

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA



TEMA:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DE LOS SECTORES GENERAL VINTIMILLA Y SEÑOR DE FLORES, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES.”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DE TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

Autores:

Erick Mateo Flores Gomezcoello

CI: 0104919204

Miriam Ximena Machuca Tacuri

CI:0302153879

Director:

Dr. Wilson Giovanni Larriva. Msc.

CI: 0102194248

Asesora:

Dra. María Elena Cazar Ramírez. PhD.

CI:0602243800

Cuenca – Ecuador 2017



RESUMEN

El trabajo de titulación planteado con el título de “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DE LOS SECTORES GENERAL VINTIMILLA Y SEÑOR DE FLORES, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES”, se realizó durante los meses de octubre del 2016 a enero de 2017, en la que se determinaron parámetros tanto físico-químicos (color, conductividad, turbidez, pH, nitritos, nitratos, sulfatos, cloro libre residual, dureza total, alcalinidad), como parámetros microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales). El objetivo principal de este trabajo de titulación fue evaluar la calidad de agua que es distribuida a los hogares, previo tratamiento de la misma en la planta de potabilización. Para determinar la calidad del agua analizada en este trabajo de titulación se comparó los valores obtenidos frente a valores que han sido establecidos por organismos mundiales como la OMS y locales como la Norma INEN 1108:2014. Este estudio es de tipo descriptivo probabilístico de corte transversal, en el que se realizó un muestreo estratificado. La estadística aplicada fue descriptiva, en la que se obtuvieron valores de media y desviación estándar para cada parámetro. Utilizando el programa estadístico Minitab, se realizó un estudio T-student de cada uno de los parámetros de los dos sectores. No se encontró variación estadísticamente significativa entre el sector Señor de Flores y General Vintimilla en los parámetros analizados.

Los parámetros físicos-químicos que contempla este estudio determinaron que el agua, que es potabilizada por la Junta Administradora de Agua de la parroquia Bayas se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma NTE INEN 1108:2014, lo cual indica que la gente beneficiaria de este servicio tiene un agua apta para el consumo humano.

Los análisis microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales, realizadas a las muestras por el método de número más probable, cumplen con la norma vigente en el país; es decir que, no se observó crecimiento de estos microorganismos durante los 2 meses de práctica.

Palabras claves: *Agua, Bayas, INEN, calidad, físico-químicos, microbiológicos.*



ABSTRACT

The thesis presented with the title of "EVALUATION OF THE QUALITY OF WATER TREATED IN THE GENERAL VINTIMILLA AND SEÑOR DE FLORES SECTORS OF THE BAYAS PARISH IN THE AZOQUES CANTON" was made during the months of October 2016 to January 2017, where physicochemical parameters were determined such as Color, conductivity, turbidity, pH, nitrites, nitrates, sulfates, residual free chlorine, total hardness, alkalinity, as well as microbiological parameters (total coliforms and fecal coliforms). The main objective of this work is to evaluate the quality of water that is distributed to the households and the previous treatment in the purification plant. It is important to clarify that the path that travels the vital liquid to reach its final destination, the consumer, passes through a distribution network where alterations can occur that can contribute to changes in the water quality. To determine the quality of the water, it was compared with guidelines validated worldwide by the WHO and local standards such as the INEN Standard 1108: 2014, in which are found the reference values of each analysis performed. This study is a Cross-sectional probabilistic descriptive type, in which a stratified sampling was made and the applied statistics were descriptive. Using a statistical program called Minitab, a T-student study of each of the parameters of the two sectors was made. There was no statistically significant variation between Señor de Flores and General Vintimilla sectors in the analyzed parameters.

The physical-chemical parameters presented in this study determined that the water that is purified by the Water Management Board of the Bayas parish is within the ranges allowed by the norm NTE INEN 1108, which indicates that the beneficiary of this service has suitable water for human consumption.

Microbiological analyzes: total coliforms and fecal coliforms, performed to the samples by the most probable number method, satisfy with the current norm in the country; so no growth of these microorganisms was observed during the two months of practice.

Key words: Water, Berries, INEN, quality, physical-chemical, microbiological



ÍNDICE GENERAL

Contenido

ABREVIATURAS	16
INTRODUCCIÓN	17
Objetivo General:	17
Objetivos específicos:	17
MARCO TEÓRICO	18
1. GENERALIDADES	18
1.1 El agua como elemento vital.....	18
1.1.1 <i>Agua Cruda</i>	18
1.1.2 <i>Agua Potable</i>	18
1.2 Características del agua para consumo humano.....	19
1.2.1 <i>Características físicas</i>	19
1.2.2 <i>Características químicas</i>	22
1.2.3 <i>Requisitos microbiológicos</i>	28
1.3 Calidad de agua.....	29
1.3.1 <i>Sistema de Distribución del Agua</i>	30
1.4 Potabilización del agua en la parroquia Bayas	30
1.4.1 <i>Captación del agua cruda</i>	30
1.4.2 <i>Coagulación</i>	30
1.4.3 <i>Floculación</i>	31
1.4.4 <i>Sedimentación</i>	31
1.4.5 <i>Filtración</i>	31
1.4.6 <i>Desinfección</i>	31
1.4.7 <i>Almacenamiento y sistema de Distribución</i>	32
2. METODOLOGÍA Y MATERIALES.	34
2.1 Tipo de investigación.	34
2.2 Área de estudio	34
2.3 Cálculo de la muestra.....	34
2.4 Muestreo.....	35
2.5 Materiales, reactivos y equipos de laboratorio.	36
2.6 Análisis físico- químico	37
2.6.1 <i>Determinación del color por el método estándar Apha de platino-cobalto</i> 38	38
2.6.2 <i>Determinación de la turbidez</i>	38
2.6.3 <i>Determinación de Conductividad</i>	39



2.6.4	<i>Determinación del pH</i>	39
2.6.5	<i>Determinación de la alcalinidad por el método de titulación</i>	40
2.6.6	<i>Determinación de Dureza Total</i>	42
2.6.7	<i>Determinación de sulfatos</i>	43
2.6.8	<i>Determinación de nitratos por el método de reducción de cadmio</i>	43
2.6.9	<i>Determinación de nitritos por el método de diazotización</i>	44
2.6.10	<i>Determinación de cloro libre residual por el método DPD</i>	44
2.7	Análisis microbiológico	45
2.7.1	<i>Determinación de coliformes totales y fecales</i>	45
2.8	Análisis estadístico	47
3	RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
3.1	Resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los sectores Señor de Flores y General Vintimilla	48
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
3.1	Conclusiones	51
3.2	Recomendaciones	51
4.	BIBLIOGRAFÍA	52



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de agua de acuerdo a su dureza.	24
Tabla 2. Material de Laboratorio utilizado de acuerdo a los parámetros analizados.	36
Tabla 3. Compuestos que interfieren en la determinación de sulfatos.....	43
Tabla 4. Parámetros físico-químicos y microbiológicos de los sectores General	48



ÍNDICE DE GRAFICOS

Figura 1. Sistema de potabilización y distribución de la Junta Administradora de Agua Potable de Bayas.	33
Figura 2. Determinación de alcalinidad	41
<i>Figura 3. Determinación de dureza total.</i>	42
Figura 4. Determinación de coliformes totales y fecales.	46

**ANEXOS**

ANEXO A. NTE INEN 1108:2014	56
ANEXO B.Preparación de reactivos para Dureza total.....	60
ANEXO C.Preparación de reactivos para la Alcalinidad.	61
ANEXO D. Ficha técnica del caldo LST.....	62
ANEXO E. Ficha técnica del caldo BGBL.....	64
ANEXO F. Ficha técnica del caldo SIM.....	67
ANEXO G. Tabla de interpretación de resultados para NMP para 5 tubos.....	70
ANEXO H. Tablas de resultados: Color.....	71
ANEXO I.Tablas de resultados pH.	72
ANEXO J.Tablas de resultados Turbidez.	72
ANEXO K. Tablas de resultados Conductividad.....	74
ANEXO L. Tablas de resultados Dureza Total.	75
ANEXO M. Tablas de resultados Alcalinidad Total.....	76
ANEXO N. Tablas de resultados Cloro Libre Residual.....	77
ANEXO O. Tablas de resultados Sulfatos.	78
ANEXO P. Tablas de resultados Nitritos.	79
ANEXO Q. Tablas de resultados Nitratos.....	80
ANEXO R. Tablas de resultados microbiológicos.....	81
ANEXO S PRUEBA T STUDENT	83
ANEXO T. FOTOS.....	86



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Erick Mateo Flores Gomezcoello, autor del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DE LOS SECTORES GENERAL VINTIMILLA Y SEÑOR DE FLORES, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este un requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicara afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 21 de Marzo del 2017



Erick Mateo Flores Gomezcoello
CI: 0104919204



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo Erick Mateo Flores Gomezcoello, autor del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DE LOS SECTORES GENERAL VINTIMILLA Y SEÑOR DE FLORES, 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/a.

Cuenca, 21 de Marzo del 2017

Erick Mateo Flores Gomezcoello

CI: 0104919204



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Miriam Ximena Machuca Tacuri, autora del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DE LOS SECTORES GENERAL VINTIMILLA Y SEÑOR DE FLORES, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este un requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicara afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 21 de Marzo del 2017

Miriam Ximena Machuca Tacuri

CI: 0302153879



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo Miriam Ximena Machuca Tacuri, autora del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA DE LOS SECTORES GENERAL VINTIMILLA Y SEÑOR DE FLORES, 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/a.

Cuenca, 21 de Marzo del 2017

Miriam Ximena Machuca Tacuri

Ci: 0302153879



DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la bendición de cada día.

Para mi esposa Johanna amiga y compañera de toda la vida.

Para mi hijo Joaquín motivo suficiente en la lucha por ser mejor.

Para mis padres y hermano, de quienes aprendí modos concretos de ser feliz.

Mateo.



DEDICATORIA

A mi Dios, por darme la vida y sabiduría en cada momento de mi vida.

A mis padres, Diego y María por enseñarme a luchar con perseverancia por mis sueños, por ser mi compañía y fuerza a lo largo de mi vida.

A mis hermanos por ser la motivación más grande de mi vida para seguir adelante, alcanzando meta tras meta.

A mis sobrinos Christopher (+) y María Paz, que cada día aportan felicidad en mi vida.

Ximena.



AGRADECIMIENTO

Al Señor todo poderoso, el único, el alfa y omega el principio y el fin; es de El quien mana la vida y es por El que todo es posible.

Al Dr. Geovanni Larriva Msc, por su apoyo incondicional y su don de ayuda al representarnos como director de este trabajo de titulación.

A la Dra. María Elena Cazar PHD, quien acepto llevar la asesoría de este trabajo, brindándonos una mano amiga y desinteresada en temas específicos y concretos facilitando la realización de la tesis.

A Ing. Edgar Gallegas quien siempre estuvo abierto a colaborarnos con un gran corazón en este trayecto y en general agradecer a la Junta de Agua Potable de Bayas y a quienes la conforman por ser parte de este gran logro en nuestras vidas.



ABREVIATURAS

µmho: micromhos.

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.

NeT: Negro de eriocromo.

N.M.P: Número más probable.

NTE: 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.

pH: Potencial hidrógeno.

SIM: Sulfuro-Indol-Motilidad

T.D.S: Sólidos Totales Disueltos.

UC: Unidades de color.

INTRODUCCIÓN

El agua es conocido como líquido vital, porque tiene un impacto en todos los aspectos de la vida, ya que forma parte de todos los procesos naturales de la tierra. El agua ha sido considerada un eje primordial del desarrollo de la sociedad a lo largo del tiempo, ya que todos los organismos dependen del mismo. Es por eso, que la calidad del agua y su abastecimiento es de suma importancia para la población que es beneficiaria de este servicio. Según datos de la OMS, el 91% de la población mundial utiliza una fuente de agua potable mejorada, un aumento frente al 76% de 1990; es decir 6600 millones de personas en el mundo tiene acceso a un agua de calidad, por lo contrario 663 millones de personas no tienen agua, que cumpla con los criterios de calidad, o su acceso es muy limitado. La disparidad se da entre zonas urbanas y rurales, en donde el 96% de la población mundial urbana utiliza fuentes de agua potable mejoradas, frente al 84% de la población rural.(OMS, 2015)

Por lo tanto, la calidad de agua para consumo estará directamente relacionado con las condiciones de la salud de las poblaciones, si el agua cumple con los parámetros de calidad, ayudarán a prevenir la transmisión de agentes que causan enfermedades, por ejemplo: hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos.

Según los datos proporcionados por el Centro de Salud de la parroquia Bayas las parasitosis intestinales se encuentran dentro de las primeras diez causas de morbilidad. Los habitantes de la Parroquia Bayas han manifestado que en ciertas ocasiones han observado cambios en las características organolépticas del agua potable consumida. Por lo tanto, evaluar la calidad del agua mediante análisis físicos químicos y microbiológicos es importante, ya que esta, es distribuida como servicio básico para el consumo de los habitantes, y con ello prevenir enfermedades, gastrointestinales principalmente, y así como, los usuarios de este servicio se encuentren conformes.

Objetivo General:

- Evaluar la calidad de agua tratada que es utilizada para el consumo humano de los sectores, General Vintimilla y Señor de Flores, ubicado en la parroquia Bayas del Cantón Azogues basado en un sistema de tratamiento que da la Junta de agua de dicho cantón.

Objetivos específicos:

- Comparar el agua tratada de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores e interpretar las características físico-químicas y microbiológicas del agua, a la luz de la información obtenida por los resultados de los análisis realizados.



MARCO TEÓRICO

GENERALIDADES

1.1 El agua como elemento vital

El agua es el compuesto químico más abundante e importante del planeta. Este elemento está formado por dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxígeno y la forma en la que están arreglados estos elementos forman un dipolo que le da una serie de características únicas (Orellana, 2009).

El agua ocupa las tres cuartas partes de la superficie terrestre, pero sólo un poco más del 2% es agua dulce y en su mayor parte se encuentra en los polos, en estado de hielo, o en depósitos subterráneos muy profundos. Menos del 1% del agua dulce que está en la superficie del planeta el hombre puede usar de forma económicamente viable y sin generar grandes impactos negativos en el ambiente. El agua constituye un insumo indispensable para la vida humana pero extremadamente escaso. El agua que se encuentra en la naturaleza debe ser sometida a un proceso de potabilización o saneamiento para que pueda ser consumida por los seres humanos, es decir debe estar exenta de microorganismos y parásitos, así como de sustancias químicas y radiológicas, ya que constituye un riesgo para la salud de los consumidores (OMS, 2015; ONU/OMS & ONU-HABITAT, 2011).

1.1.1 Agua Cruda

Se denomina así, al agua que se encuentra en la naturaleza, es decir que no ha sido sometida a un tratamiento para modificar sus características físico-químicas y microbiológicas. Sus fuentes de abastecimiento son superficiales o subterráneas, como los ríos, quebradas, lagos; esta agua entra en contacto con el suelo disolviendo así sustancias minerales y orgánicas, además que pueden sufrir de procesos biológicos en el medio acuático, de ahí que pueden alterar la composición física y química del agua. Esta agua se recicla constantemente como consecuencia de la evaporación producida por la energía solar, y las lluvias. Generalmente el agua que es utilizada por el hombre es tomada de los ríos y el caudal de los ríos depende del ciclo anual de las estaciones (Carr & Neary, 2008; OMS, 2014).

1.1.2 Agua Potable

Según varias guías como la OMS, Organización Panamericana de Salud; el agua potable es aquella, que al ser consumida durante las diferentes etapas de vida de una persona no ocasionaría ningún riesgo significativo de salud, ya que ésta ha sido sujeta a un debido tratamiento denominado potabilización, en el que el agua cruda es sometida a varios procesos hasta cumplir con los requisitos físico-químicos, microbiológicos, y

radiológicos dispuestos en las respectivas normas de cada país (Water & Organization, 2006).

1.2 Características del agua para consumo humano

1.2.1 Características físicas

Son llamadas así porque impresionan los sentidos del ser humano, es decir son perceptibles para la vista, el olfato y el gusto. Estos parámetros inciden directamente sobre las condiciones de estética y aceptabilidad del agua. Dentro de estas características físicas, las que más relevancia tienen sobre la aceptación del agua por parte del consumidor, se encuentra el color, turbidez, olor, sabor, además dentro de las características físicas encontramos dos parámetros que son importantes, pero que por medio de los sentidos del ser humano muy difícilmente se pueden percibir estos son la conductividad y los sólidos totales disueltos (Carrión Moreno, 2006; INEN, 2014b).

1.2.1.1 Color

La existencia de una coloración en el agua puede ser el resultado de la presencia de iones metálicos naturales como pueden ser iones de hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión, además, la coloración se puede deber a humus, fitoplancton, microalgas, materias de origen vegetal y desechos industriales. En las aguas superficiales el material colorante está formado por compuestos humus y de ácido tánico, los cuales originan el color amarillento característico que presentan dichas aguas. En el agua se puede determinar el color aparente y el color real. El color aparente se determina en su estado original sin haber atravesado ningún proceso de purificación tal como es la filtración o sedimentación mediante algún método mecánico, como lo es la centrifugación que es empleado para eliminar la turbidez. El color real se realiza en el agua que previamente se ha sometido a filtración o centrifugación, es por esto que dentro de proceso de purificación y potabilización. El agua es sometida a diferentes filtros y a la etapa de coagulación que son las responsables de disminuir el color con el que el agua ingresa a la planta para ser purificada, posteriormente entra en proceso de cloración en donde se da la etapa de desinfección. El color es eliminado del agua para que pueda ser utilizada y se agradable a la vista del consumidor. Según la NTE INEN 1108 el valor máximo de color permitido es de 15 unidades de color aparente(UC)(INEN, 2014b; Sena, 2000).

1.2.1.2 Olor

Esta característica física del agua es más una apreciación que una medida en sí mismo, por lo que se reconoce que su valoración es subjetiva, es decir depende del criterio de la persona que la consuma; el olor del agua puede ser debido a la presencia de cloro en

altas cantidades, fenoles, ácido sulfhídrico o entre otros compuestos que formen parte del líquido (Sena, 2000).

El olor ocasionalmente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, además este parámetro puede alertar de la existencia de una elevada actividad biológica; es por esto que en el caso de aguas tratadas o potables como son conocidas popularmente, no debe existir olor alguno (Rodier; 2004)

1.2.1.3 Sabor

Al igual que la característica del olor, su apreciación va a variar dependiendo del gusto de la persona, por lo general el olor y el sabor son prácticamente indistinguibles en el agua potabilizada, por tal motivo según la norma NTE INEN 1108:2014 establece su valor como no objetable (INEN, 2014a; Ramos Olmos, Marqués, & Moreto, 2003)

1.2.1.4 Turbidez

También conocida como turbiedad, es originada por la presencia de partículas en suspensión o coloides en el agua, la existencia de estos materiales suspendidos es indicativo de calidad en el agua. La contaminación puede deberse a la presencia de microorganismos o de sustancias de carácter inorgánico que se encuentran finamente divididas de materiales como: arena, fango, arcilla que entran en contacto con el agua o de materiales orgánicos (Sena, 2000).

La turbidez es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia de materiales suspendidos coloidales y/o particulados. Los consumidores tienden a rechazar el agua que a la vista no es del todo nítida. Esta presencia de partículas suspendidas no genera un beneficio en el tratamiento de las aguas, ya que esta reduce la acción del cloro que cumple el papel de desinfectante dentro de la etapa de la potabilización, en donde los microorganismos se protegen por la presencia de estas partículas. Lo que implica aplicar mayor cantidad de cloro y el posible crecimiento microbiano. La turbiedad se si esta dispersión es extensa lo más recomendable es aplicar la técnica de la turbidimetría, por lo contrario si la dispersión del haz de luz es mínimo nos ayudará de mejor manera la nefelometría (Carrión Moreno, 2006).

Los organismos internacionales establecen que las aguas superficiales de abastecimiento deben tener no más de una Unidad Nefelométrica de Turbiedad según la NTE INEN 1108:2014 el valor máximo de turbiedad permitido es de 5 NTU (INEN, 2014b; OMS, 2001)

1.2.1.5 Conductividad

La conductividad eléctrica representa la capacidad que tiene una solución para transmitir una corriente eléctrica, además esta propiedad del agua constituye una

estimación rápida de los sólidos disueltos en el líquido vital. Su valor analítico depende sobre todo de tipo de iones involucrados en su estructura química, concentraciones, estado de oxidación de los mismos, así como la concentración relativa de cada uno y la temperatura como un factor preponderante. Lo que frecuentemente se mide en el laboratorio no es la conductividad sino la resistencia al paso de la corriente en ohmios $\mu\text{mho/cm}$ a 25°C , lo cual se realiza mediante un equipo conocido con el nombre de conductímetro (Jiménez, 2001; Sena, 2000)

1.2.1.6 Sólidos

De manera muy global se puede denominar sólidos a todos aquellos elementos o compuestos existentes en el agua que no son líquidos ni gases. Correspondería a la materia suspendida y/o disuelta presente en el agua, después de someterse la misma a un proceso de evaporación este residuo que se obtiene es el que se conoce como sólidos totales (Sena, 2000).

Atendiendo a esta definición se pueden clasificar en dos grupos: disueltos y en suspensión. A su vez en cada una de estas clasificaciones se pueden subclasificar en sólidos volátiles y los no volátiles (Ramos Olmos et al., 2003).

- *Sólidos en suspensión*

El término que referencia a los sólidos en suspensión es descriptivo de la materia orgánica e inorgánica particulada existente en el agua esta puede ser aceites, grasas, arcillas, arenas, fangos, etc. Esta presencia de partículas sólidos en suspensión participa directamente en el desarrollo de la turbidez y el color del agua, mientras que la de sólidos que se encuentran disueltos en el agua, estos van a determinar la salinidad del medio, lo que relaciona directamente con la conductividad del mismo. (Pascual Anderson & Calderon, 2015).

- *Sólidos disueltos*

La valoración de sólidos totales disueltos que se conocen con las siglas "TDS". Es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, lo cual proporciona una idea general de la calidad química que posee el agua. La definición analítica de los TDS confiere que es el residuo filtrable total y se lo expresa en mg/L . Según estudios realizados los principales aniones inorgánicos que se encuentran disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos y los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio (Carrión Moreno, 2006).

1.2.1.7 Temperatura

Este factor juega un papel de suma importancia ya que modifican sobre todo las propiedades físicas; lo cual afecta la velocidad con las que se dan las reacciones



químicas y la solubilidad de los gases, además hace que las características organolépticas sean más perceptibles para el consumidor. La temperatura se determina mediante un termómetro y se expresa en grados centígrados (Carrión Moreno, 2006).

1.2.2 Características químicas

En la naturaleza se encuentra en combinación con diferentes compuestos de origen químico que a su vez encuentran disueltos en este medio, los cuales modifican las propiedades del mismo (S. d. Salud, 1994).

Según Gómez (2009), las características químicas que con mayor frecuencia se determinan en el laboratorio para el control de la calidad del agua son:

- pH
- Alcalinidad
- Dureza
- Nitritos
- Nitratos
- Cloro libre residual
- Sulfatos

1.2.2.1 pH

Se define como el logaritmo inverso de la concentración de protones:

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

Es una propiedad básica y su importancia radica en que las variaciones de pH afectan a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH, ya sean estos básicos u ácidos pueden originar la muerte de peces, alteraciones en la flora y fauna. El valor del pH que se acepta como compatible con la vida se encuentra comprendido entre 5.5 y 8.5; sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2, fuera de estos límites no es posible la vida de estas especies. La alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH por encima de un valor de 7 que se entiende como valor neutro, por lo contrario, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso del pH. La capacidad de taponamiento del agua es controlada tanto como por la acidez y la alcalinidad, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH que son producidas por la adición de ácidos o bases. (Carrión Moreno, 2006)

El potenciómetro es el equipo con el cual se mide el pH en una muestra de agua. El pH va depender mucho de la temperatura al instante de la medición, la actual norma NTE

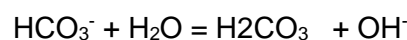
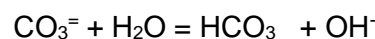
INEN 1108:2014 no establece un valor de referencia para el pH; pero se considera que para agua purificada no carbonatada el pH esta entre 6.5 a 8.5. Aunque el pH no ejerce por lo general un efecto directo en los consumidores, es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua al que se debe prestar gran atención en todas las fases del tratamiento a fin de que el agua se clarifique y desinfecte satisfactoriamente(Aguilar Zamora, 2012).

1.2.2.2 *Alcalinidad total*

La capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos se conoce con el nombre de alcalinidad, la cual constituye la suma de todas las bases titulables presentes en el agua. La alcalinidad que tiene el agua se debe básicamente a la cantidad de aniones bicarbonatos (H_2CO_3), carbonatos (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-) que se encuentran presentes en el medio; en la naturaleza el agua entra en contacto con una serie de rocas de diferentes tipos, entre las cuales están las rocas calizas, estas son las que aportan aniones al agua, ya sean bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, por lo general acompañados de diferentes cationes que le confieren diferentes características al agua los más comunes son de calcio, sodio, magnesio, hierro, etc. (Carrión Moreno, 2006)

La alcalinidad lleva íntima relación con el pH. Si el agua presenta un pH entre los valores de 4,3 a 8,3, se encontrará presencia de iones bicarbonato y carbonatos, a un valor mayor 8,3 se encuentra los hidróxidos y valores de pH inferiores de 4,3 se considera que no hay alcalinidad. La alcalinidad se expresa como miligramos por litros de carbonato de calcio. La determinación de la alcalinidad ayuda a controlar la formación de incrustaciones y la corrosión de los sistemas de abastecimiento(Aguilar Zamora, 2012).

En la parte practica la determinación de la alcalinidad de determina en dos etapas mediante titulación en presencia de indicadores y un ácido fuerte previamente valorado para neutralizar.



- *Alcalinidad total*

Es la cantidad de ácido valorado necesario para que se dé el viraje del naranja de metilo (de amarillo a naranja) a un pH de 4,3, esta se le atribuye a la presencia de iones bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. (Carrión Moreno, 2006; Mora & Cedeño, 2006)

- *Alcalinidad parcial*

Es la cantidad de ácido valorado necesario para que se dé el viraje de la fenolftaleína (de rosado fucsia a incoloro) a un pH de 8,3, esta se le atribuye a la presencia de iones hidróxidos más la mitad de iones carbonatos (Mora & Cedeño, 2006).

1.2.2.3 *Dureza total*

Es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable para algunos procesos, como son el lavado doméstico e industrial, las aguas duras provocan que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles; además alteran las características organolépticas y le transfieren un sabor indeseable al agua potable. Al igual que la alcalinidad la dureza se expresa en miligramos por litro de carbonato de calcio. (Mora & Cedeño, 2006; Orellana, 2009).

La dureza tiene diferentes clasificaciones dentro de su campo considerando como puntos claves diferentes aspectos, así puede clasificarse el agua en términos de dureza en:

Tabla 1. Tipos de agua de acuerdo a su dureza.

Tipo de agua de acuerdo a su dureza	Rango de estimación (mg/L CaCO ₃)
Muy suave	0 - 15 mg/L
Suave o blanda	15 - 75 mg/L
Moderadamente dura	76 - 150 mg/L
Dura	150 - 300 mg/L
Muy dura	>300 mg/L

(N. INEN, 2016)

La dureza según su contenido de carbonatos, bicarbonatos de calcio y magnesio se clasifica en:

- *Dureza Carbonácea*

También conocida con el nombre de dureza temporal, es cuando hay presencia iones de carbonatos y bicarbonatos de calcio magnesio e hidróxidos, esta desaparece cuando hay una precipitación por ebullición prolongada, esto se presencia al hervir el agua. (Gomez Garcia, 2009).

- *Dureza no Carbonácea*

También conocida como dureza permanente, este tipo de dureza no se elimina al hervir el agua, esto se debe porque no se relaciona químicamente con iones carbonatos ni bicarbonatos y más bien encontramos principalmente sales de sulfato de calcio y

magnesio, además cloruros, nitratos acompañados de cationes como el manganeso y hierro. (Gomez Garcia, 2009).

- *Dureza total*

No es más que la dureza carbonácea más la dureza no carbonácea, en donde hay la presencia de iones de calcio y magnesio (Gomez Garcia, 2009).

1.2.2.4 Sulfatos

Se distribuyen ampliamente en la naturaleza, por lo cual es casi común que todas las aguas naturales contengan sulfatos. La presencia de sulfatos en aguas está relacionada directamente con los elementos alcalinos y alcalinotérreos, que pueden presentarse en aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de mg/L. Concentraciones de sulfato mayores a 480mg/L en el agua hacen de esta inadecuada para el uso agrícola. Las aguas derivadas de minas y de aquellos efluentes de origen industrial (curtiembres, plantas electrolíticas, industrias textiles) contienen grandes cantidades de sulfatos, esto se debe al uso de ácido sulfúrico (H_2SO_4) o sus derivados y de la oxidación de la pirita mineral que se encuentra con facilidad en cuevas y minas. Los sulfatos en el agua potable alteran las características organolépticas, ocasionando un sabor perceptible, según el tipo de catión al que se encuentran asociado; por ejemplo, el sulfato de magnesio ($MgSO_4$) otorga al agua efecto laxante y sabor amargo al paladar; se ha comprobado que los umbrales de sabor oscilan entre 250 mg/L, lo cual también recomienda la OMS, que aguas de mesa o destinadas al consumo humano no excedan el valor antes mencionado (Aguilar Zamora, 2012; Jouravlev, 2004; Mauri, Llobat, & Herráez, 2010).

1.2.2.5 Compuestos nitrogenados

Las formas inorgánicas nitrogenadas incluyen nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amoníaco (NH_3) y nitrógeno molecular (N_2). Estos compuestos son importantes, ya que ayudan en procesos vitales de plantas y animales; en el área del tratamiento de aguas su determinación es indicador químico de contaminación fecal. El amoníaco (NH_3) es un gas incoloro, con un olor picante característico, además es altamente soluble en agua; al disolverse en este medio forma iones amonio (NH_4^+), la cuantificación de ambas especies (iones amonio, iones amoniaco) determina el amonio total. Los nitritos y nitratos se consideran en forma conjunta debido a que la conversión de una forma a otra se produce en el ambiente. Los nitratos son subproductos de la oxidación del nitrógeno orgánico por las bacterias presentes en los suelos y en el agua, cuando la demanda de oxígeno es suficiente, en cambio los nitritos se forman por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno orgánico. (Jouravlev, 2004).

1.2.2.6 Nitratos

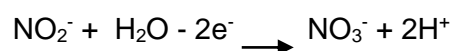
Los nitratos (NO_3^-) son perjudiciales sobre toda para la salud, sus efectos son consecuencia de la rápida transformación que se da de nitrito a nitrato dentro del organismo humano. Estos nitratos se los encuentra ampliamente distribuidos en el suelo en grandes cantidades, al igual se encuentran en la mayoría de aguas y plantas donde se incluyen las verduras. (Galvín, 2003). Los nitratos son considerados como marcadores de contaminación fecal a largo plazo por tratarse del estado más oxidado del amonio. Para la OMS la defecación al aire libre sigue siendo un importante problema mundial, aunque algunos países y regiones han progresado notablemente, la cifra de defecación al aire libre ha disminuido de 1300 millones en el año 1990 ha 946 millones para el 2015; al ritmo de reducción actual, la práctica de la defecación al aire libre no se eliminará entre las poblaciones más pobres de las zonas rurales hasta el 2030; también el uso de nitratos como abono en el sector agrícola, ha contribuido notablemente en el incremento de su concentración en aguas (Gomez Garcia, 2009).

Los efectos tóxicos de los nitratos en el ser humano están relacionados con problemas de la sangre donde produce metahemoglobinemia evidenciándose mediante la cianosis característica, esto se debe al consumo de alimentos o agua potable que presentan el ión nitrato, además la formación de nitrosamidas conocidos por sus efectos cancerígenos. Según norma NTE INEN 1108 el valor de nitratos admitido en el agua potable para consumo humano es de 50 mg/L (INEN 995,2013).

1.2.2.7 Nitritos

Los nitritos (NO_2^-), también se encuentra presentes en el agua, pero por lo general, a niveles muy bajos o casi nulos. Según la NTE INEN 1108:2014 el valor máximo de nitritos permitido es de 3,0 mg/L (INEN 1108;2014).

La presencia de nitritos indica procesos biológicos activos en el agua, es decir nos alerta de contaminación fecal a medio o corto plazo, aunque también nos advierte de contaminación frecuente esto porque el ión nitrito (NO_2^-) es menos estable que el ion nitrato (NO_3^-).



Los nitritos se oxidan fácil y rápidamente a nitratos, por lo tanto, constituyen un paso intermedio en el proceso de oxidación y su contenido puede ser muy variable y no muestra buena correlación con el grado o la antigüedad de la contaminación fecal. (OMS, 2001).

1.2.2.8 Cloro libre residual

El cloro como elemental es un gas amarillo-verdoso altamente soluble en el agua. Este elemento rápidamente se hidroliza en ácido hipocloroso (HClO) y ácido clorhídrico (HCl); el primero es un ácido débil que se disocia parcialmente en H^+ y ClO^- , en cambio el ácido clorhídrico se disocia rápidamente a H^+ y Cl^- . La manera de aplicación del cloro en el agua va depender especialmente del equipo que se presente en la planta de tratamiento, así el cloro se puede aplicar como gas o como solución, ya sea solo o en la forma de hipocloritos. El cloro como desinfectante ofrece algunas ventajas, actúa como bactericida, es de fácil monitoreo en tratamientos de aguas, su costo es asequible, a dosis adecuadas es inocuo para el ser humano (Fernández-Crehuet Navajas, Moreno Abril, & Pérez López, 2001).

En la potabilización, la etapa de la desinfección del agua para el consumo humano, por lo general se realiza mediante la cloración. Este es el proceso más difundido en este campo, aparte de utilizarse en cloro para la desinfección del agua, es de mucha utilidad para mejorar coloración de esta; en donde la dosis de cloro se determina mediante un ensayo de laboratorio que se conoce con el nombre demanda de cloro (Sena, 2000).

Según Crehuet Navajas (2001), la eficiencia de la etapa de cloración depende de varios factores entre ellos:

- La cantidad de cloro que es adicionada al agua para su desinfección.
- El tiempo de contacto del cloro en presencia del agua.
- La temperatura a la que se encuentra el agua a la hora de la dosificación.
- La calidad del agua.
- El pH del agua.

El cloro libre residual en otras palabras es el cloro que permanece en el agua después de un tratamiento por un tiempo de contacto, es importante apreciar que su determinación se debe realizar un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos, según la NTE INEN 1108:2014 el valor referencia se encuentra entre 0.3 – 1.5 mg/L después de 30 minutos (INEN, 2014b)

La valoración del cloro libre residual radica en que permite:

- Determinar la cantidad adecuada requerida para la desinfección del agua.
- Definir la toxicidad que tiene el cloro sobre los organismos acuáticos al entrar en contacto con el agua dulce.
- El efecto residual como su nombre mismo lo dice que le permite al agua prevenir contaminaciones posteriores, esto sobre todo para el agua que llega por tuberías

al consumidor. (Cajamarca Berzuela & Contreras Alvarez, 2011; Carrión Moreno, 2006).

1.2.3 *Requisitos microbiológicos*

Por largo tiempo, la contaminación del agua con excretas humanas o animales ha sido fuente de patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos, los cuales han originado las llamadas enfermedades entéricas. Las enfermedades más frecuentes de este tipo son: la fiebre tifoidea, cólera, disentería, polio y hepatitis infecciosa (OMS, 2006; Silva, Ramírez, Alfieri, Rivas, & Sánchez, 2004).

1.2.3.1 *Indicadores microbiológicos*

En el agua existe una gran variedad de microorganismos, cuya determinación y concentración proporciona una herramienta para conocer la calidad del agua. Sin embargo, la determinación de todos estos microorganismos patógenos consecuencia de una contaminación, implica elevados costos, tiempo y laboratorios especializados. Sin embargo, para que este proceso sea fácil, rápido y económico, se ha planteado trabajar con determinados grupos indicadores, estos tienen un comportamiento similar a los patógenos, concentración y actúan igual frente a factores ambientales. En el agua se busca conocer un microorganismo indicador de contaminación fecal, siendo el grupo de bacterias Coliformes, ya que estas forman parte de la flora intestinal en individuos sanos. (Pulido, de Navia, Torres, & Prieto, 2005; Silva et al., 2004).

1.2.3.2 *Coliformes totales*

Estas bacterias se encuentran en grandes cantidades en el tracto gastrointestinal del hombre como de los animales de sangre caliente, en el agua permanecen más tiempo que las bacterias patógenas.

Las bacterias coliformes, son bacilos Gram-negativos, aerobios o anaerobios facultativos, son fermentadores de la lactosa produciendo gas al ser incubados durante 48 horas a 35°C. *Escherichai*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, y *Citrobacter* son los géneros que componen este grupo de coliformes totales. Sin embargo, cuatro de estos géneros (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Citrobacter*) se encuentran en grandes cantidades en vegetación, suelo y fuentes de agua, por lo que su presencia en el agua no indicaría necesariamente contaminación fecal, además estos no representan un riesgo evidente para la salud de los seres humanos. En agua potable no debe existir la presencia de coliformes totales, sin embargo, su presencia en esta agua nos da alerta de que tuvo un tratamiento inadecuado o se produjo contaminación posterior, ya sea en

las redes de distribución o en las fuentes domiciliarias de los consumidores (Apella & Araujo, 2005; Marchand Pajares, 2002).

1.2.3.3 *Coliformes Fecales*

Los coliformes fecales o también llamados termotolerantes ya que tienen la capacidad de soportar temperaturas superiores siendo esta lo que los diferencia de los coliformes totales. Este grupo de microorganismos son capaces de fermentar la lactosa a 44°C-45°C, comprenden el género *Escherichia* y en menor grados especies de *Klebsiella*, *Citrobacter* y *Enterobacter*. Este grupo de bacterias son capaces de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos, en condiciones apropiadas de materia orgánica, pH, humedad etc. Son capaces de causar: enfermedad diarreica aguda, infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior o inferior, así como bacteremia, infecciones de tejidos blandos y piel (Silva et al., 2004).

Escherichia coli es un bacilo aerobio Gram negativo no esporulado, se encuentra en la flora intestinal como comensal del hombre y en otros animales de sangre caliente, su tamaño varía entre 0,5 a 2µm. Si se encuentra en un ambiente extraentérico presenta un tiempo de vida corto, por lo que su presencia en agua o alimentos indica contaminación reciente. Algunas cepas son patógenas y provocan enfermedades diarreicas como: *E. coli* enteropatogénica, *E. coli* enterotoxigénica, *E. coli* enteroinvasiva y *E. coli* enterohemorrágica (Marchand Pajares, 2002; Silva et al., 2004).

1.3 Calidad de agua

Este término hace referencia a las condiciones en las que se encuentra el agua respecto a sus características físicas, químicas y biológicas, ya sea en su estado natural o luego de ser alteradas por el uso del ser humano. Sin embargo, el concepto de calidad de agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, por lo tanto, debe estar exenta de sustancias y microorganismos que son peligrosos para el consumidor; así como de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables en su consumo, como son el olor, el color, el sabor o turbiedad. Una vez captada el agua, se debe disponer de un completo sistema de abastecimiento, en el que las instalaciones de tratamiento jugaran un papel importante, el cual será sometido a una serie de controles, vigilancia y análisis (OMS, 2014).

Entre los factores que determinan la calidad del agua se encuentran:

- Factores físicos: color, turbidez, temperatura, sólidos en suspensión; estos pueden modificar la calidad del agua cambiando su aspecto, pero no llegan a ser tóxicos.

- Factores químicos: la presencia de agua con: nitritos, nitratos, plaguicidas, metales pesados, siendo sustancias tóxicas para el ser humano.
- Factores microbiológicos: el agua debe estar exenta de organismos patógenos, presenta un alto contenido de oxígeno, así como la temperatura no debe ser superior a 5°C de la temperatura ambiente (Ambiente, 2000; Water & Organization, 2006)

1.3.1 Sistema de Distribución del Agua

Este sistema tiene como objetivo suministrar agua a sus consumidores, dentro de los siguientes criterios: cantidad (suficiente para las necesidades básicas), calidad (su consumo no debe afectar a la salud de la comunidad), continuidad, cobertura (todos los hogares deben tener acceso al sistema), y costo (Sena, 2000).

Cuando entra el agua potable en el sistema de distribución puede contener amebas libres y cepas naturales de varias especies heterótrofas de hongos y bacterias (*Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*). En condiciones favorables, estas especies pueden llegar a colonizar el sistema de distribución y formar biopelículas (biofilms). Sin embargo, no se ha demostrado que su presencia cause efectos adversos en la salud de la población. Además, el sistema de distribución está propenso a sufrir contaminación por: conexiones cruzadas, grietas o agujeros en la red de distribución, conexiones domiciliarias defectuosas, grifos dañados, reparación o instalación de tuberías sin las mínimas medidas de seguridad. Para asegurar que, una buena calidad del agua en el sistema de distribución sea constante, es necesario que exista un adecuado diseño y buen funcionamiento del sistema, así como los procedimientos de mantenimiento y vigilancia sean los adecuados para impedir la contaminación y evitar la acumulación de residuos en el sistema (OMS, 2006; Pulido et al., 2005).

1.4 Potabilización del agua en la parroquia Bayas

1.4.1 Captación del agua cruda

La captación del agua cruda para la planta potabilizadora de agua de la parroquia Bayas se realiza de las cuencas hidrográficas de Mahuarcay, Santa Ana, Chagrarcazhca, los cuales llegan a esta planta mediante cuatro tuberías, cuyo caudal es regulado por válvulas manuales (Fernandez. & Carangui., 2016).

1.4.2 Coagulación

Este proceso se lleva a cabo mediante una sustancia coagulante (Sulfato de Aluminio 2%), que tiene el propósito de producir desestabilización y aglutinación de los sólidos en suspensión que se encuentran en el agua cruda. El coagulante es preparado en dos

tanques de 500ml de capacidad, de los cuales 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 lograr el efecto esperado de la coagulación (Fernandez. & Carangui., 2016; Sena, 2000).

1.4.3 Floculación

Este proceso tiene la finalidad de formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño de las partículas desestabilizadas en la coagulación, para que sedimente con mayor eficacia. Para este proceso la planta potabilizadora tiene 2 unidades de floculación, en el que se utiliza floculadores de flujo vertical, en donde el agua tiene movimiento ascendente y descendente. Cada floculador cuenta con 55 pantallas las cuales están distribuidas de la siguiente manera: por cada dos placas de asbesto va una de concreto, con esto se busca disminuir la presión del agua para evitar que se rompan las placas consiguientes cuando se realiza el mantenimiento. (Fernandez. & Carangui., 2016; Sena, 2000).

1.4.4 Sedimentación

Las partículas formadas en la floculación se depositan en el fondo de decantadores laminares de flujo ascendente, los cuales cuentan con 80 láminas ubicadas paralelamente, gracias a la fuerza de gravedad (Fernandez. & Carangui., 2016).

1.4.5 Filtración

En esta etapa se retiene las partículas suspendidas y coloidales que no sedimentaron, haciéndola pasar a través de una sustancia porosa. El agua después de la sedimentación, por gravedad pasa por encima del filtro atravesando sucesivas capas de arena de distinto grosor, reteniendo así las impurezas o turbiedad residual. La planta potabilizadora de agua de Bayas cuenta con dos procesos de filtración: rápida y lenta. (Fernandez. & Carangui., 2016; Mejía Reinoso, 2010).

1.4.6 Desinfección

Al utilizar productos químicos como: hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, dióxido de cloro, ozono, etc., se destruyen los agentes microbianos, ya que tiene la habilidad de oxidar e hidrolizar las proteínas celulares y a su habilidad osmótica de extraer líquidos fuera de las células.

En la planta de potabilización de Bayas se utiliza la cloración, cuyo agente desinfectante en el Hipoclorito de Calcio que posee un 70% de cloro. La solución de cloro utilizada

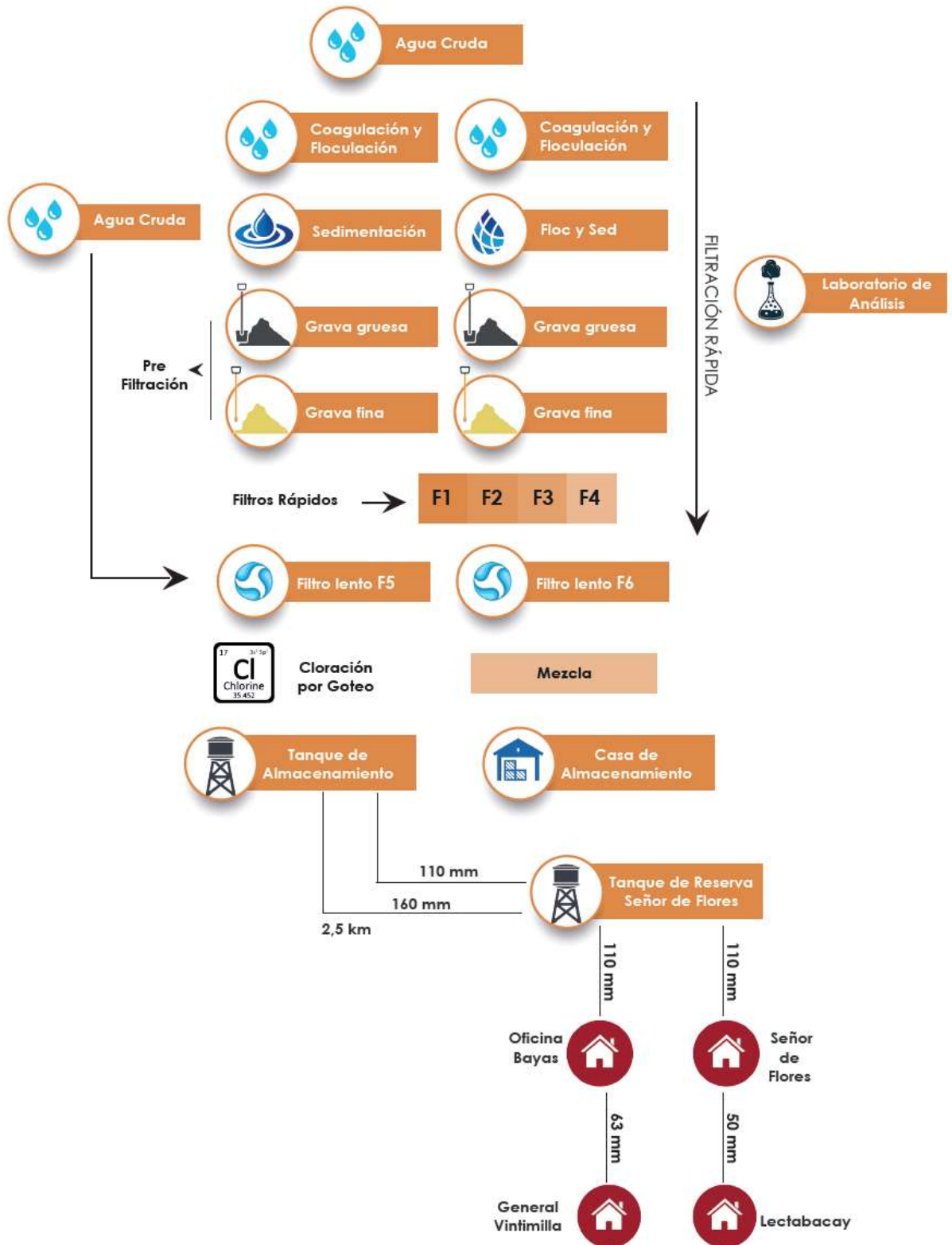
tiene una concentración de 1,75ppm, la cual es dosificada de manera directa por goteo(Fernandez. & Carangui., 2016).

1.4.7 Almacenamiento y sistema de Distribución

El agua tratada es almacenada en un tanque con capacidad de 200m³; desde este tanque el agua es trasladada por tuberías de 110mm y 160mm de diámetro, recorriendo 2,5km de distancia hasta llegar a dos tanques ubicados en el sector de la Iglesia del Señor de Flores para su distribución.

El sistema de distribución de agua de la comunidad de Bayas cuenta con matrices y submatrices las cuales varían de acuerdo al sector, estas se encuentran paralelas a las calles que presenta esta comunidad. El sector del Señor de Flores tiene una matriz de 110mm, mientras que el sector General Vintimilla cuenta con una matriz de 63 mm de diámetro en su tubería.

Figura 1. Sistema de potabilización y distribución de la Junta Administradora de Agua Potable de Bayas.



Fuente: los autores

METODOLOGÍA Y MATERIALES.

2.1 Tipo de investigación.

Estudio descriptivo transversal, no experimental.

2.2 Área de estudio

El estudio se realizó en la parroquia Bayas perteneciente a la ciudad de Azogues. Esta parroquia cuenta con alrededor de 5000 habitantes, a los cuales la Junta Administradora de la parroquia Bayas, provee el servicio básico de agua potable. Actualmente la junta administradora de agua potable consta con 1296 medidores instalados; es por esto, que esta parroquia ha sido dividida en 10 sectores:

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 1. Abuga Ingapirca | 6. Lega Abuga |
| 2. Juguil | 7. Corazón de María |
| 3. Oriente Bajo | 8. Zhirincay |
| 4. Oriente Alto | 9. Lectabacay |
| 5. General Vintimilla | 10. Señor de Flores |

Esta sectorización se ha realizado de acuerdo a la geografía que presenta cada zona, con la finalidad de brindar un mejor servicio a sus habitantes.

Los sectores asignados para este proyecto de titulación fueron: General Vintimilla y Señor de Flores, ubicados en la zona céntrica de la parroquia Bayas.

El sector de General Vintimilla con una latitud: 2.73359°S, longitud: 78.83503°O y altura: 2646m, cuenta con 105 familias que es alrededor de 420 habitantes, cuya submatriz de distribución es de 63 mm ubicadas paralelamente a la calle General Vintimilla. El sector Señor de Flores con una latitud: 2.73050°S, longitud: 78.83152°O y altura: 2712m, cuenta con 66 familias que es alrededor de 270 habitantes y consta con una red de distribución de 110 mm que se deriva de la misma matriz.

2.3 Cálculo de la muestra

El tipo de muestreo aplicado fue de tipo aleatorio estratificado. La parroquia Bayas del cantón Azogues cuenta con alrededor de 5000 habitantes, siendo esto el universo del estudio, se procedió a calcular el número de muestras, a ser analizadas. La muestra se calculó con un 95 % de confianza, y un error de 10% para lo cual se procedió de la siguiente manera:

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

- 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% $Z_{\alpha/2}=1.96$.
- p = proporción esperada obtenida de las proporciones encontradas en otras investigaciones. Si no tenemos idea de la proporción esperada usamos 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 (Torres, Paz, & Salazar, 2006)

$$n = \frac{5000 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2(5000 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 94 \text{ habitantes}$$

Se asumió, que cada habitante representa un hogar o punto de muestreo.

Estas 94 puntos de muestreo deberán ser recolectadas para los 5000 habitantes de la parroquia Bayas. Este trabajo de titulación evaluó la calidad de agua de los sectores: General Vintimilla y Señor de Flores. Por lo tanto, se calculó el número de los puntos de muestreo de estos dos sectores, realizando el método calculo proporcional al tamaño del estrato, en el que para 5000 habitantes de Bayas se debería tomar 94 muestras. El sector de Señor de Flores cuenta con 270 habitantes por lo cual para este sector tomó 5 puntos de muestreo y para el sector General Vintimilla que cuenta con 420 habitantes se tomó 8 puntos de muestreo.(Torres et al., 2006).

2.4 Muestreo

Los puntos de muestreo en cada uno de los sectores fueron asignados por la Junta Administradora de Agua Potable, los cuales pertenecían a diferentes familias a quienes se les asignó un número de identificación, siendo del uno al cinco para el sector del Señor de Flores, mientras que del seis al trece para el sector de General Vintimilla. Las muestras fueron tomadas en frascos de polietileno previamente etiquetados de llaves de agua dentro cada uno de los domicilios, siguiendo las directrices señaladas en la OPS/CEPIS. En cada punto de muestreo se recolectaron dos muestras una para el análisis físico químico y otra para el análisis microbiológico, obteniendo 13 muestras por semana Los análisis físico químicos: color, pH, conductividad, turbidez, alcalinidad total, dureza total, nitritos, nitratos, sulfatos, cloro libre residual se realizaron lo más pronto posible en el laboratorio de la Junta Administradora de Agua Potable de Bayas y los análisis microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales, se realizaron en el laboratorio de Análisis de Agua en la Universidad de Cuenca, en el campus de Balzay.



Al concluir este trabajo de titulación se obtuvo 208 muestras, a cada una de ellas se les realizó 12 análisis respectivamente. Durante las ocho semanas de estudio, se recolectaron 13 muestras a las que se les realizaron los análisis físico químicos y microbiológicos por duplicado.

2.5 Materiales, reactivos y equipos de laboratorio.

Tabla 2. Material de Laboratorio utilizado de acuerdo a los parámetros analizados.

Análisis	Equipos	Reactivos	Materiales	Método
Color	Espectrofotómetro Marca: HACH DR/890	Agua destilada	Tubos de vidrio con tapa rosca Celdas de lectura.	Método estándar APHA de platino-cobalto
Turbidez	Turbidímetro Marca: HACH 2100Q			Nefelometría
Conductividad	Conductímetro Marca : HACH BE RIGHT P1-4	Agua destilada		
Ph	Espectrofotómetro Marca: HACH DR/890	Agua destilada Rojo Fenol	Tubos de vidrio con tapa rosca Celdas de lectura.	
Alcalinidad		Ácido clorhídrico (HCl) 0,01 N Bromocresol Green-Methyl Red Indicator Powder	Vasos de precipitación Bureta Soporte metálico	Titulación
Dureza total		EDTA 0,01 N Hidróxido de amonio Negro de eriocromo (NET)		

Cloro libre residual	Espectrofotómetro Marca: HACH DR/890	Free Chlorine Reagent DPD	Celdas de lectura	Método DPD
Nitritos		NitriVer 3 Nitrite Reagent		Método de diazotización
Nitratos		NitraVer 5 Nitrate Reagent		Método de reducción de cadmio
Sulfatos		SulfaVer 4 Sulfate Reagent		
Coliformes totales	Estufa Marca: Memmert Autoclave Marca: GLOWS LS-1 Balanza Marca BOECO Germany BWL 61	Medios de cultivo: Caldo Lauril sulfato de sodio Marca: Merck	Tubos Campanas de Durham Gradillas Pipetas estériles Lámpara de alcohol Asa de siembra	Tubos múltiples NMP
Coliformes fecales		Medios de cultivo: Bilis Verde Brillante Medio SIM		

2.6 Análisis físico- químico

En vista de la importancia que conlleva el estudio, ya que influye directamente en la sociedad en este caso a la parroquia Bayas del cantón Azogues provincia del Cañar es de mucha relevancia un correcto muestreo hasta su posterior análisis. Los recipientes que se utilizaron para cada muestreo fueron de polietileno por ser más prácticos, económicos y acordes para los análisis planteados; es necesario que el envase se encuentre perfectamente limpio para la toma de muestra, para esto se tuvieron que lavar los envases con detergente, enjuagar varias veces con agua potable y por último enjuagar con agua destilada y fueron esterilizados en el autoclave. Los recipientes fueron herméticos, es decir que su tapa o cierre no permita la salida del líquido ni tampoco la entrada de elementos contaminantes. El agua que se analizó es de un sistema de distribución o red de abastecimiento que llega directamente al consumidor, por lo que la recolección de la muestra se procedió de la siguiente manera:



1. Abrir el grifo, dejar correr 2 a 3 minutos.
2. Esterilizar la superficie con alcohol al 70% durante un minuto.
3. Dejar correr nuevamente el agua un minuto.
4. Finalmente, tomar la muestra en el frasco previamente etiquetado y almacenarla.

El almacenamiento y transporte son igual de importantes a la toma de muestra, para garantizar los resultados de los análisis; estos dos procesos deben evitar el efecto del calor a la muestra, ya que hay varios parámetros (nitratos, nitritos, amoníaco, cloro libre residual) que pueden modificarse si no se mantiene en refrigeración las muestras. El transporte de las muestras hasta el laboratorio se efectuó en un collar con hielo para conservar la temperatura de las muestras, además que este retarda la proliferación microbiana que es potenciada por el calor. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Bayas donde se realizó el análisis fisicoquímico inmediatamente después de la toma de muestra; cuanto menor fue el tiempo transcurrido desde la toma hasta el envío al laboratorio, más exactos fueron los resultados obtenidos. Según la OPS/CEPIS, se recomienda tomar un volumen de 500 ml por muestra para realizar las determinaciones físico-químicas, siguiendo esta recomendación se tomó la muestra para el análisis fisicoquímico en frascos de polietileno blanco de 500 ml y para el análisis microbiológico en frascos de polietileno transparente de 200ml. El análisis microbiológico se realizó en el laboratorio de aguas del campus de Balzay de la Universidad de Cuenca. (Instituto Nacional de Salud, 2011)

2.6.1 Determinación del color por el método estándar Apha de platino-cobalto

El color se expresa como una unidad de color (UC) es igual a 1 mg/L de platino como ión cloro-platinato. El programa almacenado en el equipo debe estar calibrado a una longitud de onda de 455 nm basándose en la norma que recomienda la APHA (HACH, 2000).

En la práctica se midieron 25 ml de agua destila, los cuales se colocaron en una muestra para determinar el blanco. En otra celda se tomaron de la misma manera que el blanco 25 ml, pero en este caso de la muestra analizar. Se colocó la celda en la ranura del equipo propia para la celda de lectura se cerró la tapa para evitar otros haces de luz interfieran con la lectura y se oprime el botón READ obteniéndose así el resultado correspondiente para la muestra. Hay que tener en cuenta que un pH alcalino interfiere con la lectura al igual que la turbidez alta, dándonos resultados alterados.

2.6.2 Determinación de la turbidez

El parámetro de la turbidez de un líquido es considerado importante por varias razones, según sea su utilización; la turbidez es causada por la presencia de sólidos suspendidos, en donde se incluyen la arcilla, micro algas, plancton, microorganismos, materia orgánica y otras partículas

finas insolubles en el medio, estas partículas hacen que la muestra tome un aspecto turbio. La turbidez se mide con un instrumento de amplio rango (turbidímetro), así este parámetro establece los requisitos de tratamiento, garantizando así la correcta operación de la planta. La determinación se realizó mediante un turbidímetro de la marca HACH (Turbidímetro Portátil 2100p), que es un espectrofotómetro VIS de alto rendimiento con tecnología RFID para obtener unos resultados de medición fiables y trazables en análisis de aguas; el equipo cuenta con un rango de 0 a 1000 NTU, el equipo detecta las señales de luz que es transmitida por medio de una lámpara, para atravesar el lente y la cubeta donde se encuentra la muestra a analizar, en donde se presentan las interferencias de sólidos suspendidos, provocando que la luz no atravesase en su totalidad y así dándonos un valor de medición expresada en NTU.(HACH, 2004).

En la práctica se procedió según como indica el manual de la HACH. El tubo o celda de lectura se llena hasta señal marcada, y luego se limpió la superficie de la celda con papel toalla para evitar cualquier interferencia de basuras con el haz de luz. Colocamos la celda dentro del equipo previamente encendido y calibrado, se presiona READ y se espera un minuto por el resultado.

2.6.3 Determinación de Conductividad

La conductividad del agua se conoce como la capacidad de la misma para conducir corriente eléctrica. La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución. Para determinar la conductividad se utilizó un conductímetro eléctrico, el cual genera una diferencia de voltaje entre dos electrodos que se encuentran sumergidos en agua, debido a la resistencia del agua existe una caída en el voltaje lo que es utilizada para calcular la conductividad por centímetro (HACH, 2009). El conductímetro de la marca HACH BE RIGHT P1-4 es un equipo que genera lecturas muy exactas, su modo de uso es muy sencillo, se colocó la muestra a medir en un vaso de precipitación, luego se sumergió el electrodo en la muestra y se esperó que se estabilice la lectura para anotar el resultado. dentro de las interferencias que no contribuyen para obtener un resultado exacto de la prueba tenemos: presencia de actividad biológica en el agua, exposición de la muestra a la atmosfera, por la pérdida de gases disueltos y por materia o partículas grasas en tamaño considerable (HACH, 2009).

2.6.4 Determinación del pH

La medición del pH es una de las pruebas más importantes y utilizada con más frecuencia en los análisis de calidad de agua. El pH es un parámetro que influye sobre las concentraciones de equilibrio de muchos compuestos presentes en el agua; por tanto, la medición y control de este parámetro es de mucha importancia en los tratamientos de purificación del agua. La determinación de este parámetro mediante la utilización del equipo de marca HACH DR/890, es mediante la aplicación de la técnica de Rojo Fenol como indicador ácido-base; esta técnica se fundamenta en el cambio de color del medio al aplicar una sustancia indicadora, en este caso



es el Rojo Fenol, los indicadores ácido-base orgánicos débiles cuya forma sin disociar difiere del correspondiente ácido o base conjugados. El cambio de color se debe a un cambio estructural inducido por la protonación o desprotonación de la especie; estos indicadores tienen un intervalo de viraje de unas dos unidades de pH, en la que cambian la disolución en la que se encuentran de un color a otro, o de una disolución incolora, a una coloreada. El indicador Rojo Fenol cambia de amarillo a rojo en un intervalo de pH que va del 6,8 al 8,4; la medición se obtiene por la comparación de la coloración que se forma por medio del indicador con la muestra con una escala de color establecida de acuerdo al pH (Gomez Garcia, 2009; Gomez Sosa, 2010; HACH, 2000).

El proceso que se realizó en la práctica fue el siguiente:

1. Se midió 10 mL de agua destilada en una celda de lectura como blanco
2. Medimos 10 mL de la muestra en la celda de lectura
3. Se agregó 1 mL de indicador rojo fenol a cada muestra en las celdas de lectura
4. Homogenizamos las muestras
5. Se colocó la celda de lectura en el equipo
6. Se procedió a la lectura del resultado

2.6.5 *Determinación de la alcalinidad por el método de titulación*

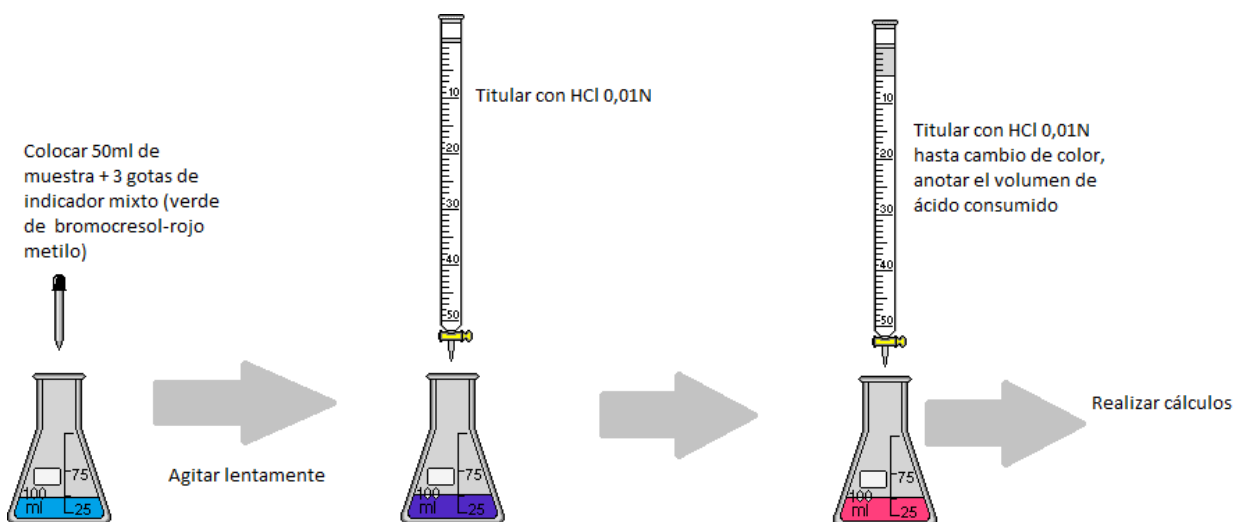
En la determinación de la alcalinidad se utilizó el método por titulación. El método se basa en que los iones hidroxilos presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos reaccionan al adicionar un ácido estandarizado, es por esto que la alcalinidad depende del pH del punto final utilizado. Las muestras fueron valoradas con un ácido mineral fuerte (Ácido clorhídrico 0,001N) hasta los puntos sucesivos de equivalencia del bicarbonato y ácido carbónico. Estos puntos son a pH 8.3 y 4.5 respectivamente; los cuales fueron determinados visualmente mediante indicadores adecuados. Con el indicador fenolftaleína, el pH 8.3 se encuentra en el punto de equivalencia para las concentraciones de carbonato y dióxido de carbono, mientras que con el indicador mixto (verde de bromocresol-rojo de metilo), el pH 4,5 se encuentra en el punto de equivalencia para el ión hidrogeno y el bicarbonato, además con este indicador se determinará la alcalinidad total.(Orellana, 2009).

En la práctica se procedio de la siguiente manera:

1. Se colocó 50 mL de muestra en un vaso de precipitación
2. Se añadió 3 gotas de indicador mixto verde bromocresol- rojo de metilo
3. Titulamos con HCl 0,01 N valorado previamente hasta cambio de color de amarillo debil a naranja
4. Anotamos el volumen consumido de acido
5. Se realizó calculos y se anoto los resultados

Al momento que se realizó esta prueba se tuvo muy en cuenta ciertas interferencias que son causa de error en la obtención de resultados. Las interferencias son: el almacenaje de la muestra después de la recolección puede causar pérdida o ganancia de gases disueltos, las muestras fuertemente coloreadas o turbias pueden encubrir el cambio de color de los indicadores, por lo que se recomienda el método potenciométrico, presencia de cloro residual, puede blanquear el indicador y los Carbonatos asociados a la materia en suspensión. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

Figura 2. Determinación de alcalinidad



(Fuente: los autores)

Cálculos:

$$\text{Alcalinidad } mg \text{ CaCO}_3/L = \frac{V_{H^+} * N * mEqCaCO_3 * 1000 * 1000}{V_m}$$

Dónde:

V_{H^+} : volumen de ácido necesario para virar el indicador.

N: normalidad del ácido clorhídrico.

V_m : volumen de muestra utilizada para la titulación.

mEq: miliequivalentes de Carbonato de Calcio.

2.6.6 *Determinación de Dureza Total*

La determinación de dureza total en las muestras de agua se realizó por titulación con EDTA. El ácido Etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio forman un complejo quelato soluble al ser añadido en soluciones de algunos cationes metálicos. Al añadir EDTA al agua que contiene iones calcio y magnesio formaran complejos hasta que la solución adquiriera un color azul, utilizando como indicador el negro de eriocromo (NET) en un pH 10. (Severiche et al., 2013).

En la practica se procedió de la siguiente manera:

1. Se coloco 10 mL de muestra en un vaso de precipitacion
2. Se añadio 3 gotas de hidroxido amonio para ajusta el pH
3. Agitamos lentamente y adicionamos 3 gotas de eriocromo negro (NET)
4. Titular con EDTA 0.02 N hasta viraje de violeta a color azul
5. Anotamos el volumen consumido de EDTA
6. Se realizo calculos y se anoto los resultados

Cálculo:

$$\text{Dureza total } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ CaCO}_3 = \frac{V_{\text{EDTA}} * N * K * \text{mEqCaCO}_3 * 1000 * 1000}{V_{\text{muestra}}}$$

Dónde:

V_{EDTA} =Volumen de solución de EDTA utilizando en la titulación para virar el indicador.

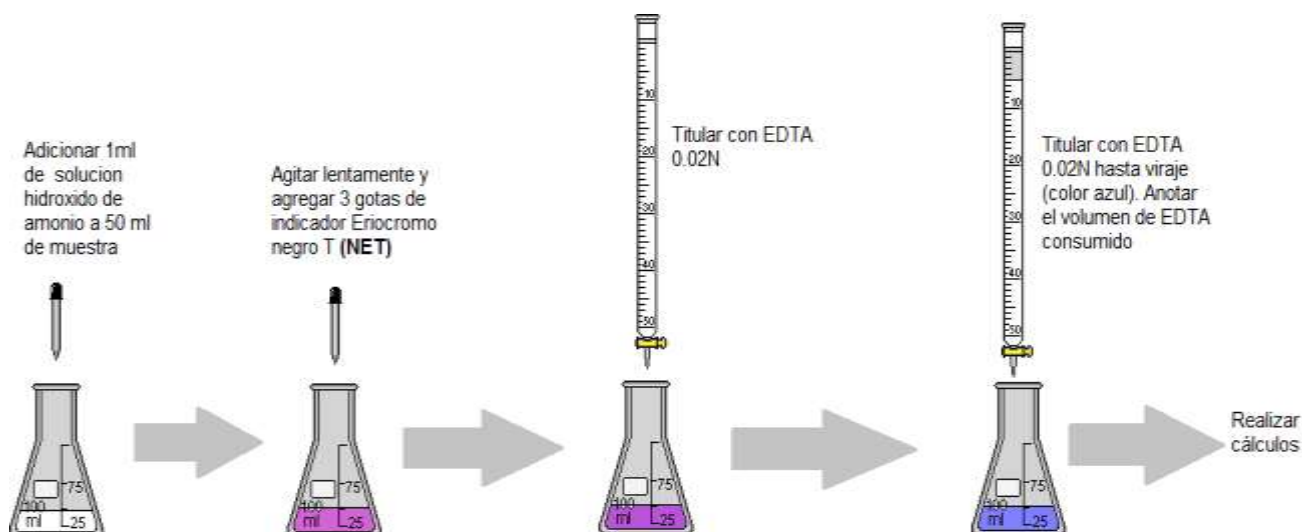
V_{muestra} =Volumen de la muestra, en mL.

N=Normalidad de la solución de EDTA.

K=Constante de titulación de la solución de EDTA.

mEq= miliequivalentes de Carbonato de Calcio.

Proceso: *Figura 3. Determinación de dureza total.*



(Fuente: los autores)

2.6.7 Determinación de sulfatos

La presencia de sulfatos se determinó mediante la reacción que se da por medio de los iones sulfato presentes en la muestra con el Bario del reactivo de la marca comercial HACH SulfaVer 4, formando una turbidez propia del Sulfato del Bario insoluble; la cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato (HACH, 2000).

Los siguientes elementos interfieren en niveles mayores a las concentraciones listadas a continuación.

Tabla 3. Compuestos que interfieren en la determinación de sulfatos.

Calcio	20000 mg/L como CaCO_3
Cloruro	40000 mg/L como Cl^-
Magnesio	10000 mg/L como CaCO_3
Sílice	500 mg/L como CaCO_3

Fuente: (HACH, 2000).

En la práctica se realizó la determinación de los sulfatos de la siguiente manera:

- Se midió 10 ml de la muestra en una celda de lectura
- Verter el contenido de un sobre de SulfaVer 4 Sulfato Reagent en la celda con la muestra
- Homogenizar y esperar 5 minutos
- Leer la muestra a 450 nm, después de haber encerado con el blanco de muestra
- Presionar el botón READ y anotar el resultado

2.6.8 Determinación de nitratos por el método de reducción de cadmio

La presencia de cadmio en el reactivo de la marca HACH, provoca en la muestra la reducción de los nitratos a nitritos, este ión nitrito reacciona con ácido sulfanílico formando una sal de diazonio intermedia a su vez esta sal se acopla al ácido géntísico produciendo un complejo de color ámbar. La lectura se da en el equipo de la marca HACH DR/890, el valor obtenido tendrá que estar según norma NTE INEN 1108: 2014 dentro del rango 0 a 50 mg/L (HACH, 2000).

Entre las interferencias encontradas para esta prueba están: sustancias fuertemente reductoras y oxidantes, el ion férrico origina resultados altos, un valor de cloruros superior a 100 mg/L provocan resultados bajos y muestras altamente tamponadas o con pH extremos reducen la eficacia del reactivo (HACH, 2000).

En la práctica se realizó la determinación de los nitratos de la siguiente manera:

- Se midió 10 ml de la muestra en una celda de lectura



- Verter el contenido de un sobre de Nitriver 5 Nitrate Reagent en la celda con la muestra
- Homogenizar y esperar 5 minutos
- Leer la muestra a 500 nm, después de haber encerado con el blanco de muestra
- Presionar el botón READ y anotar el resultado

2.6.9 *Determinación de nitritos por el método de diazotización*

El complejo formado al añadir el reactivo a la muestra, es visible para el ojo humano en una gama del color rosa el cual es directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente en la muestra; la formación de este complejo se da al reaccionar la muestra (presencia de nitritos), con el ácido sulfanílico formando así una sal de diazonio intermedia, posteriormente esta sal se acopla al ácido cromotrópico produciendo la coloración final antes mencionada. La lectura se dará en el equipo de la marca HACH DR/890, el valor obtenido tiene que estar según norma NTE INEN 1108 dentro del rango 0 a 0,300 mg/L. (HACH, 2000; INEN, 2014b).

Entre las interferencias encontradas para esta prueba está: sustancias fuertemente oxidantes y reductoras, iones cúpricos y ferrosos provocan resultados bajos, se ha visto que niveles de nitrato muy altos mayores a 100 mg/L, sufren una reducción de a nitritos, en donde se podrá apreciar un valor pequeño de nitritos en la muestra (HACH, 2000).

En la práctica se realizó la determinación de los nitritos de la siguiente manera:

- Se midió 10 ml de la muestra en una celda de lectura
- Verter el contenido de un sobre de Nitriver 3 Nitrite Reagent en la celda con la muestra
- Homogenizar y esperar 20 minutos
- Leer la muestra a 507 nm, después de haber encerado con el blanco de muestra
- Presionar el botón READ y anotar el resultado

2.6.10 *Determinación de cloro libre residual por el método DPD*

El cloro libre es un agente oxidante concentrado y es inestable en aguas naturales, su poder oxidante actúa de manera más rápida cuando reacciona con los compuestos inorgánicos, por otro lado, actúa de manera lenta con los compuestos de carácter orgánico. El cloro se encuentra presente como como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito en las muestras de aguas; las formas de cloro presentes reaccionan con un indicador de DPD (N, N-dietil-p-fenilenediamina) formando un color magenta que es proporcional a la concentración de cloro libre en la muestra, que es cuantificado por el equipo HACH DR/890. El análisis de cloro libre se realizará inmediatamente después de obtener la muestra en un lapso de 30 min, se recomienda tomar la muestra después de dejar correr el agua de 2-3 min, para no obtener una muestra de agua en reposo, dándonos así falsos negativos (HACH, 2000).



El cloro al ser un compuesto bastante inestable presenta algunas interferencias, entre estas tenemos: El calor del ambiente (temperaturas elevadas) como un factor clave al momento del análisis, valores de alcalinidad mayores a 250 mg/L, de igual manera valores de acidez mayores a 150 mg/L, el bromo, Cloramidas, yodo, peróxidos, el ozono, valores de pH extremos y vidriería lavada con agua clorada mal enjugada (HACH, 2000).

En la parte práctica la determinación de cloro libre residual se realizó de la siguiente manera:

- Se midió 10 ml de la muestra en una celda de lectura
- Verter el contenido de un sobre de reactivo de cloro libre residual⁴ en la celda con la muestra
- Homogenizar durante 20 segundos
- Leer la muestra a 530 nm, después de haber encerado con el blanco de muestra
- Presionar el botón READ y anotar el resultado

2.7 Análisis microbiológico

Siguiendo las directrices de los Standart Methods, las muestras para el análisis microbiológico fueron recolectadas en envases de plástico estériles de boca ancha y tapa rosca con una capacidad de 150 mL. Estos recipientes fueron etiquetados previamente antes de la recolección de las muestras. En el momento de la toma de muestra se le adicionó 0,1 ml de tiosulfato de sodio al 1,8% con la finalidad de neutralizar la presencia de cloro residual. Las muestras fueron transportadas en una cooler que contenía una bolsa de hielo para conservar debidamente las muestras hasta su traslado al Laboratorio de la Universidad de Cuenca en Balzay, empleado únicamente para el traslado de las muestras para el estudio microbiológico. (INEN, 2012; Instituto Nacional de Salud, 2011a).

2.7.1 Determinación de coliformes totales y fecales.

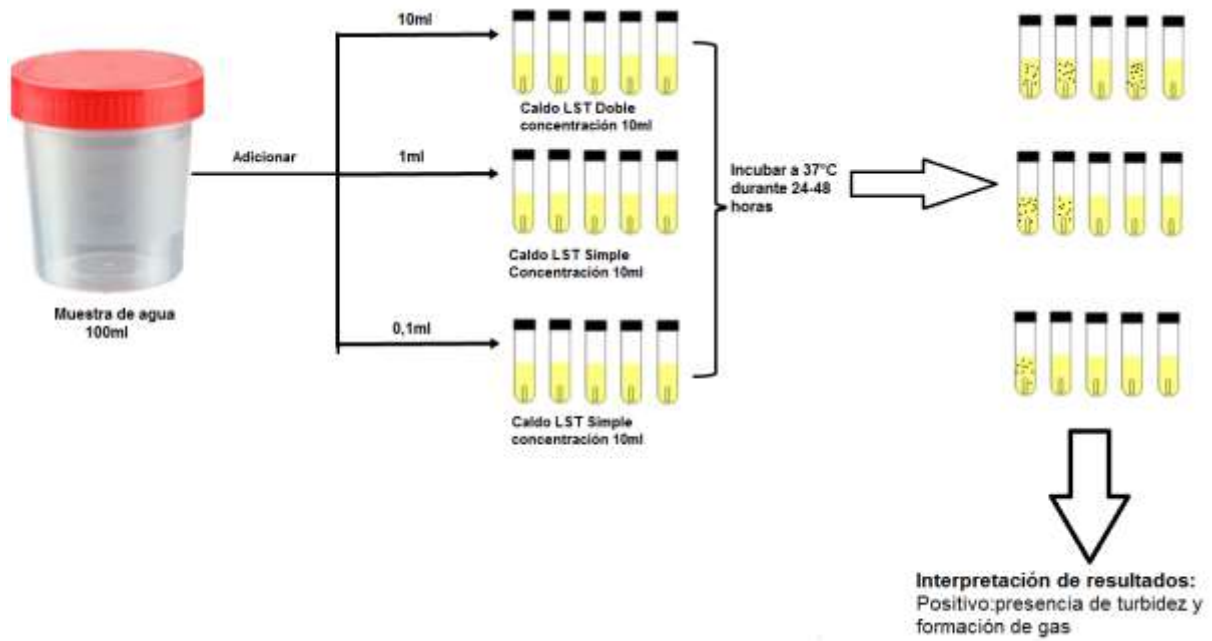
Se utilizó el método de Número más Probable (NMP), ya que el grupo de coliformes totales tiene la capacidad de fermentar la lactosa con producción de gas, al ser incubados a 37°C durante 24-48 horas. En esta técnica consta de dos etapas: una presuntiva y confirmatoria, en las que se utiliza un medio de cultivo que contenga sales biliares.

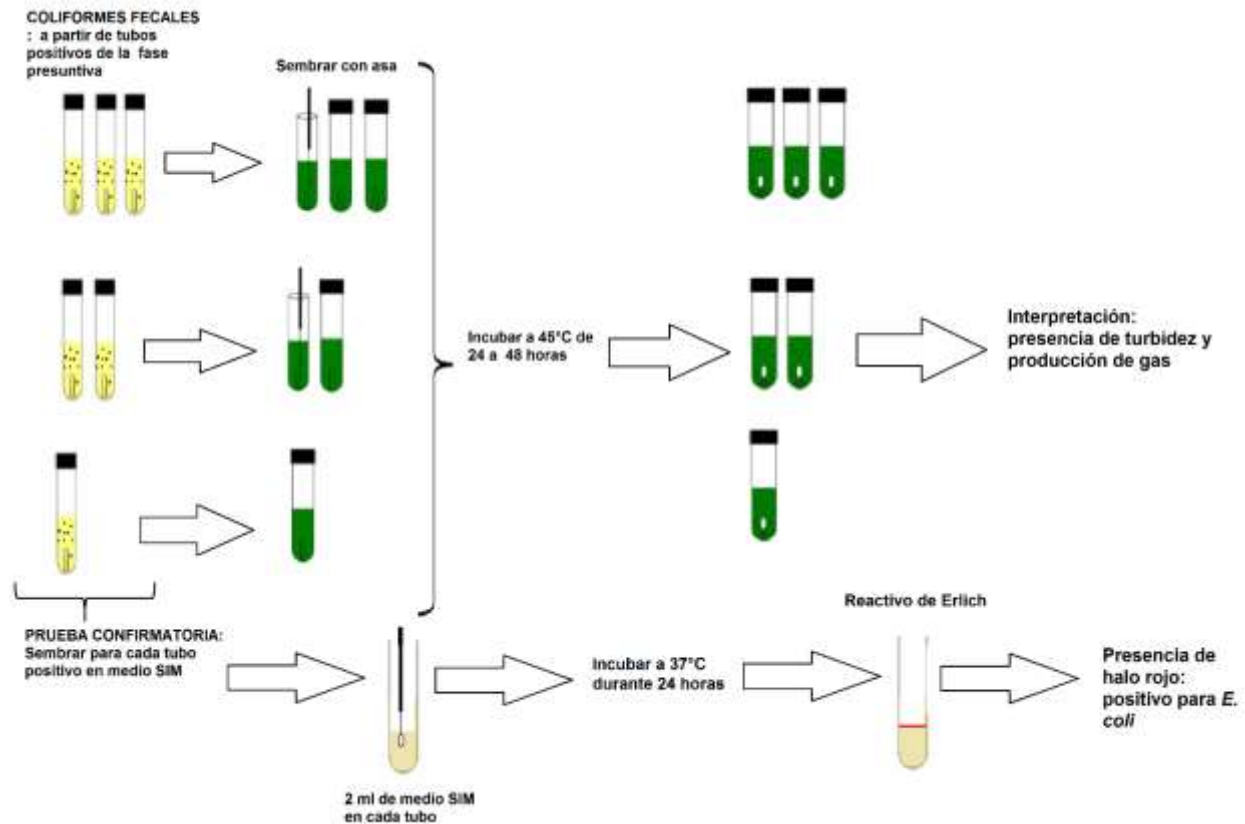
En la Fase presuntiva se realizó la siembra en caldo lauril sulfato que contenga campana de Durham para que las bacterias que estén dañadas se recuperen y aprovechen la lactosa como fuente de carbono. (Chordá, 2016).

Las interferencias en esta fase son la presencia de cloro en los envases que evitara el crecimiento microbiano y una posible contaminación del medio de cultivo.

Proceso:

Figura 4. Determinación de coliformes totales y fecales.





(Fuente: los autores)

2.8 Análisis estadístico

Los resultados generales de los análisis se presentaron mediante estadística descriptiva, en el que se utilizó el programa Microsoft Excel 2017 para el cálculo de la media y su respectiva desviación estándar en cada uno de los parámetros. Estos datos fueron comparados con la norma INEN 1108:2014, así como con valores referencia de la OMS. Además, se realizó una prueba T-student de dos colas para comprobar si existía una diferencia estadística significativa de cada uno de los parámetro entre los dos sectores. Para lo cual se utilizó el programa estadístico Minitab 17.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los sectores Señor de Flores y General Vintimilla.

Los datos obtenidos durante las 8 semanas de estudio fueron recopilados en tablas (Anexo H-R). Cada uno de los parámetros físico químicos como microbiológicos fueron analizados para cada sector. A estos datos se aplicó estadística descriptiva, en el que se calculó la media y su respectiva desviación estándar como lo indica la tabla N°4.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos y microbiológicos de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores

Parámetro	Señor de Flores	General Vintimilla	Valores Referencia	Unidades
	X ± DE	X ± DE		
Color	0	0	15 ^{a)}	UC
pH	7,01±0,12	7,07±0,01	6,5-8,5 ^{b)}	
Turbidez	0,54±0,17	0,55±0,27	5 ^{a)}	NTU
Dureza	31,62±0,83	31,47±1,22	15-75 ^{b)}	mg/L
Cloro libre	0,31±0,83	0,26±0,23	0,3 a 1,5 ^{a)1)}	mg/L
Sulfatos	27,01±0,84	28,94±6,71	200 ^{a)}	mg/L
Nitritos	0,006±0,01	0,01±0,04	3,0 ^{a)}	mg/L
Nitratos	3,78±2,73	3,51±2,94	50 ^{a)}	mg/L
Conductividad	133,99±5,26	135,27±7,83	50-1500 ^{b)}	µmho/cm a 25°C.
Alcalinidad	21,42±1,48	21,42±1,95		
Coliformes Totales	<2	<2	< 2 ^{a)*}	Tubos múltiples NMP/100 ml
Coliformes Fecales			< 1,1 ^{a)**}	Tubos múltiples NMP/100 ml

a)Valores referencia de la norma INEN 1108:2014

b)Valores referencia de la OMS.

*<2 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo.

** < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo(INEN, 2014b)

La tabla N°5 tiene incorporada los límites máximos permitidos por la Norma INEN 1108:2014; así como valores referencia tomados de la Organización Mundial de la Salud para un agua óptima para el consumo humano.

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, coliformes totales y fecales de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores se

encuentra por debajo de los límites máximos permitidos. Sin embargo, la media del cloro libre residual del sector General Vintimilla no se encuentra dentro de los rangos establecidos por la norma INEN 1108:2014.

El agua que es distribuida en los sectores de General Vintimilla y Señor de Flores, sale de la misma planta de potabilización. Por lo que los valores de los parámetros analizados no deberían diferir significativamente de un sector a otro, y si difieren podría deberse a: la ubicación geográfica y la red de distribución del agua, que en los dos sectores son diferentes.

Los valores de color se mantuvieron en cero unidades de Color en los dos sectores durante las 8 semanas de estudio. Estos valores coinciden con los obtenidos por los operadores de la planta, que llevan un control diario sobre el color del agua de salida de la planta, con estos resultados se refiere que el proceso de filtración de esta planta funciona correctamente.

El pH se encuentra en la neutralidad en los dos sectores, dentro de los límites permisibles sin representar riesgo alguno para la salud de los consumidores.

Se ha demostrado que la variación de turbidez de un sector a otro se da cuando el agua potable de cada sector tiene diferentes fuentes de captación de agua cruda. Por otro lado, las aguas de los dos sectores estudiados tienen la misma fuente de captación de agua cruda. Es así que los valores de turbiedad no varían estadísticamente de un sector a otro. (Gutiérrez Sarmiento & Torres Siguenza, 2013).

La norma INEN 1108:2014 y el "*Real Decreto 14D/2003 Criterios Sanitarios de la calidad de agua*" no establecen valores límites para la dureza total, ya que el agua se puede beber con durezas elevadas. La media obtenida de dureza total en los dos sectores corresponde a un tipo de agua suave o blanda según la tabla N°1. Al ser el agua de tipo blanda no provocará incrustaciones en las redes de distribución, a diferencia de aguas duras en las que las incrustaciones en las redes de distribución llegan a alterar la calidad del agua para los consumidores (Lubell, 2009).

El valor del cloro libre residual en los dos sectores no varía significativamente del uno al otro. A pesar que la media del cloro libre residual del sector General Vintimilla no cumple con la norma INEN 1108:2014, mientras que la media del cloro libre residual del sector Señor de Flores cumple con la norma antes mencionada. Según Quiros (2000), el cloro libre residual puede ser consumido en las redes de distribución por sustancias presentes en el agua y condiciones físico-hidráulicas tales como temperatura, agitación, turbulencias. Si el cloro libre residual fuera consumido por sustancias presentes en el agua, este debería estar disminuido en los dos sectores, por lo que no sería la causa de tal disminución evidenciada en el sector General Vintimilla. El valor disminuido de cloro libre residual en el sector General Vintimilla se cree que



es debido a las condiciones físico hidráulicas, ya que este sector tiene una mayor presión del agua en las tuberías que llegan a los domicilios, además que en algunos domicilios las tuberías se encuentran expuestas a los rayos solares, con lo que se incrementa la temperatura del agua a diferencia del sector de Señor de Flores. Al no cumplir con el límite mínimo establecido de cloro libre residual se creería que esta agua no tuvo una correcta desinfección. Sin embargo, se descarta esta posibilidad ya que a estas mismas muestras se les realizó el examen microbiológico, en el que no se observó la presencia de coliformes totales y fecales. (Quirós, 2005; Vargas & Vásquez, 2000)

Los valores de sulfatos no varían estadísticamente de un sector a otro. Valores de sulfatos elevados pueden causar un sabor perceptible en el agua, además de poder producir un efecto laxante. La cantidad de sulfatos presentes en el agua se debe mayormente al sulfato de aluminio 2%, el cual es utilizado en la etapa de coagulación. Los valores de sulfato en los sectores General Vintimilla y Señor de Flores se encuentran bajo los límites máximos permisibles de la norma INEN 1108:2014.

Tanto los valores de nitritos y nitratos entre los dos sectores no varían estadísticamente. Estos dos parámetros cumplen con lo establecido en la norma INEN1108:2014, por lo que los valores encontrados no representan riesgo alguno para la salud de sus consumidores (Antón & Lizaso, 2001).

La conductividad se encuentra relacionada con la cantidad de iones disueltos en el agua. Los valores obtenidos en los sectores General Vintimilla y Señor de Flores cumplen con lo permitido por la Organización Mundial de la Salud. La conductividad no varía estadísticamente de un sector a otro.

La alcalinidad total depende de la cantidad de iones hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, los cuales se encuentran presentes en las fuentes de captación del agua cruda. El agua potable distribuida en los sectores de General Vintimilla y Señor de Flores es de la misma planta de tratamiento, por lo tanto, de la misma fuente de captación. Es así que los valores obtenidos de alcalinidad total entre los dos sectores son similares y no varían estadísticamente entre ellos.

No se observó crecimiento alguno de coliformes totales utilizando la técnica de tubos múltiples, por lo que el agua potable que se distribuye para los sectores de General Vintimilla y Señor de Flores tiene una correcta desinfección, además con estos resultados se puede comprobar que las redes de distribución del agua potable de estos dos sectores no interfieren con la calidad microbiológica, ya que en un previo trabajo de titulación "Evaluación de la eficacia de los filtros de los procesos de filtración lenta y filtración rápida en la potabilización de agua de la junta regional de Bayas" se analizó microbiológicamente el agua al momento de salida de la planta de tratamiento. En el cual los valores de coliformes totales (<2NMP/100ml) coinciden con los



encontrados en los domicilios en este trabajo de titulación (Loja Encalada, Buestán, & del Rocío, 2016)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

Con los resultados obtenidos de los puntos de muestreo de los sectores de General Vintimilla y Señor de Flores se observó que los parámetros físico químicos (pH, color, turbidez, conductividad, alcalinidad, dureza total, nitritos, nitratos y sulfatos) así como los parámetros microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales). Se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma vigente nacional (INEN 1108:2014) y de la Organización Mundial de la Salud.

Al ser el agua potable de los sectores General Vintimilla y Señor de flores distribuidas por la misma planta potabilizadora, se comprobó estadísticamente mediante un estudio T-student que no varía significativamente entre estos dos sectores.

El agua potable que es consumida por los habitantes de los sectores General Vintimilla y Señor de Flores, es apta para el consumo humano por lo que al ingerir esta agua no causaría ninguna enfermedad durante la vida de sus consumidores. Además, la red de distribución del agua para estos dos sectores no interfiere en la calidad de agua desde la planta hasta la vivienda de los usuarios.

3.2 Recomendaciones

A partir de este trabajo de titulación se recomienda:

- Realizar este tipo de análisis en diferentes épocas del año, ya que el clima es un factor importante que pueden llegar a causar variaciones en los parámetros como color, turbidez, sulfatos etc. Especialmente en la época invernal, en la que existe mayor cantidad de lluvias que erosionan el suelo y provocan que las características del agua cruda cambien completamente a diferencia del agua captada en las épocas de verano.
- Realizar un seguimiento del valor de cloro libre residual en diferentes horas del día en el sector de General Vintimilla, para corroborar si este parámetro cumple o no con la Norma INEN 1108:2014.
- Que el laboratorio de la Junta Administradora de Agua Potable de Bayas implemente el laboratorio para el análisis microbiológico, que es de suma importancia para controlar la calidad de agua.



BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Zamora, N. d. C. (2012). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para agua apta para consumo humano de concepción de Quezaltepeque, Chalatenango*. Universidad de El Salvador, Ambiente, M. d. (2000). *La Situación Actual y los Problemas Existentes y Previsibles*. In C. d. Publicaciones (Ed.), *Libro Blanco del Agua* (pp. 196-200). España.
- Antón, A., & Lizaso, J. (2001). Nitritos, nitratos y nitrosaminas. *Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria. Madrid, España*.
- Apella, C., & Araujo, Z. (2005). Microbiología del agua. Conceptos Básicos. *Tecnologías Solares para la Desinfección y Descontaminación del Agua*, 33-50.
- Cajamarca Berrezueta, B. E., & Contreras Alvarez, L. A. (2011). Control microbiológico del agua potable de uno de los sistemas de abastecimiento del cantón Cuenca, a través de microorganismos indicadores.
- Carr, G. M., & Neary, J. P. (2008). *Water quality for ecosystem and human health: UNEP/Earthprint*.
- Carrión Moreno, M. J. (2006). Reutilización del efluente del desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). 85-100.
- Chordá, I. C. (2016). *Estudio de coliformes totales y E. coli en Aguas de Consumo Humano por NMP: Validación y Resultados*.
- Fernandez., P., & Carangui., D. (2016). Desarrollo de un plan para evaluación del sistema de filtración rápida de la Planta Potabilizadora de la Junta de Agua Potable de Bayas.
- Fernández-Crehuet Navajas, M., Moreno Abril, O., & Pérez López, J. (2001). Determinación de cloro residual. Método del DPD. *Revista de higiene y sanidad ambiental*, 1, 6-7.
- Galvín, R. M. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*: Ediciones Díaz de Santos.
- Gomez Garcia, L. F. (2009). Indicadores de Calidad del agua. Retrieved from http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41787961/INDICADORES_DE_CALIDAD_DEL_AGUA_EXPOSIC_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1481046389&Signature=87D8h9DQHWOIFqpZjdzBnlfVrYU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DINDICADORES_DE_CALIDAD_DEL_AGUA_Potencia.pdf



- Gomez Sosa, G. (2010). Indicadores de pH. Retrieved from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/12.IndicadoresdePH_9152.pdf
- Gutiérrez Sarmiento, D. L., & Torres Siguenza, M. L. (2013). *Estudio comparativo y estadístico de la calidad de el agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues*.
- HACH. (2000). *Manual de Analisis de Agua*. In (Vol. 3). Colorado, EE.UU.
- HACH. (2004). Turbidímetro Portatil Model N°2100P Manual de instrumento. In. Colorado, EE.UU.
- HACH. (2009). Manual del usuario del medidor portátil HQd. In. EE.UU.
- INEN. (2012). NTE INEN 1105. In *Aguas, Muestreo para análisis microbiológico*. Quito.
- INEN. (2014a). Norma Técnica Ecuatoriana. Retrieved from <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
- INEN. (2014b). NTE-INEN 1108 Agua Potable. Requisitos. In. Quito.
- INEN, N. (2016). NTE INEN 974. In *Agua Potable. Determinación de dureza total por titulacion con EDTA* (pp. 8). Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Salud. (2011b). *Manual de instrucciones para la toma de muestra de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*. Manual de instrucciones para la toma de muestra de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. In P. d. V. p. L. d. I. C. d. A. p. C. Humano. (Ed.). Colombia.
- Jiménez, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México*: Editorial Limusa.
- Jouravlev, A. (2004). *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*: CEPAL.
- Loja Encalada, E. A., Buestán, O., & del Rocío, M. (2016). *Evaluación de la eficacia de los filtros de los procesos de filtración lenta y filtración rápida en la potabilización de agua de la junta regional de Bayas*.
- Lubell, E. (2009). La Calidad del Agua Potable en Arica, con respecto a la Salud. *ISP Collection*, 630.
- Marchand Pajares, E. O. (2002). Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana.
- Mauri, A., Llobat, M., & Herráez, R. (2010). Laboratorio de análisis instrumental. *Valencia: Editorial Reverte*.



- Mejía Reinoso, T. J. (2010). Estudio sobre la calidad del agua potable del cantón Gualaquiza.
- Mora, V., & Cedeño, J. (2006). Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10(37), 41-45.
- OMS. (2001). Calidad del agua. In O. P. d. I. Salud (Ed.), *Guías para la calidad de agua potable*. (Vol. N°3, pp. 1-6). Washington.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable (recurso electrónico)* Guías para la calidad del agua potable (recurso electrónico) 1. Retrieved from Organización Mundial de la Salud website:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- OMS. (2014). Calidad de Agua. *Decenio Internacional para la Acción "El Agua fuente de vida"*; 2005-2015, 2016(Diciembre). Retrieved from
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- OMS. (2015). Agua. *Nota Descriptiva N°391*. Retrieved from
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- ONU/OMS, & ONU-HABITAT. (2011). *El derecho al agua* El derecho al agua. *Folleto informativo N°35*. Retrieved from
<http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>
- Orellana, J. (2009). Características del Agua Potable. In *Ingeniería Sanitaria* (UTN ed.). Retrieved from
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf.
- Pascual Anderson, M., & Calderon, V. (2015). Agua y Hielo. In D. Santos (Ed.), *MICROBIOLOGIA ALIMENTARIA, Metodología analítica para alimentos y bebidas* (2 ed., pp. 405-414). Retrieved from
https://books.google.com.ec/books?id=Cz-ICgAAQBAJ&pg=PA408&dq=caracteristicas+fisico+quimicas+del+agua+potable&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Pulido, M. d. P. A., de Navia, S. L. Á., Torres, S. M. E., & Prieto, A. C. G. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4).
- Quirós, F. R. (2005). Desinfección del agua con cloro y cloraminas. *Técnica industrial*, 260, 55.



- Ramos Olmos, R., Marqués, S., & Moreto, R. V. (2003). *El agua en el medio ambiente muestreo y análisis*.
- Salud, S. d. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994: Salud ambiental.: Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. *Diario Oficial de la Federación DVIII, 13*.
- Sena. (2000). Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico: operación y mantenimiento de plantas de potabilización de aguas. In: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. *Eumed. net*.
- Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., & Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria: coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego estado Carabobo Venezuela. *Rev. Soc. Venez. Microbiol, 24(1/2)*, 46-49.
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Universidad Rafael Landívar: Boletín electrónico [en línea]. [consultado 6.04. 2015] Disponible en: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf*.
- Vargas, R. R., & Vásquez, S. G. (2000). ESTABILIDAD DE LA SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO PRODUCIDO IN SITU.
- Water, S., & Organization, W. H. (2006). Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations.

ANEXO A. NTE INEN 1108:2014



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 1108
Quinta revisión
2014-01

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.



Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01
---	------------------------------------	---

1. OBJETO

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

2. CAMPO DE APLICACIÓN

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

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation). *Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales* (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Ministerio de salud Pública *REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS* Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 698 de 4 de Noviembre del 2002

4. DEFINICIONES

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

4.1.1 **Agua potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

4.1.2 **Agua cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

4.1.3 **Límite máximo permitido.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

4.1.4 **ufc/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

4.1.5 **NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

4.1.6 **mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

4.1.7 **Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

4.1.8 **Plaguicidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

NTE INEN 1108

2014-01

4.1.9 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

4.1.10 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

4.1.11 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

4.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

5. REQUISITOS

5.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5.2 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos
* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³⁰Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁸Pu
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁵I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

2014-0281

2 de 10

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

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

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

APÉNDICE Y (Informativo)

Y.1 Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable

Tabla Y.1

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4

APÉNDICE Z

BIBLIOGRAFÍA

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Fourth Edition. World Health Organization, 2011

ANEXO B. Preparación de reactivos para Dureza total.

Preparación de reactivos para Dureza total.

- **Solución Inhibidora:** Pesar 3.7 g de sulfuro de sodio pentahidratado $\text{Na}_2\text{S}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y disolver en agua destilada hasta completar 100 mL.
- **Solución Tampón:** Disolver 1.179 g de la sal disódica del EDTA y 0.644 g de cloruro de magnesio hexahidratado $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 50 mL de agua destilada; adicionar 16,9 g de cloruro de amonio NH_4Cl y 143 mL de hidróxido de amonio concentrado NH_4OH , mezclar y llevarlo a 250 mL con agua destilada.
- **Eriocromo negro T:** Ácido I – (1 hidróxido – 2 naftilazo) – 5 nitro – 2 naftol – 4 sulfónico. Mezclar en un mortero 0.5 g de Eriocromo negro T con 100 g de cloruro de sodio NaCl .
- **EDTA 0.01 M:** Pesar 3.72296 g de la sal disódica del EDTA y llevarlo a 1000 mL con agua destilada. Valorar con una solución patrón de carbonato de calcio CaCO_3 .
- **Solución patrón de carbonado de calcio:** Pesar 1.0 g de carbonato de calcio anhidro CaCO_3 , disolverlo con ácido clorhídrico HCl (1 +1). Añadir 200 mL de agua destilada y hervir unos minutos para eliminar el CO_2 . Enfriar y añadir unas gotas de rojo de metilo, ajustar al color anaranjado por adición de HCl (1 + 1). Transferir a un balón volumétrico de 1000 mL y aforar con agua destilada. Esta solución patrón contiene 1.0 mg CaCO_3 /1.0 mL.

**ANEXO C. Preparación de reactivos para la Alcalinidad.**

Preparación de reactivos para la Alcalinidad.

- **Solución patrón de carbonato de sodio:** Aproximadamente 0.025 M. Secar de 3 a 5 g de carbonato de sodio (Na_2CO_3) a 250 °C durante 4 horas. Enfriar en el desecador. Disolver 2.65 g en agua y diluir en matraz aforado hasta 1000 mL.
- **Ácido clorhídrico 0.1 M:** Diluir 9.0 mL de ácido clorhídrico HCl con agua hasta 1000 mL. Valorar con una solución patrón de carbonato de sodio Na_2CO_3 .
- **Ácido clorhídrico 0.02 M:** Diluir 1.8 mL de ácido clorhídrico HCl con agua hasta 1000 mL. Valorar con una solución patrón de carbonato de sodio Na_2CO_3 .
- **Solución del indicador de la fenolftaleína:** Disolver 0.1 g de fenolftaleína en 100 mL de etanol [$> 90\%$ (V/V) etanol].
- **Solución indicadora mixta de verde de bromocresol – rojo de metilo:** Disolver 0.2 g de verde de bromocresol y 0.015 g de rojo de metilo en 100 mL de etanol [$> 90\%$ (V/V) etanol].

ANEXO D. Ficha técnica del caldo LST.

Ficha técnica del caldo LST.

Lauril Sulfato Caldo.

Medio recomendado por A.P.H.A. para detección y recuento de coliformes en aguas, aguas residuales y alimentos.

Fundamento

Medio rico en nutrientes, que permite un rápido desarrollo de los microorganismos fermentadores de la lactosa, aún de los fermentadores lentos. La triptosa es la fuente de nitrógeno, vitaminas, minerales 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, éste 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		

Siembra

Para recuento de coliformes totales, técnica del Número Más Probable:
a.- Para el análisis de muestras fluidas como el agua, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1 ml y 0,1 ml en caldo simple concentración.

Número de tubos	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	10 ml	10 ml	Doble
3	1 ml	10 ml	Simple

3	0.1 ml	10 ml	Simple
---	--------	-------	--------

b.- Para muestras sólidas (alimentos, cosméticos, fármacos), efectuar diluciones seriadas 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} y sembrar cada dilución por triplicado en medio de cultivo simple concentración.

Número de tubos	Dilución de la muestra	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	10^{-1}	1 ml	10 ml	Simple
3	10^{-2}	1 ml	10 ml	Simple
3	10^{-3}	1 ml	10 ml	Simple

Incubación

Incubar los tubos 24-48 horas a 35-37 °C.

Resultados

Considerar como positivos aquellos tubos que presentan gas.

Microorganismos	Crecimiento	Producción de gas
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Bueno a excelente	+
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Bueno a excelente	+
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	Bueno a excelente	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Inhibido	Inhibido

El resultado del número más probable se expresa por 100 ml para muestras fluidas y por gramo para muestras sólidas.

Características del medio

Medio preparado: ámbar claro a ligeramente opalescente. Si se conserva en frío, generalmente flocula o forma precipitado.

Almacenamiento:

Si se conserva entre 25-30 °C o estufa de incubación a 35-37 °C permanece claro.

ANEXO E. Ficha técnica del caldo BGBL.

Ficha técnica del caldo BGBL.

Verde Brillante Bilis 2% Caldo.

Este medio está recomendado para el recuento de coliformes totales y fecales, por la técnica del número más probable.

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.

Fórmula (en gramos por litro)		Instrucciones
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.
Lactosa	10.0	
Peptona	10.0	
Verde brillante	0.0133	Preparar además, el medio a doble concentración. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos.
pH final: 7.2 ± 0.2		

Siembra

a.- Para el análisis de coliformes totales en muestras fluidas, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1 ml y 0,1 ml en caldo simple concentración.

Número de tubos	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	10 ml	10 ml	Doble
3	1 ml	10 ml	Simple
3	0.1 ml	10 ml	Simple

b.- Para el análisis de coliformes totales en muestras sólidas (alimentos, cosméticos, fármacos), efectuar diluciones seriadas 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} y sembrar cada dilución por triplicado en medio de cultivo simple concentración.

Número de tubos	Dilución de la muestra	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	10^{-1}	1 ml	10 ml	Simple
3	10^{-2}	1 ml	10 ml	Simple
3	10^{-3}	1 ml	10 ml	Simple

c.- Para análisis de coliformes fecales, a partir de cada tubo positivo en el test presuntivo de coliformes totales (proveniente de Verde Brillante y Bilis 2% Caldo ó Mac Conkey Caldo ó Lauril Sulfato, utilizando la técnica del NMP), o a partir de colonias presentes en diferentes medios, que se presume sean coliformes, transferir una asada a un tubo con Verde Brillante y Bilis al 2% caldo fresco, incubando a 45 ± 0.5 °C y otra en Agua Triptona con incubación a $35-37$ °C, para detectar la producción de indol.

Incubación

- a- Para de coliformes totales: a $35-37$ °C durante 24 horas.
- b- Para coliformes (fecales): a $44.5-45.5$ °C durante 24 horas.

Resultados

-Positivo: presencia de gas.

Con el número de tubos positivos, calcular el número más probable. El resultado se expresa por gramos ó 100 ml de producto

-Negativo: ausencia de gas.

Microorganismos	Crecimiento	Gas	Indol
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	+	+	+
<i>Enterobacter spp.</i>	+	+	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603	+	+	-
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	+	-	-
Bacterias no fermentadores de lactosa	+	-	Variable
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	-	-	-

+* ó -* 10-25% de cepas negativas o positivas

a partir de Agua Triptona



Características del medio

Medio preparado: verde esmeralda, transparente

Almacenamiento:

Medio deshidratado: a 10-35 °C.

Medio preparado: a 2-8 °C.

ANEXO F. Ficha técnica del caldo SIM.

Ficha técnica del caldo SIM.

MedioSIM.

Es un medio semisólido destinado a verificar la movilidad, producción de indol y de sulfuro de hidrógeno en un mismo tubo. Es útil para diferenciar miembros de la familia Enterobacteriaceae.

Fundamento

El triptófano es un aminoácido constituyente de muchas peptonas, y particularmente de la tripteína, que puede ser oxidado por algunas bacterias para formar indol. En el proceso interviene un conjunto de enzimas llamadas triptofanasa. El indol producido se combina con el aldehído del reactivo de Kovac's o de Erlich, para originar un compuesto de color rojo. Las cepas móviles pueden apreciarse en este medio, por la turbidez que producen alrededor de la punción de siembra, mientras que aquellas cepas productoras de sulfhídrico se distinguen por la formación de un precipitado negro de sulfuro de hierro a partir del tiosulfato siempre que el medio se mantenga a un pH mayor a 7.2.

Fórmula (en gramos por litro)		Instrucciones
Tripteína	20.0	Suspender 30 g del polvo por litro de agua destilada. Mezclar hasta disolver; calentar agitando y hervir durante un minuto. Distribuir unos 4 ml en tubos de hemólisis y esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Solidificar en posición vertical.
Peptona	6.1	
Sulfato de hierro y amonio	0.2	
Tiosulfato de sodio	0.2	
Agar	3.5	
pH final: 7.3 ± 0.2		

Siembra

A partir de un cultivo de 18-24 horas en medio sólido, sembrar por punción profunda con aguja de inoculación recta (no usar ansa con anillo). Se debe inocular el centro del tubo, y la punción debe abarcar 2 tercios de profundidad del medio de cultivo desde la superficie. Es importante que la siembra se realice en línea recta.

Incubación

Durante 24 horas, a 35-37 °C, en aerobiosis.

Luego de la incubación, agregar 3-5 gotas de reactivo de Kovac's o de Erlich.

Resultados

Cepas móviles: producen turbidez del medio, que se extiende más allá de la línea de siembra.

Cepas inmóviles: el crecimiento se observa solamente en la línea de siembra.

Cepas SH₂ positivas: ennegrecimiento a lo largo de la línea de siembra o en todo el medio.

Cepas SH₂ negativas: el medio permanece sin cambio de color.

Cepas indol positivas: desarrollo de color rojo luego de agregar el reactivo de Kovac's o de Erlich.

Cepas indol negativas: sin cambio de color.

Microorganismo	Movilidad	Indol	Producción de ácido sulfhídrico
<i>E. coli</i> ATCC 25922	+	+	-
<i>K. pneumoniae</i> ATCC 700603	-	-	-
<i>P. mirabilis</i> ATCC 43071	+	-	+
<i>S. typhimurium</i> ATCC 14028	+	-	+
<i>S. enteritidis</i> ATCC 13076	+	-	+
<i>S. flexneri</i> ATCC 12022	-	-	-

Limitaciones

-En las bacterias aerobias estrictas, que sólo crecen en superficie, la movilidad puede ser difícil de observar.

-Algunas bacterias productoras de melanina como *M. morganii*, pueden dar un color parduzco, que no debe confundirse con el color negro debido a la producción de ácido sulfhídrico.

Características del medio

Medio preparado: ámbar.



Almacenamiento

Medio deshidratado: a 10-35 °C.

Medio preparado: a 2-8 °C.



ANEXO G. Tabla de interpretación de resultados para NMP para 5 tubos.

Table 4 MPN index table

Number of positive tubes			MPN index per 100 mL	Number of positive tubes			MPN index per 100 mL
First dilution set	Second dilution set	Third dilution set		First dilution set	Second dilution set	Third dilution set	
0	0	0	< 2	4	2	1	26
0	0	1	2	4	3	0	27
0	1	0	2	4	3	1	33
0	2	0	4	4	4	0	34
1	0	0	2	5	0	0	23
1	0	1	4	5	0	1	30
1	1	0	4	5	0	2	40
1	1	1	6	5	1	0	30
1	2	0	6	5	1	1	50
2	0	0	4	5	1	2	60
2	0	1	7	5	2	0	50
2	1	0	7	5	2	1	70
2	1	1	9	5	2	2	90
2	2	0	9	5	3	0	80
2	3	0	12	5	3	1	110
3	0	0	8	5	3	2	140
3	0	1	11	5	3	3	170
3	1	0	11	5	4	0	130
3	1	1	14	5	4	1	170
3	2	0	14	5	4	2	220
3	2	1	17	5	4	3	280
4	0	0	13	5	4	4	350
4	0	1	17	5	5	0	240
4	1	0	17	5	5	1	300
4	1	1	21	5	5	2	500
4	1	1	26	5	5	3	900
4	2	0	22	5	5	4	1600
				5	5	5	i 1600

**ANEXO H. Tablas de resultados: Color.**

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



ANEXO I. Tablas de resultados pH.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	6,94	6,93	6,935	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7	7	7	7	7,1	7,05
2	6,93	6,93	6,93	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	6,9	6,9	6,9	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	7,15	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2
3	6,94	6,95	6,945	7,2	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7	7	7	7	7,3	7,3	7,3	7	7	7	7,1	7,1	7,1	6,8	6,8	6,8
4	6,96	6,96	6,96	7,1	7,1	7,1	7,1	7	7,05	7	7	7	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,1	7	7,05	7,1	7,1	7,1
5	6,99	7	6,995	7,2	7,2	7,2	6,9	6,9	6,9	7	7	7	7	7	7	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
6	6,99	7	6,995	7	7,1	7,05	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7	7,1	7,05	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	7,15
7	7	7,01	7,005	7	7	7	7,1	7,2	7,15	7	7	7	6,9	6,9	6,9	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2
8	7,01	7	7,005	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	6,9	6,9	6,9	7	7,1	7,05	6,9	6,9	6,9	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1
9	7	7,01	7,005	7,1	7,1	7,1	7	7,1	7,05	7,1	7,1	7,1	7	7	7	6,9	7	6,95	7,2	7,1	7,15	7,2	7,2	7,2
10	7,05	7,04	7,045	7	7	7	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
11	7	6,99	6,995	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	6,8	6,8	6,8	6,8	6,9	6,85	7	7	7	7,1	7,1	7,1	7	7	7
12	7,05	7,04	7,045	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	6,9	6,9	6,9	7	7	7	7,1	7,2	7,15	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1
13	7,04	7	7,02	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7	7,1	7,05	7,2	7,2	7,2

ANEXO J. Tablas de resultados Turbidez.

Fecha	7/11/2016	14/11/2017	21/11/2016	28/11/2016	5/12/2016	12/12/2016	19/12/2016	26/12/2016
-------	-----------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------



Muestra	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	0,23	0,31	0,27	0,63	0,61	0,62	0,71	0,71	0,71	0,58	0,59	0,585	0,13	0,43	0,28	0,26	0,27	0,265	1	1	1	1,2	1,22	1,21
2	0,39	0,42	0,405	0,6	0,58	0,59	0,79	0,8	0,795	0,56	0,54	0,55	0,3	0,27	0,285	0,26	0,14	0,2	0,86	0,87	0,865	0,78	0,76	0,77
3	0,45	0,46	0,455	0,81	0,8	0,805	0,66	0,68	0,67	0,4	0,39	0,395	0,31	0,32	0,315	0,92	0,2	0,56	0,91	0,9	0,905	0,74	0,74	0,74
4	0,28	0,28	0,28	0,6	0,61	0,605	0,56	0,52	0,54	0,54	0,53	0,535	0,25	0,21	0,23	0,56	0,57	0,565	0,9	0,93	0,915	0,7	0,72	0,71
5	0,48	0,49	0,485	0,35	0,33	0,34	0,5	0,29	0,395	0,31	0,31	0,31	0,25	0,34	0,295	0,6	0,6	0,6	0,22	0,21	0,215	0,18	0,78	0,48
6	0,25	0,26	0,255	0,87	0,84	0,855	0,67	0,67	0,67	0,49	0,49	0,49	0,49	0,45	0,47	0,19	0,17	0,18	0,29	0,28	0,285	0,82	0,8	0,81
7	0,28	0,3	0,29	0,3	0,32	0,31	0,56	0,54	0,55	0,35	0,33	0,34	0,29	0,3	0,295	0,49	0,46	0,475	0,3	0,3	0,3	0,32	0,8	0,56
8	0,46	0,44	0,45	0,28	0,88	0,58	0,85	0,85	0,85	0,24	0,23	0,235	0,42	0,4	0,41	0,58	0,58	0,58	0,28	0,26	0,27	1,27	1,25	1,26
9	0,39	0,41	0,4	0,61	0,65	0,63	0,95	0,95	0,95	1,02	1,04	1,03	0,29	0,3	0,295	0,35	0,36	0,355	0,39	0,4	0,395	0,96	0,98	0,97
10	0,6	0,51	0,555	0,44	0,45	0,445	1,57	1,37	1,47	0,83	0,85	0,84	0,46	0,45	0,455	0,19	0,2	0,195	0,45	0,45	0,45	0,95	0,94	0,945
11	0,27	0,27	0,27	0,58	0,63	0,605	0,52	0,51	0,515	0,91	0,9	0,905	0,39	0,41	0,4	0,71	0,7	0,705	0,38	0,36	0,37	0,9	0,91	0,905
12	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,92	0,94	0,93	0,72	0,7	0,71	0,33	0,24	0,285	0,35	0,35	0,35	0,43	0,42	0,425	0,82	0,81	0,815
13	0,62	0,64	0,63	0,67	0,65	0,66	0,82	0,82	0,82	0,39	0,7	0,545	0,39	0,33	0,36	0,36	0,35	0,355	0,35	0,34	0,345	0,63	0,63	0,63



ANEXO K. Tablas de resultados Conductividad.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio
1	66	66,1	66,05	132,2	132	132,1	141,4	141,56	141,48	142,4	142,4	142,4	133,1	132,9	133	134,5	134,7	134,6	128,9	128,7	128,8	134,7	134,5	134,6
2	67,1	67	67,05	132,4	132,4	132,4	141,42	141,4	141,41	141,8	141,8	141,8	131,1	131	131,05	132,5	132,7	132,6	124,7	125	124,85	134,3	134,3	134,3
3	66,7	66,8	66,75	130,8	131	130,9	139,6	139,6	139,6	143	143	143	130,5	130,5	130,5	132,6	132,6	132,6	124,9	124,9	124,9	132,8	132,8	132,8
4	66,8	66,9	66,85	131	131,2	131,1	140,2	140,4	140,3	143,4	143	143,2	131,4	131,3	131,35	132,5	132,5	132,5	124,4	124,5	124,45	132,7	132,7	132,7
5	66,5	66,5	66,5	132	131,8	131,9	141	140,8	140,9	143,2	143,2	143,2	130,6	130,3	130,45	135,1	135,1	135,1	124,2	124,1	124,15	132,5	132,3	132,4
6	66,7	66,7	66,7	131,4	131,4	131,4	140,2	140,2	140,2	142,6	143	142,8	130	129,9	129,95	134,1	134,1	134,1	124,6	124,6	124,6	132,5	132,5	132,5
7	66,7	66,8	66,75	131,6	131,6	131,6	139,4	139,6	139,5	142,4	142,6	142,5	129,8	129,8	129,8	133,5	133	133,25	123,9	123,8	123,85	132	132,1	132,05
8	66,7	66,7	66,7	131,6	131,4	131,5	140,8	140,8	140,8	143	143	143	130,4	130,4	130,4	134,1	134	134,05	125	124,9	124,95	132,1	133	132,55
9	70,5	70	70,25	128,4	128,4	128,4	137	136,8	136,9	139	139	139	134,2	134,1	134,15	132,1	132,1	132,1	127,9	127,8	127,85	132,7	132,9	132,8
10	67,1	67,1	67,1	130,8	130,8	130,8	139,2	139,2	139,2	138,8	139	138,9	131,5	131,5	131,5	137	136,8	136,9	121,5	126,5	124	131,9	131,8	131,85
11	72,8	72,6	72,7	130,4	130,4	130,4	173,2	172,4	172,8	147,8	148	147,9	139,2	139,1	139,15	141,5	141,5	141,5	126,3	126,5	126,4	133,1	132,9	133
12	66,6	66,7	66,65	131,2	131,2	131,2	140,4	140,6	140,5	142,8	142,8	142,8	136,3	136,3	136,3	135,7	135,7	135,7	126	128	127	134,3	134,5	134,4
13	66,9	67	66,95	131,2	131,2	131,2	140,2	140,4	140,3	141,8	141,8	141,8	146,9	147,1	147	138,9	138,9	138,9	127,4	127,4	127,4	134,8	134,8	134,8


ANEXO L. Tablas de resultados Dureza Total.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	32	32	32	32	28,8	30,4	32	32	32	35,2	32	33,6	32	32	32	35,2	35,2	35,2	30	30,5	30,25	32	32	32
2	35,2	28,8	32	32	32	32	32	35,2	33,6	32	32	32	32	28,8	30,4	32	32	32	25,6	25,6	25,6	32	32	32
3	35	35	35	30,4	32	31,2	32	32	32	30,4	32	31,2	28,8	28,8	28,8	32	32	32	25,6	25,6	25,6	35,2	35,2	35,2
4	28,8	28,8	28,8	30,4	30,4	30,4	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	26,24	26,24	26,24	32	32	32
5	28,8	32	30,4	30,4	28,8	29,6	30,4	32	31,2	30,4	30,4	30,4	32	32	32	35,2	32	33,6	32	32	32	30,4	28,8	29,6
6	28,8	32	30,4	28,8	28,8	28,8	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	30,08	30,08	30,08	28,8	30,4	29,6
7	28,8	32	30,4	30,4	28,8	29,6	32	32	32	30,4	30,4	30,4	35,2	32	33,6	32	35,2	33,6	32	32,64	32,32	30,4	32	31,2
8	35,2	32	33,6	30,4	30,4	30,4	32	32	32	32	30,4	31,2	30,4	32	31,2	28,8	32	30,4	31,36	31,36	31,36	32	32	32
9	32	28,8	30,4	28,8	30,4	29,6	30,4	30,4	30,4	30,4	32	31,2	32	32	32	32	32	32	31,36	31,36	31,36	35,2	32	33,6
10	32	32	32	32	32	32	28,8	30,4	29,6	32	32	32	35,2	35,2	35,2	32	32	32	31,36	31,36	31,36	30,4	32	31,2
11	32	32	32	32	30,4	31,2	35,2	32	33,6	30,4	28,8	29,6	32	32	32	28,8	32	30,4	32,64	32	32,32	32	32	32
12	32	28,8	30,4	28,8	30,4	29,6	32	32	32	32	32	32	30,4	32	31,2	32	32	32	32	32	32	32	32	32
13	32	32	32	30,4	30,4	30,4	28,8	30,4	29,6	32	30,4	31,2	32	32	32	32	32	32	30,72	31,36	31,04	32	35,2	33,6


ANEXO M. Tablas de resultados Alcalinidad Total.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio	1°	2°	Promedio
1	23	24	23,5	24	23,6	23,8	21,2	21,6	21,4	22,4	22	22,2	22	21,6	21,8	20	20	20	18,4	18,4	18,4	20	20	20
2	22,8	23,2	23	22,8	22,8	23,2	22	22	22	22,4	22,4	22,4	23,2	22,8	23	20	20,16	20,08	20,8	20,8	20,8	20,4	20,8	20,6
3	22,8	22,4	22,6	23,2	23,2	22,8	22	22,4	22,2	22,4	22,4	22,4	21,6	21,6	21,6	20	20	20	20	20	20	20,8	20,8	20,8
4	22,4	22,4	22,4	23,2	23,2	23,2	22,4	22	22,2	20,8	21,2	21	21,6	20,8	21,2	20,8	20	20,4	20	19,2	19,6	19,2	19,2	19,2
5	22,8	23,2	23	23,6	23,6	24	21,6	21,6	21,6	21,6	22	21,8	20,8	20,8	20,8	20,8	21,2	21	20	16	18	19,2	19,2	19,2
6	22,4	23,2	22,8	24	24	24	22,4	22,8	22,6	22	22	22	22	22	22	20	20	20	20,8	4	12,4	18,4	19,2	18,8
7	23,2	22,4	22,8	22,8	23,2	23	22	22	22	21,2	21,6	21,4	22	22,4	22,2	19,6	20	19,8	20	20,8	20,4	19,6	20	19,8
8	22,8	23,6	23,2	24	24	23,2	22,4	22,8	22,6	21,6	22	21,8	22,8	29,6	26,2	20	20	20	18,4	20	19,2	20	20	20
9	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	21,2	21,6	21,4	20,8	21,2	21	20,8	21,2	21	20,8	20	20,4	20	19,2	19,6	20	20	20
10	23,6	22,8	23,2	24	24	24	21,6	22	21,8	22	22,4	22,2	21,6	21,2	21,4	20	20	20	20,8	20	20,4	18,4	20	19,2
11	22,4	22,4	22,4	23,6	23,6	23,6	22,4	22,4	22,4	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	18,4	18,4	18,4
12	22,8	23,2	23	23,6	24	23,8	21,2	21,6	21,4	22,4	22,4	22,4	21,6	22	21,8	20	20	20	20	20	20	20	18,4	19,2
13	23,2	23,2	23,2	24	24	24	22,4	22,4	22,4	21,2	22	21,6	22,4	23,2	22,8	19,6	19,6	19,6	20	19,2	19,6	20	19,6	19,8


ANEXO N. Tablas de resultados Cloro Libre Residual.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	0,06	0,06	0,06	0,28	0,27	0,275	0,27	0,28	0,275	0,17	0,19	0,18	0,62	0,62	0,62	0,33	0,33	0,33	0,05	0,05	0,05	0,25	0,25	0,25
2	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,32	0,31	0,315	0,2	0,2	0,2	0,5	0,51	0,505	0,35	0,36	0,355	0,03	0,03	0,03	0,4	0,4	0,4
3	0,08	0,08	0,08	0,19	0,18	0,185	0,26	0,26	0,26	0,22	0,22	0,22	0,87	0,88	0,875	0,4	0,41	0,405	0,11	0,1	0,105	0,14	0,15	0,145
4	0,13	0,12	0,125	0,32	0,29	0,305	0,35	0,36	0,355	0,2	0,2	0,2	0,43	0,43	0,43	0,33	0,34	0,335	0,06	0,05	0,055	0,27	0,29	0,28
5	0,08	0,08	0,08	0,33	0,32	0,325	0,35	0,35	0,35	0,24	0,24	0,24	0,57	0,58	0,575	0,51	0,52	0,515	0,12	0,12	0,12	0,11	0,1	0,105
6	0,04	0,04	0,04	0,2	0,2	0,2	0,32	0,32	0,32	0,06	0,07	0,065	0,73	0,74	0,735	0,36	0,38	0,37	0,05	0,05	0,05	0,3	0,31	0,305
7	0,07	0,07	0,07	0,22	0,2	0,21	0,23	0,23	0,24	0,13	0,13	0,13	0,79	0,8	0,795	0,43	0,44	0,435	0,1	0,09	0,095	0,2	0,2	0,2
8	0,08	0,07	0,075	0,24	0,22	0,23	0,32	0,32	0,32	0,15	0,15	0,15	0,65	0,65	0,65	0,63	0,64	0,635	0,06	0,06	0,06	0,02	0,02	0,02
9	0,19	0,19	0,19	0,05	0,003	0,0265	0,05	0,05	0,05	0,14	0,12	0,13	0,83	0,83	0,83	0,39	0,4	0,395	0,05	0,05	0,05	0,3	0,3	0,3
10	0,05	0,04	0,045	0,16	0,16	0,16	0,27	0,27	0,27	0	0	0	0,85	0,86	0,855	0,77	0,77	0,77	0,05	0,05	0,05	0,19	0,19	0,19
11	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,53	0,53	0,53	0	0	0	0,39	0,4	0,395	0,36	0,35	0,355	0,09	0,1	0,095	0,3	0,3	0,3
12	0,05	0,05	0,05	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,12	0,125	0,66	0,66	0,66	0,58	0,6	0,59	0,05	0,05	0,05	0,2	0,2	0,2
13	0,05	0,05	0,05	0,23	0,21	0,22	0,29	0,29	0,29	0,07	0,07	0,07	0,68	0,68	0,68	0,55	0,56	0,555	0,12	0,13	0,125	0,21	0,22	0,215


ANEXO O. Tablas de resultados Sulfatos.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	20	20	20	15	15	15	30	29	29,5	36	36	36	33	33	33	27	27	27	25	25	25	23	23	23
2	25	25	25	16	16	16	27	27	27	33	34	33,5	30	30	30	28	28	28	26	26	26	21	21	21
3	26	26	26	19	19	19	24	24	24	32	32	32	32	33	32,5	30	30	30	27	27	27	22	22	22
4	24	24	24	20	20	20	24	24	24	37	37	37	36	37	36,5	28	28	28	27	27	27	32	32	32
5	25	25	25	18	18	18	25	25	25	39	39	39	36	36	36	31	31	31	26	25	25,5	25	25	25
6	25	25	25	22	22	22	55	55	55	38	38	38	32	32	32	25	25	25	27	27	27	33	33	33
7	24	24	24	22	22	22	37	37	37	35	35	35	34	34	34	30	30	30	25	26	25,5	25	25	25
8	23	23	23	21	21	21	39	39	39	39	39	39	35	36	35,5	28	28	28	26	26	26	26	26	26
9	27	27	27	17	17	17	27	27	27	34	35	34,5	30	30	30	22	22	22	26	26	26	25	25	25
10	23	24	23,5	14	14	14	33	33	33	39	39	39	38	38	38	27	28	27,5	27	27	27	26	27	26,5
11	28	28	28	23	23	23	19	19	19	37	38	37,5	38	38	38	30	31	30,5	27	26	26,5	26	26	26
12	26	26	26	21	21	21	29	29	29	37	37	37	34	34	34	33	35	34	26	26	26	30	30	30
13	26	26	26	20	20	20	24	24	24	31	31	31	29	29	29	34	35	34,5	28	27	27,5	31	31	31



ANEXO P. Tablas de resultados Nitritos.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	0,01	0,01	0,01	0,013	0,015	0,014	0	0	0	0,005	0,006	0,0055	0,017	0,019	0,018	0	0	0	0,002	0,001	0,0015	0,05	0,05	0,05
2	0,001	0,001	0,001	8	0,008	4,004	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0	0,01	0,011	0,0105	0,002	0,002	0,002	0,033	0,033	0,033
3	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0	0	0
4	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,018	0,018	0,018	0,02	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001	0,032	0,032	0,032
5	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,0035	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,009	0,009	0,009	0,003	0,003	0,003	0	0	0
6	0,003	0,003	0,003	0	0,001	0,0005	0,005	0,005	0,005	0,065	0,064	0,0645	0,003	0,006	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,014	0,014	0,014	0,004	0,005	0,0045
7	0,004	0,004	0,004	0,009	0,009	0,009	0,021	0,021	0,021	0,085	0,085	0,085	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,012	0,013	0,0125
8	0,003	0,003	0,003	0	0	0	0	0	0	0,001	0,002	0,0015	0	0	0	0	0	0	0,003	0,003	0,003	0,023	0,025	0,024
9	0,003	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,019	0,019	0,019	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,015	0,013	0,014
10	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0	0	0	0,007	0,008	0,0075	0,001	0,001	0,001	0,007	0,009	0,008	0,002	0,002	0,002	0,031	0,031	0,031
11	0,01	0,01	0,01	0,004	0,004	0,004	0	0	0	0,043	0,045	0,044	0,24	0,24	0,24	0,018	0,02	0,019	0,003	0,002	0,0025	0	0	0
12	0,004	0,004	0,004	0,005	0,008	0,0065	0,003	0,003	0,003	0,016	0,016	0,016	0	0	0	0	0,001	0,0005	0,002	0,002	0,002	0,031	0,031	0,031
13	0,004	0,004	0,004	0	0	0	0,007	0,006	0,0065	0	0	0	0	0,001	0,0005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,224	0,222	0,223



ANEXO Q. Tablas de resultados Nitratos.

Fecha	7/11/2016			14/11/2017			21/11/2016			28/11/2016			5/12/2016			12/12/2016			19/12/2016			26/12/2016		
Muestra	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media	1°	2°	Media
1	0,7	0,7	0,7	6,3	6,3	6,3	4	3,9	3,95	6,4	6,3	6,35	5,5	6,4	5,95	2,4	2,3	2,35	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
2	1,1	1,1	1,1	5,7	5,7	5,7	1,9	2	1,95	2,9	2,9	2,9	3	3,2	3,1	7,3	7,5	7,4	1,9	2	1,95	1,6	1,6	1,6
3	0,7	0,7	0,7	8,6	8,8	8,7	5,8	5,7	5,75	0,6	0,7	0,65	0	0	0	4,9	4,9	4,9	0,7	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9
4	0,9	0,9	0,9	7,6	7,4	7,5	11	10,8	10,9	3,2	3,3	3,25	0	0	0	5,2	5,3	5,25	0,8	0,9	0,85	6,6	6,8	6,7
5	0,9	0,9	0,9	4,2	4,3	4,25	5,7	5,5	5,6	2,8	3	2,9	0	0	0	9,3	9,5	9,4	1,7	1,3	1,5	5,3	5,3	5,3
6	0,9	0,9	0,9	3,4	3,9	3,65	6,9	6,9	6,9	1,8	1,7	1,75	1,4	1,6	1,5	5,6	5,7	5,65	0,6	0,6	0,6	7,6	7,7	7,65
7	1,2	1,1	1,15	5,5	5,5	5,5	7,2	7,1	7,15	7,6	7,7	7,65	2,4	2,4	2,4	8,8	8,7	8,75	0,7	0,8	0,75	6,6	6,5	6,55
8	1,1	1,2	1,15	7,4	7,4	7,4	7,2	7,2	7,2	1,1	1,2	1,15	1,8	1,8	1,8	2,1	2,3	2,2	0,9	0,9	0,9	1,7	1,7	1,7
9	1	0,9	0,95	5,5	5,4	5,45	6,3	6,4	6,35	1,6	1,5	1,55	9,5	9,3	9,4	2,8	2,9	2,85	1	0,9	0,95	0,4	0,4	0,4
10	0,7	0,8	0,75	9,1	9	9,05	4,3	4,4	4,35	8,3	8,5	8,4	9,2	9	9,1	4,1	4,1	4,1	0,8	0,8	0,8	6	6,1	6,05
11	0,7	0,7	0,7	8	7,9	7,95	3,5	3,5	3,5	0,9	0,9	0,9	0	0	0	2,1	2,3	2,2	0,8	0,8	0,8	1,9	2	1,95
12	0,9	0,8	0,85	5,1	5,1	5,1	4,3	4,4	4,35	0,5	0,5	0,5	0	0	0	4,1	4,3	4,2	1	1	1	2,1	2,1	2,1
13	0,8	0,9	0,85	9	9,1	9,05	6,4	6	6,2	3,1	2,8	2,95	0,9	1	0,95	0,4	0,4	0,4	0,8	0,9	0,85	5	4,9	4,95



ANEXO R. Tablas de resultados microbiológicos.

Coliformes totales y fecales

Fecha	Coliformes Totales																Coliformes Fecales
	7/11/2016		14/11/2017		21/11/2016		28/11/2016		5/12/2016		12/12/2016		19/12/2016		26/12/2016		Observaciones: no se realizó determinación, sin muestras positivas en siembra en caldo LSD
Muestra	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	0
1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
7	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
9	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0



11	<2	<2	<2	<2	<2	<2	$\frac{<}{2}$	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
12	<2	<2	<2	<2	<2	<2	$\frac{<}{2}$	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
13	<2	<2	<2	<2	<2	<2	$\frac{<}{2}$	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0

ANEXO S PRUEBA T STUDENT

- **Prueba T-Student pH**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	7,020	0,120	0,054
2	8	7,070	0,990	0,35

Diferencia = μ (1) - μ (2)

Estimación de la diferencia: -0,050

IC de 95% para la diferencia: (-0,887; 0,787)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = -0,14 Valor p = 0,892 GL = 7

- **Prueba T-Student Turbidez**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	0,547	0,176	0,079
2	8	0,552	0,271	0,096

Diferencia = μ (1) - μ (2)

Estimación de la diferencia: -0,005

IC de 95% para la diferencia: (-0,281; 0,271)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = -0,04 Valor p = 0,969 GL = 10

- **Prueba T-Student Dureza**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	31,626	0,832	0,37
2	8	31,47	1,23	0,43

Diferencia = μ (1) - μ (2)

Estimación de la diferencia: 0,156

IC de 95% para la diferencia: (-1,118; 1,430)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = 0,27 Valor p = 0,791 GL = 10

- **Prueba T-Student Cloro libre residual**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	0,312	0,148	0,066
2	8	0,261	0,237	0,084

Diferencia = μ (1) - μ (2)

Estimación de la diferencia: 0,051

IC de 95% para la diferencia: (-0,187; 0,289)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = 0,48 Valor p = 0,644 GL = 10

- **Prueba T-Student Sulfatos**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	27,01	5,84	2,6
2	8	28,94	6,71	2,4

Diferencia = μ (1) - μ (2)

Estimación de la diferencia: -1,93

IC de 95% para la diferencia: (-9,91; 6,05)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = -0,55 Valor p = 0,598 GL = 9

- **Prueba T-Student Nitritos**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	0,0062	0,0110	0,0049
2	8	0,0150	0,0410	0,014

Diferencia = μ (1) - μ (2)

Estimación de la diferencia: -0,0088

IC de 95% para la diferencia: (-0,0441; 0,0265)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = -0,57 Valor p = 0,581 GL = 8

- **Prueba T-Student Nitratos**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	3,79	2,73	1,2
2	8	3,51	2,95	1,0

Diferencia = μ (1) - μ (2)

Estimación de la diferencia: 0,27

IC de 95% para la diferencia: (-3,36; 3,91)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = 0,17 Valor p = 0,868 GL = 9

- **Prueba T-Student Conductividad**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	133,99	5,27	2,4
2	8	135,27	7,38	2,6

Diferencia = $\mu (1) - \mu (2)$

Estimación de la diferencia: -1,28

IC de 95% para la diferencia: (-9,11; 6,55)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = -0,36 Valor p = 0,723 GL = 10

- **Prueba T-Student Alcalinidad**

Prueba T de dos muestras e IC

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
1	5	21,43	1,49	0,67
2	8	21,41	1,95	0,69

Diferencia = $\mu (1) - \mu (2)$

Estimación de la diferencia: 0,017

IC de 95% para la diferencia: (-2,120; 2,154)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = 0,02 Valor p = 0,986 GL = 10

ANEXO T. FOTOS

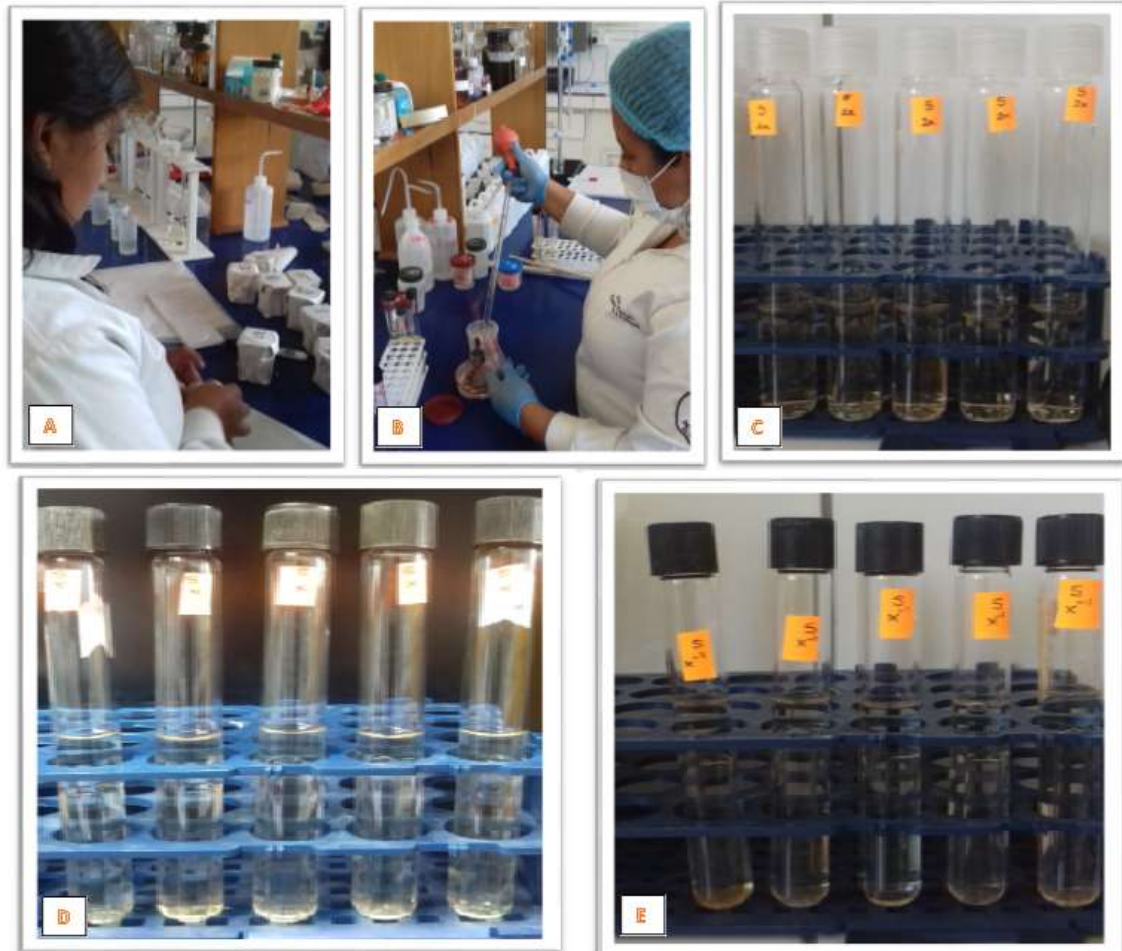
Equipos. A: Balanza Analítica Marca BOECO Germany BWL 61, B: Autoclave Marca: GLOWS LS-1, C: Estufa Marca Memmert, D: Baño María Marca Memmert, E: Espectrofotómetro Marca HACH DR/890.



Toma de muestra. A: Esterilización del lugar de la toma e muestra mediante alcohol al 70 %, B: Toma de muestra para análisis físico-químico y microbiológico.



Análisis físico-químicos. A: Determinación de Sulfatos, B: Determinación de la Alcalinidad. C: Determinación del parámetro Cloro Libre Residual D: Determinación de nitritos en muestras de agua, E: titulación con EDTA para determinación de la Dureza Total.



Análisis microbiológicos. A: Esterilización de material, B: Siembra de muestras C: Resultados a las 48 h de siembra en caldo LST en tubos a doble concentración con 10 mL de muestra, D: Resultados a las 48 h de siembra en caldo LST en tubos a simple concentración con 1 mL de muestra, E: Resultados a las 48 h de siembra en caldo LST en tubos a simple concentración con 0,1 mL de muestra.