un color azul cuando los cationes están formando complejo con EDTA (Aguinaga & Lucas, 1996).

Al determinar la dureza total, el pH de la solución debe estar alrededor de 10, para lo cual se adiciona la solución tampón de dureza y como indicador el Negro de Eriocromo T, que causa una coloración rojo vino. La adición de EDTA como titulante acompleja los iones calcio y magnesio y en el punto final de la titulación, la solución vira a color azul (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

### Reacciones





### Interferencias en la medición

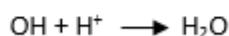
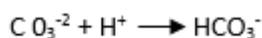
A las concentraciones habitualmente encontradas en nuestras aguas crudas y tratadas, no interfieren otras sustancias (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

### Determinación de la Alcalinidad

#### Fundamento

El pH de titulación de la muestra está entre 3,1 y 4,5 (cambio del naranja de metilo); en esta titulación se determina la alcalinidad total correspondiente; causada por carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, o las combinaciones de estos en la muestra.

Para muestras con pH por encima de 8,3 (aguas alcalinas); la titulación se hace en dos etapas: En una primera etapa, se titula la muestra hasta pH 8,3 o el cambio de fenolftaleína, en este punto se neutraliza hidróxidos y la conversión de carbonatos en bicarbonatos según la siguiente reacción:



En una segunda fase, se titula hasta pH 3,8; (cambio del metil naranja), que corresponde al pH de neutralización de los bicarbonatos en ácido carbónico (Londono, Giraldo, & Gutiérrez, 2010).

#### Interferencias

- En la toma de muestras, el almacenaje e incluso la valoración, pueden perderse o ganarse gases disueltos que contribuyen a la alcalinidad. Es conveniente reducir al mínimo estos efectos, titulando inmediatamente después de abrir el recipiente, evitando agitación o mezcla vigorosa y no dejando que alcance una temperatura superior a la de recolección.
- En muestras fuertemente coloreadas o turbias puede enmascarse el cambio de color en el punto final y es recomendado el método potencio métrico.



- El cloro residual puede blanquear el indicador, por lo que debe eliminarse añadiendo tiosulfato de sodio previo a la valoración.
- La interferencia de carbonatos asociados a la materia en suspensión, puede reducirse por filtración previa a la valoración (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013).

### Cálculos:

$$\text{Alcalinidad (mg/L)} = \frac{V_H \cdot N \cdot \text{mEqCaCO}_3 \cdot 1000 \cdot 1000}{V_m}$$

**V<sub>H</sub><sup>+</sup>**: volumen de ácido clorhídrico utilizado en la titulación.

**N**: normalidad del ácido clorhídrico.

**V<sub>m</sub>**: volumen en ml de muestra utilizada en la titulación.

**mEq**: miliequivalentes de carbonato de calcio.

**1000**: factor para transformar a mg.

**1000**: factor para transformar a L.

### Determinación de cloro libre residual

#### Fundamento

El cloro está presente en muestras de agua como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito (cloro libre o cloro libre disponible) reacciona inmediatamente con el indicador DPD(N,N-dietil-p-fenilenediamina) para formar un color magenta que es proporcional a la concentración de cloro (HACH, 2000).

#### Determinación de sulfatos

Los iones sulfato en la muestra reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato SulfaVer 4 y forman una turbiedad de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez que se forma es proporcional a la concentración del ion sulfato (HACH, 2000).

#### Interferencias en la medición



El color y la turbidez pueden interferir en la determinación de la concentración de sulfatos, la misma que puede eliminarse por filtración y centrifugación de la muestra de agua (HACH, 2000).

### **Determinación de nitritos**

#### **Fundamento**

El nitrito en la muestra reacciona el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta se acopla al ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente (HACH, 2000).

#### **Interferencias en la medición**

- Las sustancias fuertemente oxidantes y reductoras interfieren con los nitritos.
- Los iones cúpricos y ferrosos provocan resultados bajos.
- Los iones férricos, mercuriosos, de plata, interfieren causando precipitación (HACH, 2000).

### **Determinación de nitratos**

El cadmio metálico reduce a nitritos de la muestra. El ion de nitrito reacciona en un medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal intermedia de diazonio.

Esta sal se une al ácido gentísico para formar un producto de color ámbar (HACH, 2000).

#### **Interferencias en la medición**

- La presencia de hierro férrico en muestras de agua origina concentraciones altas de nitratos.
- Sustancias fuertemente oxidantes y reductoras (HACH, 2000).



### 2.5.3 Análisis microbiológico



**Imagen1°:** Procedimiento de recolección de la muestra para análisis microbiológico.

**Fuente:** (Los autores).



### **Determinación de coliformes totales y fecales**

La prueba microbiológica es un indicador de la calidad del agua, es decir, ausencia de riesgo de ingestión de microorganismos causadores de enfermedades, mayormente provenientes de la contaminación por excrementos humanos y de otros animales de sangre caliente. Vale resaltar que los microorganismos presentes en aguas naturales son, en su mayoría, inofensivos a la salud humana. Pero en la contaminación por desecho sanitario están presentes microorganismos que podrán perjudicar la salud de sus consumidores (Funasa, 2013).

### **Fundamento**

La determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 48 h., utilizando volúmenes decrecientes de la muestra (diluciones decimales consecutivas) en medio de cultivo que contenga sales biliares. La combinación de resultados positivos y negativos son usados en la determinación del NMP.

Esta determinación consta de tres fases, la fase presuntiva, la fase confirmativa y fase complementaria (Camacho, Giles, Serrano, & Velázquez, 2009).

**a. Fase presuntiva:** en esta fase se cultivan volúmenes determinados de muestra en tubos con caldo lauril triptosa que es un medio selectivo que inhibe el desarrollo de la flora

acompañante, y son incubados en las condiciones necesarias para que la actividad metabólica de las bacterias se estimule y ocurra una selección inicial de organismos que fermenten la lactosa con producción de gas. Para evidenciar la producción de gas se utiliza las campanas Durham, que supone una prueba presuntiva positiva para la presencia de coliformes totales (Chapa, 2016).

**b. Fase confirmativa:** se transfieren todos los tubos positivos de la prueba presuntiva a tubos que contienen caldo lactosado verde brillante, incubados a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 24-48 horas y la producción de gas constituyen en una prueba confirmativa positiva. El caldo empleado en esta fase es un medio selectivo que solo permite el desarrollo de los

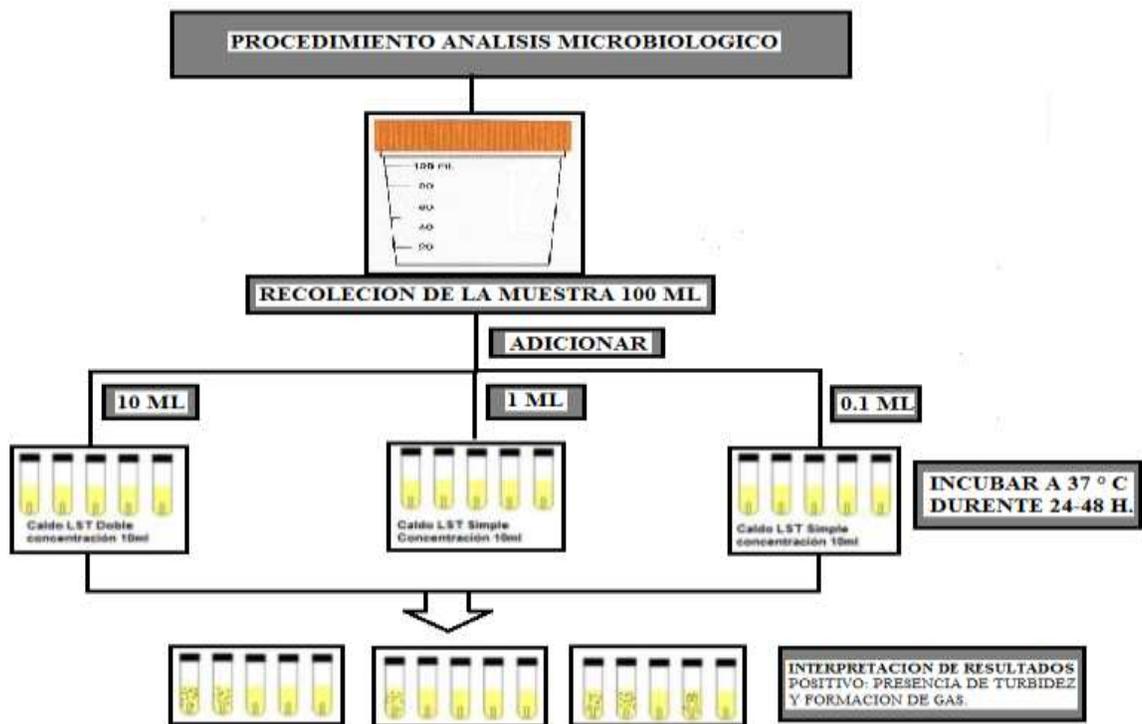


microorganismos diana, reduciendo la posibilidad de falsos positivos. La producción de gas después de la incubación constituye una prueba positiva (Chapa, 2016).

**c. Fase complementaria:** La búsqueda de *E. coli* se realiza por siembra en medios selectivos y diferenciales como Agar Mac Conkey o Agar eosina azul de metileno y, posteriormente, se confirman las colonias típicas (Chapa, 2016).

**Interferencias:**

- Presencia de cloro en los envases de toma de muestra.
- Contaminación del medio de cultivo. (Camacho, Giles, Serrano, & Velázquez, 2009)



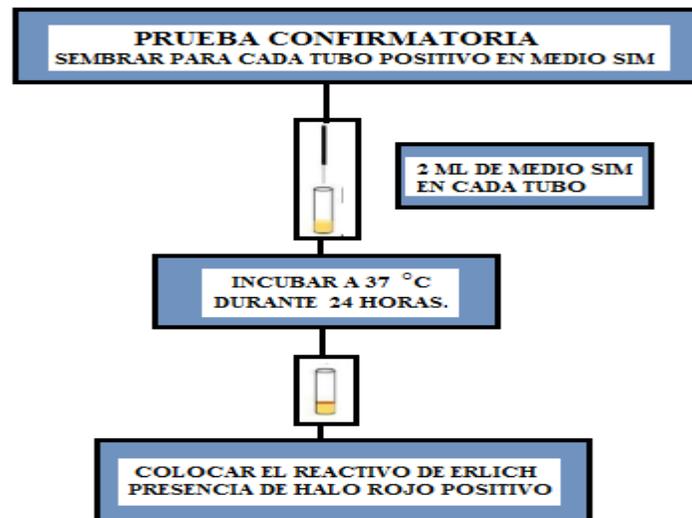
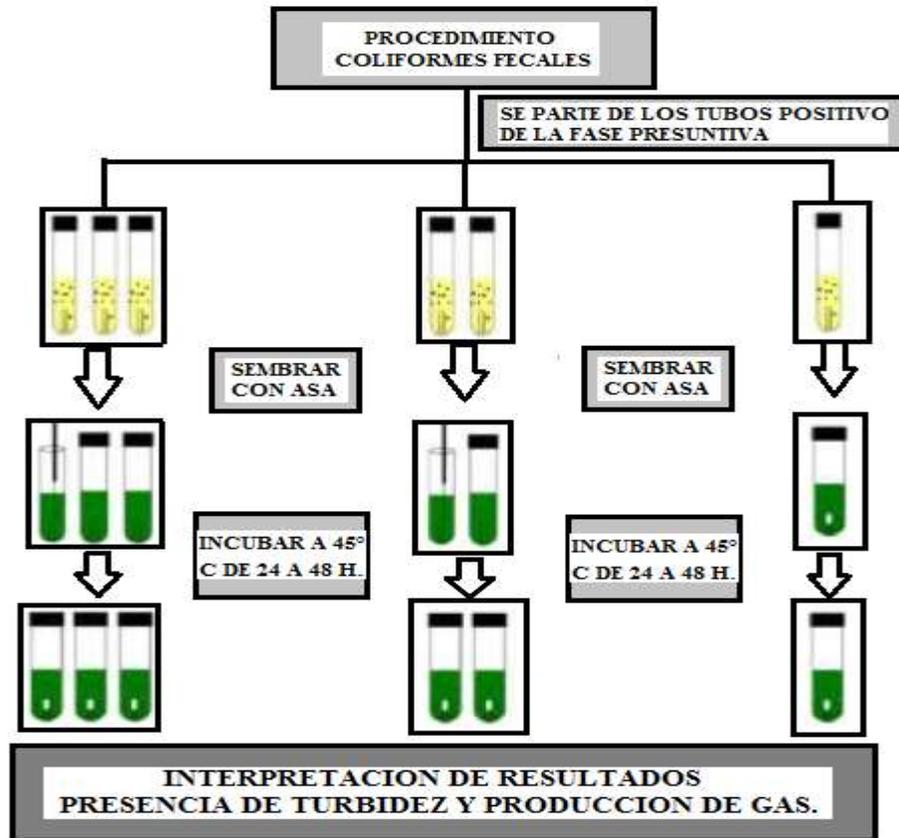


Imagen 2°: Procedimiento para coliformes totales y coliformes fecales.

Fuente: (Los autores.)



### 3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1 RESULTADOS

##### 3.1.1 Parámetros fisicoquímicos del agua potable de los Sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo.

A continuación, se indica los resultados generales obtenidos durante las 8 semanas de estudio de los parámetros físico químicos analizados que fueron: color, pH, turbiedad, conductividad, alcalinidad, dureza, cloro libre residual, sulfatos, nitritos y nitratos.

**Cuadro 1:** Resultados de los parámetros fisicoquímicos de los sectores Leg Abuga y Oriente Bajo.

SECTOR LEG ABUGA				SECTOR ORIENTE BAJO		
Parámetros	Media	± DE	Mín-Máx	Media	± DE	Mín-Máx
Color	1,5	± 1,34	1,00- 5,00	1,5	± 1,34	1,00-5,00
pH	7,09	± 0,06	7,03-7,13	7,09	± 0,07	7,05-7,15
Turbiedad	0,78	± 0,29	0,68- 0,85	0,77	± 0,29	0,67-0,87
Conductividad	85,20	± 4,35	82,22- 87,93	83,46	± 3,01	81,25- 86,06
Alcalinidad	16,99	± 0,17	16,7– 17,5	16,98	± 0,189	16,7- 17,20
Dureza	33,94	± 0,71	33,2-34,92	33,96	± 0,53	33,2- 34,72
Cloro libre residual	0,436	± 0,12	0,36-0,52	0,40	± 0,07	0,34-0,48
Sulfatos	17,55	± 4,80	16,70- 18,39	18,04	± 4,22	17,27- 18,8
Nitritos	0,017	± 0,001	0,015-0,02	0,02	±0,003	0,01-0,02
Nitratos	4,857	±1,27	4,78- 4,9	4,77	±1,20	4,71– 4,82

Al comparar las medias obtenidas de cada uno de los parámetros frente a los valores referencia, se observa que el color, pH, turbidez, dureza, sulfatos, nitritos, nitratos, conductividad, alcalinidad de los sectores Leg Abuga y Oriente Bajo se encuentra por



debajo de los límites máximos permitidos. Los parámetros experimentales obtenidos fueron comparados con los requisitos para calidad de agua potable establecidos en el cuadro de anexo C.

### 3.1.2 Análisis de los parámetros microbiológicos evaluados en la zona de estudio en función al tiempo.

Los valores obtenidos durante la semana 7 fueron de: 7,8 y 8,28 NMP para los sectores Leg Abuga y Oriente Bajo. Estos valores se encuentran por encima de la norma INEN 1108: 2006, los cuales fueron obtenidos mediante la interpretación con la tabla del número más probable que se presenta en el anexo B.

### 3.1.3 Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable, de los Sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo de la Parroquia Bayas.

Para evaluar diferencias significativas entre la calidad de agua en los dos sectores en función de los parámetros analizados, se desarrollaron pruebas T-student a un nivel de significatividad del 5%.

Los resultados de esta comparación se presentan en el cuadro 3.

**Cuadro 3:** Resultados comparativos del agua potable que es distribuida en los sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo de la ciudad de Azogues.

	Media $\pm$ DE	Intervalo de Confianza	Valor p ( $\alpha = 0.05$ )
Color			
<b>LEG ABUGA</b>	1,5 $\pm$ 1,34	1,085 ; 1,915	1,00
<b>ORIENTE BAJO</b>	1,5 $\pm$ 1,34	1,085 ; 1,915	
pH			
<b>LEG ABUGA</b>	7,09 $\pm$ 0,06	7,015; 7,154	1,00
<b>ORIENTE BAJO</b>	7,09 $\pm$ 0,07	7,025 ; 7,154	
Turbiedad			
<b>LEG ABUGA</b>	0,78 $\pm$ 0,29	0,690 ; 0,889	0,383
<b>ORIENTE BAJO</b>	0,77 $\pm$ 0,29	0,712 ; 0,767	
Conductividad			
<b>LEG ABUGA</b>	85,20 $\pm$ 4,35	82,67; 84,24	0,348



<b>ORIENTE BAJO</b>	83,46± 3,01	83,85; 86,54	
Alcalinidad			
<b>LEG ABUGA</b>	16,99± 0,17	16,778 ; 17,201	1,00
<b>ORIENTE BAJO</b>	16,98± 0,189	16,815 ; 17,164	
Dureza			
<b>LEG ABUGA</b>	33,94± 0,71	33,058; 34,822	0,959
<b>ORIENTE BAJO</b>	33,96± 0,53	33,47 ; 34,451	
Cloro libre residual			
<b>LEG ABUGA</b>	0,436± 0,12	0,395 ; 0,477	0,070
<b>ORIENTE ALTO</b>	0,40± 0,07	0,38 ; 0,41	
Sulfatos			
<b>LEG ABUGA</b>	17,55± 4,80	16,82 ; 18,28	0,305
<b>ORIENTE ALTO</b>	18,04± 4,22	17,16; 18,90	
Nitritos			
<b>LEG ABUGA</b>	0,017± 0,001	0,015; 0,018	0,122
<b>ORIENTE BAJO</b>	0,02±0,003	0,017; 0,022	
Nitratos			
<b>LEG ABUGA</b>	4,857±1,27	4,695; 5,018	0,522
<b>ORIENTE BAJO</b>	4,77±1,20	4,519; 5,035	

Para todos los parámetros estudiado no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre los 2 sectores analizados en cuanto a los valores obtenidos para evaluar la calidad del agua.

Se aplicó el programa estadístico Anova para determinar si hubo variaciones significativas entre sectores de la Parroquia Bayas de la ciudad de Azogues. Los datos se obtuvieron de trabajos de titulación de la Carrera de Bioquímica y Farmacia, Universidad de Cuenca durante los años 2016 y 2017, los resultados se presentan a continuación en el cuadro N5.



Cuadro N4: Comparación de parámetros fisicoquímicos en aguas de uso doméstico, en Sectores de la Parroquia Bayas, período 2016- 2017.

	<b>Leg Abuga</b>	<b>Oriente Bajo</b>	<b>Señor Flores</b>	<b>General Vintimilla</b>	<b>Corazón de María</b>	<b>Zhirincay</b>	<b>Leg Tabacay</b>	<b>Oriente Alto</b>
<b>COLOR</b>	1,5	1,5	0	0	0	0	1,44	1,43
<b>pH</b>	7,09	7,09	7,01	7,07	6,77	6,74	7,10	7,13
<b>Turbiedad</b>	0,77	0,73	0,54	0,55	0,71	0,69	1,32	1,38
<b>Conductividad</b>	85,20	83,46	133,99	135,27	64,30	63,58	133,48	128,75
<b>Alcalinidad</b>	16,99	16,98	21,42	21,42	20,08	20,14	24,46	24,3
<b>Dureza</b>	33,94	33,96	31,62	31,47	30,85	31,14	31,14	33,10
<b>Cloro libre residual</b>	0,43	0,40	0,31	0,26	0,41	0,38	0,83	0,92
<b>Sulfatos</b>	17,55	18,04	27,01	28,94	26,38	25,88	22,53	22,97
<b>Nitritos</b>	0,017	0,02	0,006	0,01	0,0029	0,0029	0,01	0,01
<b>Nitratos</b>	4,857	4,77	3,78	3,51	1,01	0,97	4,82	6,67



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Cuadro N5:** Resultados comparativos mediante el programa Anova, del agua potable que es distribuida en los sectores de la Parroquia Bayas de la ciudad de Azogues.

<b>Sectores:</b> Leg Abuga, Oriente Bajo, Señor Flores, General Vintimilla, Corazón de María, Zhirincay, Leg Tabacay, Oriente Alto.	
<b>Parámetros</b>	<b>Valor p (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>
Color	< 0,05
pH	< 0,05
Turbiedad	< 0,05
Conductividad	< 0,05
Alcalinidad	< 0,05
Dureza	< 0,05
Cloro libre residual	< 0,05
Sulfatos	< 0,05
Nitritos	< 0,05
Nitratos	< 0,05



### 3.2 DISCUSIÓN

Al comparar las medias obtenidas de cada uno de los parámetros frente a los valores referencia, se observa que el color, pH, turbidez, dureza, sulfatos, nitritos, nitratos, conductividad, alcalinidad de todos los sectores de la Parroquia Bayas se encuentra dentro de los límites permitidos, debido a que el agua que es tratada proviene de una misma fuente de captación de agua cruda, con lo que garantiza que el agua es de buena calidad y no presente riesgo alguno para la salud de los consumidores.

Los valores promedio de la turbiedad de los dos sectores están dentro del límite permitidos de la NTE INEN 1108:2014; sin embargo, cabe señalar que valores correspondientes a la semana 7 tuvieron una variación con respecto a las otras semanas. El motivo de esto fue debido al temporal invernal por el que el agua llegaba a las captaciones más turbia.

Los resultados obtenidos corroboran que el agua de la Parroquia Bayas lleva una correcta dosificación de sulfato de aluminio al 2%, la cual indica que este parámetro está dentro de los límites permitidos en la norma vigente.

El valor obtenido de dureza de cada uno de los sectores corresponde a un tipo de agua suave o blanda la cual es óptima para el consumo humano y no representa ningún riesgo para la salud del consumidor (Rodríguez, 2010).

Estudios realizados en la planta tratamiento Emapal EP demostraron que los parámetros determinados cumplen con la Norma INEN en el cual el valor promedio de pH del agua de salida de la planta de tratamiento es de 6.8, similar a los valores obtenidos en la Parroquia Bayas, de esta manera se demuestra que el agua de la ciudad Azogues se caracteriza por presentar un pH cercano al neutro (Lazo & Verdugo, 2015).

De acuerdo a los resultados obtenidos del programa estadístico Anova se observó que hubo una variación significativa entre los sectores estudiados de la Parroquia Bayas de la ciudad de Azogues. Esto pudo ser debido a diferentes factores como: condiciones ambientales en las que se realizaron los análisis, condiciones propias del sector, rapidez en el procesamiento de las muestras. A pesar de esta variación los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma INEN.



### **Análisis microbiológico**

En cuanto a los parámetros microbiológicos, la NTE INEN 1008:2006 establece el recuento de coliformes totales debe ser  $< 2$  NMP/100 ml, por lo tanto, los dos sectores que formaron parte de este estudio en la semana 7 no cumple en cuanto a coliformes totales. Se pudo evidenciar en la séptima semana de análisis el crecimiento de coliformes totales que en un principio se atribuyó a una incorrecta desinfección del agua, la cual fue descartada al evidenciar la variación de otros parámetros como color, turbiedad. Esto se presentó debido a que se intensificó el periodo invernal, motivo por el que se tomó precauciones necesarias como: limpieza y revisión continua de los filtros de arena, el cual fue exitoso ya que no se evidenció crecimiento de coliformes totales en la semana 8, dando valores iguales a las semanas anteriores y a otros trabajos de titulación realizados en el año 2016-2017, por lo que se determinó que el agua que llega a los inmuebles es de calidad.

Un estudio realizado en el año 2016 en el cual se evaluó los filtros en los procesos de filtración rápida y lenta demostraron una eficiencia del 87%, cumpliendo con lo establecido por la CEPIS (Loja Encalada & Ocaña Buestan , 2016).

En un estudio realizado en el 2017, se realizó la evaluación de la calidad del agua en los diferentes procesos de tratamiento para su potabilización en la Junta administradora de Agua Potable “Bayas”, determinando que el agua que es distribuida a los diferentes sectores cumplía con lo establecido en las normas de referencia. Además, en este estudio se encontró que en un monitoreo realizado se obtuvieron valores bajos, incluso llegando a ser nulos para cloro residual, debido a que solo se realizaba cloración el agua proveniente de la filtración rápida, mientras el agua proveniente de la filtración lenta era directamente enviada a los tanques de almacenamiento. Este problema fue comunicado a los respectivos técnicos de la planta y de esta manera se logró que se realice una cloración del agua proveniente de los dos filtros y así se obtuvo una mejor cloración (Gutiérrez Sarmiento , 2017).

Por otra parte en un estudio realizado en el año 2012 en el Cantón de Santa Isabel en donde se evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable en los sistemas de distribución, encontrándose que un 89,2 % el agua es apta para el consumo humano, pero un 10,8% presentó contaminación fecal, el cual se debió a una mala potabilización, el mismo que se informó a los técnicos de la planta para tomar las



posteriores medidas correctivas, en cuanto al agua que llegaba a los inmuebles demostró que un 91.6% de las muestras se encuentran dentro de los límites permisibles y que el 8,4% del total de las muestras presentaron un nivel inferior al óptimo, debido a que por falta de operadores en las noches existía una deficiente cloración dando como resultado que las zonas más alejadas la falta de cloración es mayor que el de las zonas que se encuentran cerca de la planta de tratamiento (Tacuri Ortega & Vintimilla , 2012).

En otro estudio realizado en Turbaco – Bolivia en el año 2014, en el cual se realizó la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiología del agua que es distribuida por el municipio de Turbaco, revelando que existía un déficit en la calidad microbiológica de esta, asociada a parámetros fisicoquímicos como el cloro residual, altas concentraciones de dureza, solidos totales. A partir de los análisis microbiológicos se determinó que existía un déficit en el proceso de dosificación de cloro el cual no era óptimo para la eliminación de los microorganismos contaminantes, además llegaron a la conclusión de que intervenían en la contaminación del agua como era defecto en las tuberías de conducción, infiltraciones hacia tuberías o lugares de almacenamiento, producto del sistema de disposición del agua residuales domésticas, conexiones cruzadas y principalmente en estaciones lluviosas donde el agua destinada al consumo humano es más propensa a la contaminación debido a que por la gran afluencia de la corriente lleva consigo cualquier particular como podría ser ramas, tierra, restos orgánicos etc. (Petro & Wees, 2014).



## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de los sectores de Leg Abuga Y Oriente Bajo, los parámetros fisicoquímicos, se encuentran de los límites permitidos por la norma vigente en nuestro país y la norma argentina (AYSA).

En la semana 7 se observó crecimiento de coliformes totales y se atribuyó a que se intensifico el periodo invernal, motivo por el que se tomó precauciones necesarias como: limpieza y revisión continúa de los filtros de arena. Esto se pudo corroborar mediante el análisis fisicoquímico en los cuales los parámetros de color y turbiedad fueron diferentes a los obtenidos en las semanas anteriores, a pesar de ello se encuentran dentro de los valores establecidos por la Norma INEN.

Se informó a los administradores de la planta potabilizadora, los mismos que dieron un mantenimiento adecuado, y en la semana posterior ya no se observó crecimiento de coliformes totales y los valores de color y turbiedad volvieron a ser similares a los obtenidos en los otros muestreos, de esta manera se pudo atribuir que este resultado se debía al inadecuado mantenimiento de los filtros y no a fallas en los otros procesos de potabilización o rupturas de tuberías.

Los resultados obtenidos se compararon con trabajos de titulación realizados en otros sectores de la Parroquia Bayas y se pudo evidenciar que los parámetros físico químicos y microbiológicos se encuentran dentro de los parámetros permitidos por la Norma INEN. Esto nos indica que el servicio de agua potable es de calidad en todos los sectores, debido a que se derivan de la misma planta potabilizadora.

Al final, con los resultados obtenidos se concluye que se logró evaluar la calidad del agua en los sectores de Leg Abuga y Oriente Bajo y que la junta de agua potable de la parroquia Bayas brinda un servicio de calidad.



#### **4.2 RECOMENDACIONES**

La Junta Administradora de Agua Potable de Bayas debe implementar un laboratorio para el análisis microbiológico debido a que no se realizan estos análisis y se puede poner en riesgo la salud de los consumidores.

Se recomienda a los administradores de la Planta de Agua Potable de Bayas, cumplir con un mantenimiento constante todos los procesos de potabilización y realizar con mayor frecuencia los análisis fisicoquímicos como: color, turbiedad y cloro libre residual, especialmente en la época invernal.



## 5 BIBLIOGRAFÍA

- Adam & Jim. (2012). *Universidad Estatal de Montana*. Obtenido de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf)
- AGUAS, R. I. (2010). *Indicadores de contaminación en aguas*. Obtenido de agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamiento avanzados de aguas residuales domésticas: [http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.p](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.p)
- Aguilar Barajos, S. (Agosto de 2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra. *Redalyc*, 11(1-2), 7. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Aguilar, Z. (2012). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para agua apta para consumo humano*. Obtenido de [http://ri.ues.edu.sv/2071/1/Determinación\\_de\\_parámetros\\_Fcoqcos\\_y\\_micros\\_de\\_agua\\_de\\_CQ%2C\\_.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2071/1/Determinación_de_parámetros_Fcoqcos_y_micros_de_agua_de_CQ%2C_.pdf)
- Aguinaga, S., & Lucas, R. (1996). *Manual dinama.pdf Dirección Nacional del medio ambiente*. Obtenido de manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual\\_dinama.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf)
- Allen, M. J. (14- 17 de Mayo de 1996). *Reunión regional sobre la calidad del agua potable*. Obtenido de La importancia para la salud pública de los indicadores bacterianos que se encuentran en el agua potable: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/010206/010206-07.pdf>
- APHA, WEF, & AWWA. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater..* Washington D.C: American public Health.
- Arcos, M., & Ávila, S. (12 de Diciembre de 2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. Obtenido de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf)
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Obtenido de <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>
- Camacho, A., Giles, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Tecnicbasicas-Colif-tot-fecales-E coli-NMP*. Obtenido de Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos 2da edición Facultad de Química UNAM México: <http://myslide.es/documents/tecnicbasicas-colif-tot-fecales-ecoli-nmp-6529.html>
- Caranqui, D. P. (2016). *Desarrollo de un plan para evaluación del sistema de filtración rápida de la planta potabilizadora de la Junta de agua potable Bayas*. Recuperado el 18 de Mayo de 2017, de dspacecuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23369/1/tesis%20pdf.pdf>
- Casares, S. (Abril de 2005). *Revista Española de Salud Pública*. Obtenido de Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales : <http://www.redalyc.org/pdf/170/17079214.pdf>



- Chapa, I. (7 de Julio de 2016). *Estudio de Coliformes totales y E. coli en aguas de consumo humano por NMP*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68702/CHAPA%20-%20Estudio%20de%20coliformes%20totales%20y%20E.%20coli%20en%20Aguas%20de%20Consumo%20Humano%20por%20NMP%3a%20Validaci%C3%B3n%20y%20....pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Departamento de Salud de Aragón, C. d. (Octubre de 2005). *Salud y Medio Ambiente*. Recuperado el 16 de Enero de 2017, de [http://ecodes.org/archivo/proyectos/archivo-ecodes/boletin\\_SP/boletin40e1.html?numero=16](http://ecodes.org/archivo/proyectos/archivo-ecodes/boletin_SP/boletin40e1.html?numero=16)
- Fernández, A. (2012). *Química Viva*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Funasa. (2013). *Manual práctico de análisis de agua*. Obtenido de función nacional de la salud Brasilia : [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/manualaguaespanholweb\\_2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/manualaguaespanholweb_2%20(1).pdf)
- García, C., Rojas, R., & Joseli, J. (2009). *Control y vigilancia de la calidad de agua de consumo humano*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/09.pdf>
- Gutiérrez Sarmiento , A. E. (2017). *Evaluación de la calidad del agua en los diferentes procesos de tratamiento de la Planta Potabilizadora Bayas*. Recuperado el 16 de Mayo de 2017, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26431/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>
- HACH, C. (2000). *Manual de análisis de agua*. Loveland, Colorado, EE.UU: Reverte.
- INEN, I. E. (2014). *INEN*. Obtenido de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
- Inga Ortega , A. A., & Vanegas Ortiz, D. B. (2017). *Evaluación de la calidad del agua del sector de Leg Tabacay y Oriente Alto de la Junta Parroquial Bayas*. Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27135/1/TESIS.pdf>
- Jiménez Cisneros, B. (2001). *Contaminación ambiental en México*. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA124&dq=turbiedad+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi3\\_tH-t6TTAhWI5yYKHa-9CUYQ6AEIJDAB#v=onepage&q=turbiedad%20del%20agua&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA124&dq=turbiedad+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi3_tH-t6TTAhWI5yYKHa-9CUYQ6AEIJDAB#v=onepage&q=turbiedad%20del%20agua&f=false)
- Lazo, M., & Verdugo, L. (2015). *Evaluación de la eficiencia de filtros en la planta potabilizadora Emopal*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21726/1/Tesis.pdf>
- Loja Encalada, E. A., & Ocaña Buestan , R. (2016). *Evaluación de la eficacia de los filtros de los procesos de filtración rápida y filtración lenta de la Planta Potabilizadora*



- Bayas. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de [dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26016/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26016/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf)
- Londono, A., Giraldo, G., & Gutiérrez, A. (Marzo de 2010). *Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- Machuca, X., & Flores, M. (2016). *Repositorio digital de la Universidad de Cuenca*. Obtenido de Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, de la Parroquia Bayas del cantón Azogues.: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/280>
- Martínez Márquez, E. (2006). *Química II*. México: Cengage Learning. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=OlyVxI7yh2YC&pg=PA77&dq=el+agua+propiedades&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi76oCunvHOAhWCGB4KHfLoDiE4ChDoAQgrMAM#v=onepage&q=el%20agua%20propiedades&f=false>
- Mas, S., & Casares, P. (Abril de 2005). *Efectos sobre la salud de la contaminación de agua*. Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200012)
- NMX. (2000). *Análisis de agua- Determinación de la conductividad electrolítica*. (S. d. industrial, Ed.) Obtenido de [http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/46%20NMX-AA-093-SCFI-2000\\_Conductividad.pdf](http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/46%20NMX-AA-093-SCFI-2000_Conductividad.pdf)
- OMS. (2013). Obtenido de Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua: [http://www.paho.org/dor/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=determinantes-desarrollo-sost-y-salud-ambiental&alias=97-guia-rapida-para-la-vigilancia-sanitaria-del-agua&Itemid=273](http://www.paho.org/dor/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=determinantes-desarrollo-sost-y-salud-ambiental&alias=97-guia-rapida-para-la-vigilancia-sanitaria-del-agua&Itemid=273)
- OMS. (2014). *Decenio Internacional para la acción*. Obtenido de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- ONU, N. (2015). *Decenio Internacional para la acción "El agua fuente de vida"*. Obtenido de Naciones Unidas: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- OPS, O. P., & COSUDE, A. S. (2007). *Guía para mejorar la calidad del agua*. Obtenido de [www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/guiacalidadaguaural.pdf](http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/guiacalidadaguaural.pdf)
- Organizacion Panamericana de la Salud, M. A. (2004). *Manual para análisis biológico de calidad de agua de bebida*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: <https://es.scribd.com/doc/22227853/Manual-para-Analisis-Basicos-de-Calidad-del-Agua>
- Pérez, C., León, F., & Delgadillo, G. (19 de Mayo de 2013). *Tratamiento de aguas - manual prácticas de Laboratorio*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Departamento de Ciencias



Químicas:

[http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo\\_editorial/comite\\_editorial/manuales/tratamiento\\_de\\_aguas\\_manualprac.pdf](http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo_editorial/comite_editorial/manuales/tratamiento_de_aguas_manualprac.pdf)

- Petro, A. K., & Wees, T. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco-Bolívar*. Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf>
- Rigola, M. (1999). *Tratamiento de aguas industriales*. (Boixareu, Ed.) Barcelona. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA28&dq=conductividad+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjF2JeH8KTTAhUI4CYKHb6fCOQQ6AEILTAC#v=onepage&q=conductividad%20del%20agua&f=false>
- Rodríguez, D. R. (2010). *Universidad Tecnológica Nacional UNT-Argentina*. Obtenido de Seminario: Agua Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza\\_agua.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf)
- Rodríguez, E. (2011). *Uso del cloro en la desinfección del agua*. Obtenido de [http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/uso\\_cloro.pdf](http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/uso_cloro.pdf)
- Romero Rojas, J. A. (2002). *Calidad de agua*. Bogotá : Nomos. S.A.
- Ryczel, M. E. (2006). *Presencia en el agua de bebida de nitratos y nitritos y su impacto sobre la salud*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd63/presencia.pdf>
- Salud, D. (mayo de 2013). *La enorme importancia de la calidad del agua en la salud*. Obtenido de <https://www.dsalud.com/reportaje/la-enorme-importancia-de-la-calidad-del-agua-en-la-salud/>
- Sena. (1999). *Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico*. (M. d. económico., Ed.) Obtenido de [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/index.html](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/index.html)
- Severiche, C. A., & Castillo, M. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (13 de enero de 2013). *Umednetlibros-gratis2013*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/270891753\\_MANUAL\\_DE\\_METODOS\\_ANALITICOS\\_PARA\\_LA\\_DETERMINACION\\_DE\\_PARAMETROS\\_FISICOQUIMICOS\\_BASICOS\\_EN\\_AGUAS\\_En\\_Espana\\_2013\\_eduemednet\\_ISBN\\_ISBN-13\\_978-84-1577\\_v\\_0\\_pags\\_101\\_httpwwwuemednetlibros-gratis2013a1326in](https://www.researchgate.net/publication/270891753_MANUAL_DE_METODOS_ANALITICOS_PARA_LA_DETERMINACION_DE_PARAMETROS_FISICOQUIMICOS_BASICOS_EN_AGUAS_En_Espana_2013_eduemednet_ISBN_ISBN-13_978-84-1577_v_0_pags_101_httpwwwuemednetlibros-gratis2013a1326in)
- Severiche, C. (2012). *Evaluación analítica para la determinación de sulfatos*. Cartagena. Obtenido de <http://web.usbmed.edu.co/usbmed/fing/v3n2/v3n2a1.pdf>
- Sosa, F. (2008). *Enfermedades causadas por aguas contaminadas*. Obtenido de [wordpress.com](http://wordpress.com):



<https://sosafernanda134096.wordpress.com/2008/06/06/enfermedades-causadas-por-aguas-contaminadas/>

SUNASS, S. S. (2010). *Cibdimena*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de [http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf)

Tacuri Ortega , J., & Vintimilla , O. (2012). *Control microbiológico y fisicoquímico del agua potable del sistema de abastecimiento del Cantón Santa Isabel*. Recuperado el 21 de Mayo de 2017, de file:///C:/Users/Adrianita/Downloads/tq914%20(1).pdf

Vargas, L. D. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Obtenido de <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf>



## 6 ANEXOS

### ANEXO A: Preparación de reactivos

#### Caldo LST

##### Fundamento

Medio rico en nutrientes, que permite un rápido desarrollo de microorganismos fermentadores de la lactosa. La triptosa es la fuente de nitrógeno, vitaminas y aminoácidos, la lactosa es el hidrato de carbono fermentable, las sales de fosfato proveen un sistema buffer, y el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico. Es un medio selectivo, ya que el lauril sulfato de sodio inhibe el desarrollo de la flora acompañante.

Por la fermentación de la lactosa, se produce ácido y gas, este último se evidencia al utilizar las campanas Durham.

Fórmula (en gramos por litro)		Instrucciones
Triptosa	20.0	Suspender 35,6 g del polvo en 1 litro de agua destilada. Dejar reposar 5 minutos. Calentar a ebullición hasta la disolución total. Distribuir en tubos conteniendo tubos de fermentación. Esterilizar en autoclave durante 15 minutos a 121°C.
Lactosa	5.0	
Cloruro de sodio	5.0	
Lauril sulfato de sodio	0.1	
Fosfato dipotásico	2.75	
Fosfato monopotásico	2.75	
pH final: 6.8 ± 0.2		

#### Caldo bilis verde brillante

##### Fundamento

En el medio de cultivo, la peptona aporta los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas y Gram negativas a excepción de coliformes, y la lactosa es el hidrato de carbono fermentable.



Es una propiedad del grupo coliforme, la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas.

<b>Fórmula (en gramos por litro)</b>		<b>Instrucciones</b>
Bilis de buey deshidratada	20.0	Suspender 40 g del polvo deshidratado por litro de agua destilada. Disolver y distribuir 10 ml por tubo con campanita de Durham. Preparar, además, el medio a doble concentración. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.
Lactosa	10.0	
Peptona	10.0	
Verde brillante	0.0133	
pH final: 7.2 ± 0.2		



**ANEXO B.** Tabla del número más probable para interpretación de resultados.

Combinación de positivos.	Índice NMP/100 ml	Límites de confianza 95%		Combinación de positivos.	Índice NMP/100 ml	Límites de confianza 95%	
		Inferior r	Superior r			Inferior r	Superior r
0-0-0	< 1.1	---	---	4-2-0	22	9.0	56
0-0-1	2	1.0	10	4-2-1	26	12	65
0-1-0	2	1.0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	4	1.0	13	4-3-1	33	15	77
				4-4-0	34	16	80
				5-0-0	23	9.0	86
1-0-0	2	1.0	11	5-0-1	30	10	110
1-0-1	4	1.0	15	5-0-2	40	20	140
1-1-0	4	1.0	15	5-1-0	30	10	120
1-1-1	6	2.0	18	5-1-1	50	20	150
1-2-0	6	2.0	18	5-1-2	60	30	180
				5-2-0	50	20	170
2-0-0	4	1.0	17	5-2-1	70	30	210
2-0-1	7	2.0	20	5-2-2	90	40	250
2-1-0	7	2.0	21	5-3-0	80	30	250
2-1-1	9	3.0	24	5-3-1	110	40	300
2-2-0	9	3.0	25	5-3-2	140	60	360
2-3-0	12	5.0	29	5-3-3	170	80	410
				5-4-0	130	50	390
3-0-0	8	3.0	24	5-4-1	170	70	480
3-0-1	11	4.0	29	5-4-2	220	100	580
3-1-0	11	4.0	29	5-4-3	280	120	690
3-1-1	14	6.0	35	5-4-4	350	160	820
3-2-0	14	6.0	35	5-5-0	240	100	940
3-2-1	17	7.0	40	5-5-1	300	100	1300
				5-5-2	500	200	2000
4-0-0	13	5.0	38	5-5-3	900	300	2900
4-0-1	17	7.0	45	5-5-4	1600	600	5300
4-1-0	17	7.0	46	5-5-5	≥ 1600	---	---
4-1-1	21	9.0	55				
4-1-2	26	12	63				

**ANEXO C:** Requisitos para el agua potable establecidos por las diferentes entidades.

PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITES MÁXIMO PERMITIDO	REFERENCIA
<b>Características físicas</b>			
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15	INEN 1108:2014
Turbiedad	NTU	5	INEN 1108:2014
Conductividad	µS/cm	400	NMX-AA-093-SCFI-2000
<b>Características químicas</b>			
pH	-----	6.5 a 8.5	INEN 1108-2:2006
Alcalinidad	mg/L	400	AYSA
Dureza total	mg/L	300	INEN 1108-2:2006
Cloro libre residual	mg/L	0.3-1.5	INEN 1108:2014
Nitratos	mg/L	50	INEN 1108:2014
Nitritos	mg/L	3.0	INEN 1108:2014
Sulfatos	mg/L	200	INEN 1108-2:2006
<b>Características microbiológicas</b>			
Coliformes totales	NMP/100ml	<2*	INEN 1108:2006
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1.1	INEN 1108:2014

- < 2 significa que el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo.



ANEXO D: FOTOGRAFIAS:

Toma de muestra para el análisis.

Sector Leg Abuga

Físico Químico



Microbiológico



Sector Oriente Bajo

Físico Químico



Microbiológico





Equipos utilizados para el análisis.

Turbidímetro, marca HACH, modelo 2100 P



Estufa



pH- metro BOECO, modelo BT-600



Esterilizador



Colorímetro marca HACH, modelo 890



Balanza BOECO





UNIVERSIDAD DE CUENCA

Anexo E: Tabla de los resultados de los análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de ambos sectores.

Parámetros	SEMANA 1(06/03/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7,1	7,1	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Turbiedad(N.T.U)	0,49	0,45	0,45	0,48	0,43	0,5	0,56	0,6	0,7	0,6	0,5	0,49
Conductividad (µS/cm)	85,0	83,9	86,5	88,3	85,9	84,5	80,7	83,2	85,0	84,1	83,3	83,6
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	33,6	35,2	32	33,6	35,2	34,56	33,6	35,2	34,56	33,6	32	34,56
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	16,4	15,6	16,4	16	15,6	15,6	15,2	16,4	16	15,2	15,6	16
Cloro Libre Residual mg/L	0,31	0,30	0,36	0,47	0,32	0,35	0,33	0,36	0,35	0,33	0,34	0,32
Sulfatos mg/L	28	25	25	29	25	26	22	21	19	20	18	19
Nitrito mg/L	0,008	0,017	0,015	0,012	0,009	0,017	0,018	0,037	0,028	0,038	0,020	0,022
Nitratos mg/L	4,8	6,9	5,9	4,7	3,8	7,5	6,4	7,3	5,1	6,7	6,1	5,9
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Parámetros	SEMANA 2(13/03/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1	7,1	7,1
Turbiedad (N.T.U)	0,80	0,90	0,70	0,90	0,85	0,51	0,60	0,59	0,4	0,48	0,47	0,5
Conductividad (µS/cm)	89,0	87,3	85,1	87,0	86,3	83,0	81,9	82,5	84,3	83,9	83,3	83,6
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	36,8	35,2	34,56	33,6	35,2	32,96	33,6	30,4	32,96	35,2	33,6	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	16,4	15,6	15,6	16	16,4	16,4	17,2	16	15,6	16,8	16,4	17,2
Cloro Libre Residual mg/L	0,42	0,41	0,43	0,49	0,51	0,45	0,33	0,34	0,35	0,33	0,36	0,33
Sulfatos mg/L	18	15	20	19	21	23	22	25	27	24	22	23
Nitrito mg/L	0,045	0,020	0,059	0,029	0,039	0,075	0,027	0,038	0,027	0,020	0,023	0,021
Nitratos mg/L	5,1	6,9	5,0	6,3	6,9	4,7	6,0	4,0	3,5	5,7	5,3	5,8
Coliformes Totales NMP/100 ml	<2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Parámetros	SEMANA 3(20/03/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7.1	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0
Turbiedad (N.T.U)	0,86	0,81	0,72	0,86	0,70	0,71	0,87	0,77	0,69	0,81	0,70	0,79
Conductividad (µS/cm)	88,1	85,3	87,5	86,3	85,9	87,3	84,9	82,1	85,4	83,7	82,2	84,1
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	36,8	33,6	32	32,96	33,6	33,6	33,6	32	33,6	36,8	33,6	36,8
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	16,4	17,2	17,2	17,2	16,4	16,4	17,2	16	16,4	16,8	16,4	17,2
Cloro Libre Residual mg/L	0,32	0,35	0,38	0,30	0,31	0,35	0,33	0,35	0,36	0,33	0,34	0,38
Sulfatos mg/L	21	22	23	21	19	19	21	20	19	20	21	19
Nitrito mg/L	0,017	0,012	0,004	0,005	0,011	0,011	0,006	0,014	0,021	0,009	0,015	0,017
Nitratos mg/L	5,3	3,8	4,1	5,0	3,3	3,1	2,9	3,8	2,9	3,8	3,5	3,9
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	SEMANA 4(27/03/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
Parámetros	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1
Turbiedad (N.T.U)	0,68	0,65	0,70	0,80	0,75	0,65	0,71	0,65	0,73	0,69	0,71	0,70
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	87,1	85,5	87,9	85,9	84,8	83,5	87,5	85,1	83,5	87,1	85,3	84,1
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	36,8	33,6	32,96	35,2	34,56	32	33,6	32	33,6	36,8	33,6	3,8
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	16,4	16,8	17,2	16,4	17,2	16,4	16,8	16,4	17,2	16,8	16,4	16,8
Cloro Libre Residual mg/L	0,60	0,57	0,59	0,60	0,49	0,39	0,37	0,39	0,45	0,34	0,42	0,36
Sulfatos mg/L	17	18	16	15	17	19	20	18	20	17	21	22
Nitrito mg/L	0,003	0,005	0,003	0,010	0,030	0,018	0,031	0,024	0,017	0,016	0,014	0,016
Nitratos mg/L	6,0	5,3	7,0	6,0	7,3	5,3	4,7	4,1	5,0	4,3	5,2	4,9
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Parámetros	SEMANA 5(03/04/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0
Turbiedad (N.T.U)	0,42	0,4	0,65	0,54	0,5	0,65	0,54	0,49	0,60	0,57	0,61	0,59
Conductividad (μS/cm)	77,2	74,7	77,1	75,4	74,7	76,7	76,9	77,2	79,3	77,4	75,3	76,5
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	32,96	33,6	32	32,96	36,8	35,2	36,8	32,96	35,2	33,6	35,2	34,56
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	17,2	16,4	18	17,6	16,8	18	17,6	16,8	17,6	16,4	16,8	16,64
Cloro Libre Residual mg/L	0,30	0,33	0,58	0,36	0,42	0,49	0,59	0,33	0,43	0,45	0,39	0,32
Sulfatos mg/L	15	13	19	16	15	17	17	16	18	15	19	21
Nitrito mg/L	0,015	0,018	0,019	0,012	0,020	0,025	0,022	0,021	0,020	0,023	0,019	0,023
Nitratos mg/L	3,3	2,5	2,9	3,9	2,8	2,6	2,3	2,2	4,3	4,0	3,8	4,1
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Parámetros	SEMANA 6(10/04/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,1	7,0	7,1	7,1
Turbiedad (N.T.U)	0,65	0,71	0,69	0,73	0,69	0,79	0,65	0,54	0,63	0,71	0,79	0,76
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	85,6	87,1	81,3	89,1	83,0	85,3	89,1	90,1	87,5	84,2	83,1	80,5
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	34,56	32	33,6	32	33,6	34,56	35,2	36,8	35,2	36,8	33,6	35,2
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	18	17,6	17,2	17,6	16,8	18	17,6	17,2	18	17,2	17,6	16,8
Cloro Libre Residual mg/L	0,35	0,65	0,71	0,66	0,57	0,42	0,46	0,50	0,47	0,57	0,45	0,37
Sulfatos mg/L	15	16	19	20	17	19	17	15	19	17	21	19
Nitrito mg/L	0,025	0,029	0,032	0,040	0,027	0,036	0,021	0,029	0,019	0,018	0,021	0,019
Nitratos mg/L	5,8	5,5	6,1	5,3	4,7	5,1	6,1	5,5	4,7	4,9	5,3	4,8
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Parámetros	SEMANA 7(17/04/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
pH	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1
Turbiedad (N.T.U)	1,5	1,51	1,55	1,17	1,4	1,6	1,4	1,42	1,43	1,58	1,3	1,39
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	94,9	98,9	95,9	85,3	80,3	81,7	80,2	83,5	80,9	85,9	79,9	81,4
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	30,4	32	33,6	34,56	35,2	32	33,6	32	34,56	35,2	32,96	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	18	18	17,6	17,2	16,8	18,4	18	17,2	17,6	18	17,2	16,8
Cloro Libre Residual mg/L	0,37	0,39	0,34	0,35	0,32	0,45	0,54	0,51	0,49	0,40	0,37	0,39
Sulfatos mg/L	10	9	9	14	15	8	9	11	14	9	14	12
Nitrito mg/L	0,027	0,016	0,018	0,023	0,016	0,035	0,030	0,027	0,017	0,019	0,021	0,023
Nitratos mg/L	3,4	4,8	5,1	4,8	5,1	5,3	7,0	5,1	4,9	5,0	6,1	5,9
Coliformes Totales NMP/100 ml	8	7	9	8	7	9	8	8	9	8	7	9



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	SEMANA 8(24/04/2017)											
	LEG ABUGA					ORIENTE BAJO						
Parámetros	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Color (U.C)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
pH	7,2	7,2	7,1	7,2	7,1	7,3	7,2	7,2	7,2	7,3	7,2	7,2
Turbiedad (N.T.U)	0,79	0,75	0,80	0,85	0,85	0,86	0,97	0,87	0,83	0,96	0,89	0,98
Conductividad (µS/cm)	81,7	82,7	82,9	85,0	84,9	83,9	86,8	83,5	86,3	87,2	85,9	89,1
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	33,6	33,6	35,2	32	35,2	32	35,2	33,6	35,2	32,96	33,6	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	18,4	18	18	18,4	18	18,4	18	17,6	18	18,4	18	18,8
Cloro Libre Residual mg/L	0,51	0,49	0,47	0,39	0,37	0,43	0,51	0,39	0,51	0,40	0,39	0,41
Sulfatos mg/L	13	14	11	15	13	14	16	13	15	13	11	14
Nitrito mg/L	0,001	0,003	0,001	0,005	0,004	0,001	0,005	0,002	0,003	0,001	0,003	0,001
Nitratos mg/L	3,9	3,3	3,9	3,7	4,1	4,9	5,1	3,9	4,1	5,3	4,7	4,1
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2