



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y  
MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA  
JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE SAN JOSE DE  
PUÑACHIZAG, CANTÓN QUERO, PROVINCIA TUNGURAHUA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Para optar el grado académico de:**

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORA: SOFÍA SALOME TIBANQUIZA NUÑEZ**

**TUTOR: MSc. IGOR EDUARDO ASTUDILLO SKLIAROVA**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2018**

**©2018, Sofía Salome Tibanquiza Núñez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE SAN JOSE DE PUÑACHIZAG, CANTÓN QUERO, PROVINCIA TUNGURAHUA, de responsabilidad de la Señorita Sofia Salome Tibanquiza Nuñez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Msc. Igor Eduardo Astudillo

**DIRECTOR DE TRABAJO**

**DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Paola Chiluzia

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Yo, Sofía Salome Tibanquiza Núñez, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Sofía Salome Tibanquiza Nuñez

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación lo dedico primeramente a Dios por brindarme bendiciones, sabiduría, fortaleza, fuerza para cumplir mi gran sueño de ser algún día una profesional. A mis padres Jorge y María por darme la vida, amor, apoyo incondicional, recursos económicos, y consejos que día a día me han convertido en una mujer valiente, luchadora para que no me derrote ante nadie. A mi esposo y a mi hijo por ser un pilar fundamental en mi vida que, gracias a ellos por su comprensión, confianza, apoyo me han motivado a seguir adelante y superarme, por más obstáculos que se me ha presentado a lo largo de toda la carrera. A mis hermanas que son un ejemplo a seguir, y por sus palabras alentadoras, que me animaron a cumplir mi meta. A mis amigas que de una u otra manera estuvieron conmigo en todo momento. De todo corazón les dedico mi tesis.

Sofía

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme vida, salud para cumplir mi meta propuesta y guiarme día a día por el sendero de la vida, a mis padres, hermanas, esposo e hijo, por su apoyo incondicional, emocional y económico, me ha motivado a superarme y seguir adelante.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia por abrirme las puertas, y darme la formación académica necesaria para cumplir mi sueño.

A los directivos de la junta administradora del agua potable San José de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua, señores Walter Barreno y Luis Sánchez por brindarme apertura y ayuda para realizar el presente trabajo de investigación.

A la Dra. Gina Álvarez encargada del Laboratorio de Aguas, y al BQ. F Fernando Pancho encargado del Laboratorio de Análisis Clínicos y Bacteriológico por ayudarme con sus conocimientos y darme apertura para realizar los análisis respectivos de este trabajo de investigación.

En especial al Dr. Carlos Espinoza, MSc. Igor Astudillo, Ing. Paola Chiluiza por su valiosa colaboración, tiempo, asesoramiento, culminación en la dirección del trabajo de titulación.

Sofía

## TABLA DE CONTENIDO

|               |      |
|---------------|------|
| RESUMEN.....  | xiii |
| ABSTRACT..... | xiv  |

### CAPÍTULO I

|         |                                       |    |
|---------|---------------------------------------|----|
| 1       | MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....       | 6  |
| 1.1     | Antecedentes de la investigación..... | 6  |
| 1.2     | Bases Teóricas .....                  | 8  |
| 1.3     | Agua.....                             | 8  |
| 1.3.1   | <i>Composición y estructura</i> ..... | 9  |
| 1.4     | Fuentes de agua .....                 | 10 |
| 1.4.1   | <i>Aguas Superficiales</i> .....      | 10 |
| 1.4.2   | <i>Aguas Subterráneas</i> .....       | 10 |
| 1.5     | Tipos de agua .....                   | 11 |
| 1.5.1   | <i>Agua cruda</i> .....               | 11 |
| 1.5.2   | <i>Agua potable</i> .....             | 11 |
| 1.6     | Calidad del agua.....                 | 11 |
| 1.6.1   | <i>Calidad Física</i> .....           | 12 |
| 1.6.1.1 | <i>Sabor y Olor</i> .....             | 13 |
| 1.6.1.2 | <i>Color</i> .....                    | 13 |
| 1.6.1.3 | <i>Temperatura</i> .....              | 14 |
| 1.6.1.4 | <i>pH</i> ....                        | 14 |
| 1.6.1.5 | <i>Conductividad</i> .....            | 14 |
| 1.6.1.6 | <i>STD</i> .....                      | 15 |
| 1.6.1.7 | <i>Turbiedad</i> .....                | 15 |
| 1.6.2   | <i>Calidad química</i> .....          | 15 |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 1.6.2.1      | <i>Dureza</i> .....   | 16        |
| 1.6.2.2      | <i>Hierro</i> .....   | 17        |
| 1.6.2.3      | <i>Nitrato y Nitrito</i> .....  | 17        |
| 1.6.2.4      | <i>Fluoruros</i> .....  | 17        |
| 1.6.2.5      | <i>Fosfatos</i> .....   | 18        |
| 1.6.2.6      | <i>Amoniaco</i> .....   | 18        |
| 1.6.2.7      | <i>Sulfatos</i> .....   | 18        |
| 1.6.2.8      | <i>Cloruro</i> .....  | 19        |
| 1.6.2.9      | <i>Cianuro</i> .....  | 19        |
| 1.6.2.10     | <i>Arsénico</i> .....   | 19        |
| 1.6.2.11     | <i>Bario</i> .....  | 19        |
| 1.6.2.12     | <i>Cobre</i> .....  | 20        |
| 1.6.2.13     | <i>Manganeso</i> .....  | 20        |
| 1.6.2.14     | <i>Plomo</i> .....  | 20        |
| <b>1.6.3</b> | <b><i>Calidad microbiológica</i></b> .....  | <b>21</b> |
| <b>1.6.4</b> | <b><i>Método número más probable (NMP), determinación de coliformes fecales</i></b> ..... | <b>24</b> |

## **CAPÍTULO II**

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>2</b>     | <b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>Tipo y diseño de investigación</b> .....                                | <b>25</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>Unidad de análisis</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>2.3</b>   | <b>Población de estudio y localización de los puntos de muestreo</b> ..... | <b>26</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>Tamaño de muestra</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>Flujograma de trabajo</b> .....   | <b>29</b> |
| <b>2.5.1</b> | <b><i>Técnica de muestreo</i></b> .....                                    | <b>29</b> |
| <b>2.6</b>   | <b>Análisis de muestras</b> .....  | <b>31</b> |
| <b>2.6.1</b> | <b><i>Análisis físicos</i></b> .....                                       | <b>31</b> |
| <b>2.6.2</b> | <b><i>Análisis químico</i></b> .....                                       | <b>32</b> |
| <b>2.6.3</b> | <b><i>Análisis microbiológico</i></b> .....                                | <b>36</b> |



## CAPÍTULO III

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>3</b>     | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>39</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Análisis físicos del agua .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>3.1.1</b> | <i>Análisis de pH según muestras analizadas .....</i>  | <i>40</i> |
| <b>3.1.2</b> | <i>Análisis de temperatura según muestras analizadas .....</i>                                       | <i>42</i> |
| <b>3.1.3</b> | <i>Análisis de Sólidos Totales Disueltos (mg/l) según muestras analizadas .....</i>                  | <i>44</i> |
| <b>3.1.4</b> | <i>Análisis de Conductividad (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>) según muestras analizadas.....</i> | <i>46</i> |
| <b>3.1.5</b> | <i>Análisis de turbiedad (U.N.T.) según muestras analizadas. ....</i>                                | <i>48</i> |
| <b>3.1.6</b> | <i>Análisis de color (Pt-Co) según muestras analizadas. ....</i>                                     | <i>50</i> |
| <b>3.2</b>   | <b>Análisis químicos del agua.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>3.2.1</b> | <i>Análisis de dureza (mg/L) según muestras analizadas. ....</i>                                     | <i>53</i> |
| <b>3.2.2</b> | <i>Análisis de cloruros (mg/L) según muestras analizadas.....</i>                                    | <i>55</i> |
| <b>3.2.3</b> | <i>Análisis de nitratos (mg/L) según muestras analizadas.....</i>                                    | <i>57</i> |
| <b>3.2.4</b> | <i>Análisis de nitritos (mg/L) según muestras analizadas. ....</i>                                   | <i>59</i> |
| <b>3.2.5</b> | <i>Análisis de flúor (mg/L) según muestras analizadas. ....</i>                                      | <i>61</i> |
| <b>3.2.6</b> | <i>Análisis de fosfatos (mg/L) según muestras analizadas. ....</i>                                   | <i>63</i> |
| <b>3.2.7</b> | <i>Análisis de amoníó (mg/L) según muestras analizadas.....</i>                                      | <i>65</i> |
| <b>3.3</b>   | <b>Análisis microbiológico del agua.....</b>   | <b>67</b> |
| <b>3.3.1</b> | <i>Análisis de Coliformes Totales según muestras analizadas. ....</i>                                | <i>67</i> |
| <b>3.4</b>   | <b>Relación de las variables Físicas, químicas y microbiológicas .....</b>                           | <b>70</b> |
|              | <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>72</b> |
|              | <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>74</b> |
|              | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  |           |
|              | <b>ANEXOS</b>  |           |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1-1</b> Requisitos físicos y químicos del agua potable.....  | 21 |
| <b>Tabla 2-1</b> Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua..... | 22 |
| <b>Tabla 3-1</b> Requisitos microbiológicos del agua potable.....   | 23 |
| <b>Tabla 1-2</b> Puntos de muestreo de la red de distribución de agua potable San José de Puñachizag, Cantón Quero.....     | 27 |
| <b>Tabla 2-2</b> Índice del NMP de bacterias cuando se utiliza tres alícuotas de 1 cm <sup>3</sup> por dilución.....        | 38 |
| <b>Tabla 1-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados de pH.....  | 40 |
| <b>Tabla 2-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de temperatura.....                                    | 42 |
| <b>Tabla 3-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de Sólidos Totales Disueltos....                       | 44 |
| <b>Tabla 4-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de conductividad.....                                  | 46 |
| <b>Tabla 5-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de turbiedad.....                                      | 48 |
| <b>Tabla 6-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de color.....  | 50 |
| <b>Tabla 7-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de dureza.....   | 53 |
| <b>Tabla 8-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de cloruros.....                                       | 55 |
| <b>Tabla 9-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de nitratos.....                                       | 57 |
| <b>Tabla 10-3</b> Datos estadísticos a partir de resultados del análisis de nitritos.....                                   | 59 |
| <b>Tabla 11-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de flúor.....   | 61 |
| <b>Tabla 12-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de fosfatos.....                                      | 63 |
| <b>Tabla 13-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de amoníaco.....                                      | 65 |
| <b>Tabla 14-3</b> Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de coliformes totales y fecales.....                  | 67 |
| <b>Tabla 15-3</b> Análisis estadístico de Componentes Principales.....  | 70 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 1-3</b> Dispersión lineal del parámetro pH según muestras.....                                       | 41 |
| <b>Gráfico 2-3</b> Dispersión lineal del parámetro temperatura según muestras analizadas.....                   | 43 |
| <b>Gráfico 0-1</b> Dispersión lineal del parámetro Solidos Totales Disueltos según muestras analizadas<br>..... | 45 |
| <b>Gráfico 4-3</b> Dispersión lineal del parámetro conductividad según muestras analizadas.....                 | 47 |
| <b>Gráfico 5-3</b> Dispersión lineal del parámetro turbiedad según muestras analizadas.....                     | 49 |
| <b>Gráfico 6-3</b> Dispersión lineal del parámetro de color según muestras analizadas.....                      | 51 |
| <b>Gráfico 7-3</b> Dispersión lineal del parámetro de dureza según muestras analizadas.....                     | 54 |
| <b>Gráfico 8-3</b> Dispersión lineal del parámetro de cloruros según muestras analizadas.....                   | 56 |
| <b>Gráfico 9-3</b> Dispersión lineal del parámetro de nitratos según muestras analizadas.....                   | 58 |
| <b>Gráfico 10-3</b> Dispersión lineal del parámetro de nitritos según muestras analizadas.....                  | 60 |
| <b>Gráfico 11-3</b> Dispersión lineal del parámetro de flúor según muestras analizadas.....                     | 62 |
| <b>Gráfico 12-3</b> Dispersión lineal del parámetro de fosfatos según muestras analizadas.....                  | 64 |
| <b>Gráfico 13-3</b> Dispersión lineal del parámetro de amonio según muestras analizadas.....                    | 66 |
| <b>Gráfico 14-3</b> Dispersión lineal del análisis microbiológico según muestras analizadas.....                | 68 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1-2</b> Red de Distribución de la Junta Administrativa del agua potable San José de Puñachizag..... | 26 |
| <b>Figura 2-2</b> Esquema del procedimiento del procedimiento de análisis.....                                | 29 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A** NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión. Agua Potable. Requisitos

**ANEXO B** NTE INEN 2176:2013 Agua. Calidad de agua. Muestreo. Técnicas de muestreo

**ANEXO C** NTE INEN 1105:1983 Aguas. Muestreo para examen microbiológico

**ANEXO D** Fotografías del muestreo y análisis del proyecto de investigación

## **RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua potable de la Junta Administradora San José de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua, antes y después del tratamiento de potabilización, lo que permitió determinar si el agua es apta o no para consumo humano. Se analizó un total de 78 muestras de agua, provenientes de puntos estratégicos de muestreo; seis vertientes, dos tanques de almacenamiento, domicilios localizados en la zona alta, media y baja, el proceso se realizó por triplicado. Se realizaron, análisis físicos: pH, temperatura, color, conductividad, sólidos totales disueltos (STD) y turbiedad; análisis químicos: nitritos, nitratos, flúor, fosfatos, amonio, dureza y cloruros; finalmente análisis microbiológico por el método de número más probable (NMP). Los procedimientos se establecieron bajo la Normativa NTE INEN 1108:2014. Agua Potable. Requisitos y la Normativa NTE INEN 1105:1983 Aguas. Muestreo para análisis microbiológico. Los resultados obtenidos demostraron que la mayor parte de los parámetros químicos cumplen con los requisitos excepto en el flúor; con respecto a los parámetros físicos pH, turbiedad y color no cumplen con los requisitos establecidos por la normativa correspondiente, cumpliendo únicamente con la calidad de temperatura, STD y conductividad; en el análisis microbiológico el 74 % de las muestras analizadas incumplen lo establecido para coliformes fecales y totales por el método de NMP. Dados los resultados físicos, químicos y microbiológicos, hemos concluido que el agua de la comunidad San José de Puñachizag no es apta para consumo humano, porque no cumplen en su totalidad con los requisitos físico-químicos y microbiológicos. Es recomendable verificar que el tratamiento de desinfección se lleve a cabo mediante cloro en dosis adecuadas y utilizar filtro de carbón activado.

**PALABRAS CLAVE:** <BIOQUÍMICA>, <MICROBIOLOGÍA>, <CONTAMINACIÓN DEL AGUA>, <AGUA POTABLE>, <CONTROL DE CALIDAD>, <NTE INEN 1108:2014>, <QUERO (CANTÓN) >, <PUÑACHIZAG (PARROQUIA) >.

## **ABSTRACT**

This research had has objctive to assess the physical-chemical and microbiological quality of drinking wáter of the San José de Puñachizag Management Board, Quero Cantón, Tungurahua Province, before and after treatment of wáter purification, this allowed to determine if the wáter is fit or unfit for human consumption. 78 water samples in total were analysed, from strategic sampling points; six wáter springs, two holding tanks, houses located in upper middle and lower zone, the process was done in triplicate. Physical analyses were carried out: pH, temperature, color, conductivity, total solids disolved (TSD), turbidity; chemical analysis: nitrites, nitrates, fluorine, phosphates, ammonium, hardness and chlorides; finally microbiological analysis by the most pobable number method (MPN). The procedures were established under NTE INEN 1108:2014 regulation. Drinking Water. Requirements and the NTE INEN 1105:1983 water regulation. Sampling for microbiological analysis. The obtained results shown that most of the chemical parameters meet all the requirements except in the fluorine; with respect to the physical parameters pH, turbidity and color do not comply with the requirements established by the corresponding regulations, complying only with the quality of temperature, STD and conductivity. In the microbiological analysis 74% of the analyzed samples fail to comply with the established for fecal and total coliforms by the MPN method. Given the physical, chiminal and microbiological results, it has been concluded that the wáter of the community of San José de Puñachizag is not suitable for human consumption, because they do not fully meet the physical-chemical and microbiological requirements. It is advisable to verify that the disinfection treatment will be carried out by means of chlorine in suitable doses and to use an activated carbón filter.

**KEYWORDS:** <BIOCHEMISTRY>, <MICROBIOLOGY>, <WATER POLLUTION>, <DRINKING WATER>, <QUALITY CONTROL>, <NTE INEN 1108:2014>, <QUERO (CANTON) >, <PUÑACHIZAG (PARISH) >.

## INTRODUCCIÓN

Según la OMS el agua es esencial para la vida considerando el segundo recurso más importante para la humanidad, debido a que posee un conjunto de propiedades que la hacen única, por la cual es necesario conservar este recurso no renovable brindándole un adecuado tratamiento con el fin de cumplir con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que establece la normativa NTE INEN 1108:2014 “Agua potable. Requisitos”. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada y su calidad es sometida a una presión constante, su conservación es de suma importancia para el suministro de agua de consumo, la producción de alimentos y para fines recreativos. (OMS, 2015, pp.4-6.)

El agua para consumo humano debe estar libre de microorganismos patógenos, agentes químicos que sean perjudiciales para el hombre. Los agentes patógenos transmitidos por el agua se consideran un problema a nivel mundial por la prevalencia de enfermedades relacionadas con la calidad del agua como: gastroenteritis, fiebre tifoidea, cólera, hepatitis A, pese a esto demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental.

El hombre es el principal promotor de la contaminación del agua, por el uso de pesticidas, fertilizantes, sustancias o restos orgánicos, aunque cuando el agua entra al sistema de distribución puede contaminarse también por diversos factores como: rotura de tuberías del sistema de distribución, conexiones cruzadas, conexiones domiciliarias, cisternas, reparaciones de tuberías sin medidas de seguridad o mantenimiento, material de las tuberías, los cuales son causas que permiten el ingreso y proliferación de microorganismos. (MARCHAND, Edgar, 2002, pp.71.)

Cada día mueren más de 25.000 personas por enfermedades producidas por usar agua contaminada, cifra que en un año alcanza los 4 millones. La OMS estima que un tercio de las muertes en todo el mundo se deben a la ingestión de agua contaminada y al conjunto de enfermedades asociadas a su consumo, tales como gastroenteritis, hepatitis A, cólera, tífus o amebiosis, además de las muertes por falta de agua. Los más afectados por este tipo de infecciones son los niños, especialmente por ataques



graves de diarrea, el 88% de las enfermedades diarreicas son producto de aguas insalubres e higiene deficiente. (FERNÁNDEZ, José y GARCÉS, Patricia, 2003, pp. 1-11.)

En la provincia de Tungurahua hay que tener en cuenta que existe varias localidades rurales – marginales de los cantones que integran la provincia (tal es el caso del Cantón Quero) los cuales en su gran mayoría tienen problemas con el agua que consumen los habitantes, lo cual ocasiona molestias de salud en los habitantes tanto adultos como niños de estas comunas, teniendo mayor prevalencia la parasitosis en hombres con 16.87%, en mujeres 13.89% y enfermedades gastroentéricas, en pacientes atendidos en el Centro de Salud por el consumo del agua insegura.(REDACA, 2016)

En la comunidad de Puñachizag, el agua de consumo incide en el bienestar de sus habitantes, y, en efecto en su calidad de vida, esta agua es consumida por una gran parte de la población, razón por la cual es necesario elaborar un análisis profundo de la situación que atraviesan los pobladores de dicha comunidad con el agua para su consumo, ya que existen problemas de salud a causa de ingerir agua de regular y mala calidad.

El agua potable proviene de vertientes naturales las cuales son contaminadas principalmente por el hombre y animales que habitan en el lugar, por lo tanto, la inseguridad de la salud de los habitantes puede estar en riesgo, ya que desconocen si el agua potable es apta para el consumo humano.

## JUSTIFICACIÓN

Desde tiempos remotos el agua ha constituido un factor primordial en el desarrollo del ser humano, la población y el progreso de la salud en el mundo; se ha vinculado estrechamente a la existencia de este elemento y fundamentalmente a la cantidad y calidad del mismo. (Latorre et al. 2011) Los agentes patógenos y químicos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial; por la prevalencia de enfermedades relacionadas con la calidad del agua.

Sin embargo la calidad de agua está llegando a ser de gran necesidad para todos, dependiente de la vigilancia sanitaria, tanto de las características microbiológicas como físico-químicas, además el agua aprovechable para el uso humano está sufriendo un acelerado proceso de pérdida de calidad y cantidad, más de la mitad de fuentes naturales de agua están gravemente agotadas y contaminadas, por lo que degradan y contaminan los ecosistemas y amenazan la salud y el sustento de las personas que dependen de ello, por la falta de instalaciones de saneamiento adecuado. (LATORRE, Onelia, et al, 2011, pp. 7.)

El Plan Nacional del Buen Vivir, en su política 4.2 establece que se debe “Manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral e integrado por cuenca hidrográfica, de aprovechamiento estratégico del Estado y de valoración sociocultural y ambiental”, eso implica que se requiere un estudio periódico para verificar sus características.

La Parroquia de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua, cuenta con un suministro de agua que abastece a 2700 habitantes, según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), a través de un sistema de agua entubada por red pública, los cuales provienen de 6 vertientes, que al ser almacenados y sometidos a un tratamiento de cloración, son distribuidas a la población. Encuestas realizadas a los pobladores de esta comunidad por el Ing. Carlos Pazmiño en el año 2012 corroboraron que el agua potable es de regular y mala calidad.

El agua que es consumida por los habitantes de la parroquia Puñachizag, pasa por un proceso de desinfección mediante cloro, el cual es llevado a cabo por los directivos de la junta administradora de agua potable y alcantarillado San José de Puñachizag, sin la supervisión de un experto, clorando en cantidades que desde tiempo atrás no han sido controladas o reevaluadas.

Además, no cuentan con un análisis de calidad del agua potable actualizado, por falta de recursos económicos o la ausencia de intervención de los gobiernos de turno no recibe el tratamiento adecuado de potabilización, almacenamiento y distribución. En el Centro de Salud del Cantón Quero se reporta numerosos casos asociados a enfermedades parasitarias y gastroentéricas relacionados con la mala calidad del agua potable.

Al no existir información sobre el control de calidad del agua potable de la parroquia de Puñachizag, se efectuó la presente investigación para evaluar los parámetros de calidad de toda la red de distribución de agua potable de esta parroquia, desde las vertientes hasta los domicilios, lo cual pretende facilitar información sobre las condiciones en las que se encuentra el agua de dicho Cantón, y de esta manera aportar con el control en varios puntos críticos.

Entre los parámetros físicos in situ se analizó: conductividad, temperatura, pH, sólidos totales disueltos, a excepción del color y la turbiedad. Entre los parámetros químicos fueron analizados los siguientes: nitritos, nitratos, flúor, fosfatos, amonio, cloro, dureza. Entre los parámetros microbiológicos: coliformes totales y fecales; todos estos parámetros son comparados bajo la normativa NTE INEN 1108:2014 “Agua potable. Requisitos”, los mismos que permitieron sacar conclusiones sobre el estado o calidad de agua.

Se realizó la evaluación de la calidad del agua potable mediante los parámetros antes mencionados con la finalidad de verificar si el agua es apta o no para el consumo humano, determinar las causas de la mala calidad, plantear soluciones a los problemas; con el propósito de garantizar que el agua es de calidad y disminuir enfermedades como disentería, parasitosis, entre otras que son causadas por la contaminación del agua.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general**

Realizar una evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano de la junta administradora de agua potable Puñachizag, Cantón Quero, Provincia Tungurahua.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos en muestras de agua, tomadas en puntos estratégicos de la red de la Junta administradora de agua potable de San José de Puñachizag.
- Comparar los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua de la Junta del agua potable de la comunidad de Puñachizag con la normativa INEN 1108-2014 respectivamente, haciendo énfasis en los parámetros fuera de las especificaciones.
- Identificar los factores que influyen en la calidad del agua potable de la Junta Administradora de la comunidad Puñachizag.
- Socializar los resultados a los miembros directivos de la junta de agua potable de la comunidad de Puñachizag proporcionando información sobre el control, mantenimiento e importancia del agua para consumo humano.

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Antecedentes de la investigación

La calidad del agua de consumo humano tiene una mayor incidencia en la salud de las personas, como consecuencia de que sirve como vehículo de varios microorganismos perjudiciales para la salud, los cuales son de origen gastrointestinal y patógenos al hombre como bacterias, virus y en menor cantidad protozoos y helmintos los cuales habitan en el medio ambiente y presentan resistencia a los procesos de tratamiento. (VARGAS, Carmen, ROJAS, Ricardo y JOSELI, Juan, 1998, pp. 24.)

A nivel mundial los estudios de evaluación, determinación, análisis de la calidad físico-química y microbiológica del agua potable para consumo humano procedentes de agua subterránea, superficial, ríos y residual son abundantes debido a que se trata priorizar la inocuidad de la misma, siendo el líquido vital para el normal desarrollo de la población.

En casi todos los países de América Latina y el caribe, se presentaba atención a la cantidad de agua, mas no a su calidad para el consumo humano, hoy en día las autoridades tienen un mayor interés en el mejoramiento de la misma, lo cual las motiva a ejecutar programas de vigilancia y control de la calidad del agua de consumo humano, con el fin de prevenir la trasmisión de las enfermedades gastrointestinales incluyendo al cólera. (VARGAS, Carmen, ROJAS, Ricardo y JOSELI, Juan, 1998,pp. 24.)

,

En el año 2000 Sánchez y sus colaboradores realizaron el análisis de la calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas en México. México enfrenta

varios problemas de contaminación y abastecimiento, el agua que llega a las viviendas proviene de fuentes naturales (manantiales, arroyos, ojos de agua, ríos) expuestas a contaminación por arrastre de partículas orgánicas e inorgánicas. Se realizó un muestreo aleatorio en 99 viviendas, durante el cual fueron recolectadas muestras de agua y muestras de heces de 322 niños de 1 y 14 años. Sólo el 31% de las muestras fueron aptas para el consumo humano, en relación a los niños presentaron prevalencia de *Entamoeba histolytica* y tendencia al estar parasitados por la contaminación del agua. ( SÁNCHEZ, Hector, VARGAS, Maria y MÉNDEZ, José, 2000, pp. 397.)

En el año 2007, la científica Prasai en el valle de Katmandú, realizó una investigación para evaluar la calidad del agua potable. Se recolectaron 132 muestras de agua potable de todo el valle y realizaron un análisis microbiológico, los cuales presentaron resultados contundentes, el recuento de coliformes reveló que el 82,6% y el 92,4% de las muestras de agua potable estaban por encima de los valores establecidos por la OMS para el agua potable, identificándose y aislándose bacterias como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, etc. Concluyeron que era necesaria una respuesta inmediata de las autoridades para el control y mejoramiento de la calidad físico-química y microbiológica del agua. (HAVELAAR, H, 1983, pp.112-114.)

En el año 2010 Turrialba realizó una investigación en la microcuenca El Limón, ubicada en el Río Copán, Honduras, con el propósito de llevar a cabo un análisis socio-ambiental de la calidad del agua para consumo humano, haciendo uso de tecnologías apropiadas para la desinfección adecuada del agua. Efectuaron un análisis físico, químicos y bacteriológicos del agua de las principales fuentes de consumo humano y concluyeron que la oferta es mayor a la demanda, y la disponibilidad está en su límite máximo, ya que este recurso no está siendo utilizado de manera sostenible y que la calidad del agua está afectada por la turbidez y sedimentación en la parte física, y por contaminación microbiológica por coliformes fecales. (MEJIA, Mario, 2005.)

A nivel del Ecuador se ha realizado análisis de muestras de agua en algunas provincias. En el año 2015 la investigación hecha por Tierra, tuvo como objetivo evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia de San Luis, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Se realizó tres muestreos, donde se tomó las muestras de dos vertientes, un tanque de almacenamiento y cuatro domicilios de la población. Los resultados demostraron que el

agua de consumo de esta parroquia cumple con los límites permitidos por la normativa en los parámetros físicos y químicos, mientras que para los parámetros microbiológicos no cumplen con lo especificado, ya que la muestra tiene Coliformes fecales con un rendimiento de 85,71%. Por lo tanto, concluyeron que el agua no es apta para el consumo humano. (TIERRA, Fabricio, 2015, pp.15-60.)

En el año 2016 la investigación hecha por Ortiz; tuvo como objetivo evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable de la parroquia Quisapincha (JAPAQ), cantón Ambato, provincia Tungurahua; se establecieron nueve puntos de muestreos y los procedimientos se llevaron a cabo según los requisitos establecidos por la normativa NTE INEN 1108:2014. Finalmente concluyeron que el agua proporcionada por la JAPAQ no es apta para el consumo humano, debido a que no cumple con los límites permitidos por la normativa en los parámetros físico, químicos, microbiológicos antes y después del tratamiento convencional. (ORTIZ, Polet, 2016, pp.12-43.)

## **1.2 Bases Teóricas**

### **1.3 Agua**

El agua; es esencial para la vida un compuesto extraordinariamente simple, sin embargo es una sustancia de características únicas sin ella es imposible la vida, se debe conservar limpia y libre de contaminantes. Además, el hombre tiene necesidad de agua para realizar todas sus funciones vitales, para preparar-cocer los alimentos, para la higiene, para usos domésticos, para regar los campos, para la industria y para las centrales de energía. (CARBAJAL, Angeles y GONZÁLEZ, María, 2012, pp. 33-45.)

El agua en los seres vivos; es el líquido en el cual se produce el proceso de la vida y de la supervivencia de las células ya que depende de su capacidad para mantener el volumen celular y la homeostasis, es fundamental para todas las funciones del organismo, siendo el componente más abundante, debe estar presente en la dieta en mayores cantidades en relación a otros nutrientes. (CARBAJAL, Angeles y GONZÁLEZ, María, 2012, pp. 33-45.)

El agua libre de impurezas y un saneamiento adecuado son dos factores indispensables para asegurar la salud y la protección de los seres humanos contra diversas enfermedades, debemos ser conscientes que todos los seres vivos dependen del agua para sobrevivir, pero en estos últimos años hay escasez de este recurso por la alta contaminación ambiental y porque no existe conciencia sobre el manejo adecuado que se debe practicar al mismo. (ONU, 2005-2015, pp. 20.)

### **1.3.1 Composición y estructura**

El agua está formada por dos átomos pequeños de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable, con una distribución irregular de la densidad electrónica, el oxígeno es uno de los elementos más electronegativos con mayor densidad electrónica (carga negativa) y este atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, es decir hidrógenos con menor densidad electrónica (carga positiva). (CARBAJAL, Angeles y GONZÁLEZ, María, 2012, pp. 33-45.)

Esta composición y estructura proporciona al agua unas características físicas y químicas de gran trascendencia en sus funciones biológicas, sobre todo en su capacidad como solvente, de transporte, estructural y termorreguladora. Una de sus funciones biológicas más importantes es el comportamiento térmico el cual permite la distribución rápida y regular del calor temporal, independientemente del entorno y de la actividad metabólica. Gracias a su capacidad disolvente el agua es el medio en donde se producen todas las reacciones químicas del metabolismo, participando en muchas de ellas ya sea como sustrato o producto. (CARBAJAL, Angeles y GONZÁLEZ, María, 2012, pp. 33-45.)

La falta de agua apta para el consumo humano y de saneamiento adecuado, como el mal manejo de los desechos humanos son los principales factores que causan enfermedades en todo el mundo, ya que pueden propagar enfermedades como: diarrea, cólera, tífus, disentería, hepatitis, tracoma y parasitismo, muchas de ellas pueden ser mortales en el mundo. Además existen otras enfermedades causadas por el agua como: paludismo y filariasis, las cuales afectan a una gran cantidad de personas que sólo a causa del paludismo mueren más de un millón de personas anualmente, además estas



enfermedades afectan especialmente a los niños que en muchos casos mueren o algunos quedan seriamente debilitados. (ONU, 2005-2015, pp. 24.)

## **1.4 Fuentes de agua**

### ***1.4.1 Aguas Superficiales***

Las fuentes de agua superficiales son aquellas que se encuentran circulando o en reposo sobre la superficie del suelo como; ríos, lagos, corrientes, depósitos, océanos etc., es una de las principales fuentes de abastecimiento de varias actividades socioeconómicas llevadas a cabo por las comunidades. Sufren variaciones tanto de caudal como de su calidad dependiendo de las épocas del año, especialmente en la época de invierno que existe contaminación por bacterias. (IDROVO, Diego.,et.al, 1999.)

### ***1.4.2 Aguas Subterráneas***

Aguas Subterráneas es definida como un recurso vital para la vida, que se encuentra bajo la superficie terrestre, suelos y formaciones geológicas completamente saturadas que poseen porosidad y permeabilidad para transmitir y producir agua. A nivel global el agua dulce representa alrededor del 95%, debido a que cumple todas las funciones en el medio ambiente y realiza todas las actividades del ser humano aproximadamente del 25-40% es utilizada como agua potable, la cual se distribuye a toda la población y un 60% en la irrigación agrícola, lo que significa que las aguas subterráneas son importantes para el desarrollo de la sociedad. (ORDOÑEZ, Juan, 2011, pp. 10-20.)

El agua subterránea son aguas claras, frías, sin color y duras en relación a las aguas superficiales, que entrar en contacto con muchas sustancias les confiere sus características particulares. Además, posee bacterias benéficas, mientras que no sea contaminadas por actividades humanas. (IDROVO, Diego.,et.al, 1999.)

## **1.5 Tipos de agua**

### ***1.5.1 Agua cruda***

Agua cruda es aquella que se encuentra en la naturaleza, que no ha sido sometida a ningún tratamiento para modificar sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. (CARPIO, Marcelo., et.al, 2014.)

### ***1.5.2 Agua potable***

La norma NTE INEN 1108:2014, quinta revisión, define el agua potable como aquella: “cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”. (CARPIO, Marcelo.,et.al, 2014.)

El agua potable es aquella que podemos ingerir o utilizar en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin presentar efectos adversos que perjudiquen la salud, ya que está bajo vigilancia de las autoridades en todos los países del mundo y basada en las normativas que rigen inocuidad, conservación y tratamiento a seguir en este caso; es decir la potabilización con el fin de garantizar que el agua esté libre de contaminantes, siendo de esta manera apta para el consumo humano.

## **1.6 Calidad del agua**

Calidad de agua es aquella que cumple con los parámetros establecidos por las normas, leyes, reglamentos, etc. referente a la calidad del agua potable, siendo los encargados de dictar si el agua puede ser utilizada para diferentes actividades. En nuestro país el agua potable debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 1108:2014, en donde están establecidos los parámetros físicos-químicos y microbiológicos a la que se debe acatar y sus límites de referencia.

La calidad del agua es necesaria, aunque en la actualidad no fomenta mayor atención en el mantenimiento de su control y la relación que existe entre la calidad del agua-salud de la población, cuya relación son las enfermedades transmitidas por la misma. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que su calidad depende de factores naturales, principalmente de procesos que influyen en la calidad como: físicos, geoquímicos, bioquímicos y la intervención del hombre en las actividades agrícolas, industriales que afecta la composición del agua. (Dirección General de Salud Ambiental, 2011, pp.46.)

El agua para consumo humano; tiene la finalidad de garantizar su inocuidad, que cumple los requisitos de calidad establecidos, previniendo los factores de riesgos sanitarios, así como proteger, promover la salud y bienestar de la población. (Dirección General de Salud Ambiental, 2011, pp.46.)

Entre los análisis físicos, químicos y microbiológicos que se realiza en el control de calidad del agua potable establecido por la norma NTE INEN 1108 son las siguientes:

### ***1.6.1 Calidad Física***

Son aquellas características que impresionan nuestros sentidos como: vista, olfato, gusto y que tienen directa incidencia sobre la aceptabilidad del agua. (CEPIS, 2013)

Además, se debe controlar los siguientes parámetros:

- ✓ Color, olor, sabor
- ✓ Temperatura
- ✓ pH
- ✓ Conductividad
- ✓ Sólidos totales disueltos
- ✓ Turbiedad

### *1.6.1.1 Sabor y Olor*

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y de determinación subjetiva, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. El agua para el consumo humano debe ser totalmente inodora siendo apenas perceptible, libre de todo olor y sabor que está dado por varias causas como: contaminación (desarrollo de microorganismos, líquidos cloacales industriales), materia orgánica (restos vegetales) en descomposición o por formación de compuestos (tratamiento químico del agua). El sabor es dado también por las sales disueltas en ella (sulfatos de magnesio y hierro), por lo tanto los usuarios rechazan esta agua. (CEPIS, 2013)

Sin embargo, los olores pueden eliminarse por carbón activado o aireación. Establecen tanto la EPA y la OMS que las fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano deben estar exentas de olor y sabor. (CEPIS, 2013)

### *1.6.1.2 Color*

El color del agua debe ser eliminado para que esta pueda ser utilizada, el cual se debe a varios factores o causas que influyen en la aceptabilidad por el consumidor, unas de las principales son la presencia de iones metálicos naturales como el hierro y magnesio, de sustancias orgánicas disueltas, sustancias de origen vegetal, descomposición de la materia. Otros factores que también pueden afectar el color son la temperatura, pH, tiempo de contacto y la solubilidad de los compuestos responsables del color. (CEPIS, 2013)

Existen dos tipos de colores, el color aparente es aquel que no ha sido sometido a ningún proceso que influya al color del agua, posee partículas suspendidas, mientras que el color verdadero elimina las partículas suspendidas. Para eliminar el color se utiliza la coagulación con sulfato férrico. Para la determinación de este indicador se emplea el método por comparación visual mediante soluciones coloreadas cuyas concentraciones conocidas, se usa patrones platino-cobalto, siendo la unidad de medida Pt-Co. (SANDOVAL, G., et.al, 1984)

### *1.6.1.3 Temperatura*

La temperatura es un parámetro físico fundamental que se determina “in situ”, es decir se mide al momento de la toma de muestra; que afecta otras mediciones como el pH, conductividad, alcalinidad la cual varía por las siguientes razones como la solubilidad de sales, retardo o aceleración de la actividad biológica, precipitación de compuestos, absorción de oxígeno. Además, está influenciada indirectamente en procesos de mezcla, sedimentación, floculación y filtración. (CEPIS, 2013)

### *1.6.1.4 pH*

El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidrógeno presentes en el agua, para su determinación se usan métodos colorimétricos o potenciométricos, cuyo valor de pH depende de la temperatura, siendo un factor que mide el grado de acidez, el cual influye en el tratamiento que se realiza en las aguas. Por lo general el valor de pH del agua natural no contaminada oscila entre el rango de 6,5 a 8, es decir entre neutra y ligeramente alcalina, cuando presentan valores menores a 7 son ácidas y pueden ser corrosivas por la presencia de anhídrido carbónico, además es necesario añadir cal para mejorar el proceso de coagulación, en cambio los valores mayores a 7 pueden producir precipitación de las sales insolubles. (CEPIS, 2013)

### *1.6.1.5 Conductividad*

La conductividad es una medida que sirve para estimar el contenido total de constituyentes iónicos, siendo además una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica, que depende exclusivamente de los iones disueltos, temperatura, concentraciones relativas-absolutas, movilidad y viscosidad de la solución presentes en las muestras de agua. Es un método aplicable a todos los tipos de agua, es decir naturales, crudas, tratadas y residuales; sin embargo, sirve para el control del agua potable la cual determina aquellas variaciones provocadas por infiltraciones de aguas minerales diferentes a menudo contaminadas, la conductividad se expresa en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  usadas en mediciones “in situ”. (SEVERICHE, Carlos, CASTILLO, Marlon y ACEVEDO, Rosa, 2013, pp.101.)

#### *1.6.1.6 Sólidos Totales Disueltos*

Esta medida se determina en el momento de la toma de muestra, depende de la temperatura que se encuentre en estado acuoso, permitiendo valorar la cantidad de materia disuelta y en suspensión presentes en el agua, son sólidos filtrables, es decir sales y sólidos en estado coloidal. Los resultados que se encuentren fuera de los límites especificados afectan a la calidad del agua y por lo tanto produce daños fisiológicos significativos en el organismo del consumidor. (CEPIS, 2013)

#### *1.6.1.7 Turbiedad*

Es aquella expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban identificando partículas en suspensión y coloidales presentes en el agua como: arcillas, partículas de sílice, materia orgánica, limos y otros organismos microscópicos etc. La turbiedad además influye en la desinfección que se da al agua potable, es decir reducen la acción de cloro, lo que provoca que los microorganismos se protejan en las partículas. Sin embargo, los consumidores rechazan el agua por su color, aquí se emplea el método nefelométrico usando el equipo turbidímetro, por lo que recomiendan hacer la medición lo más pronto posible y la unidad con la que se trabaja en la turbidez es UNT (unidades nefelométricas de turbiedad). (Severiche, Carlos, CASTILLO, Marlon y ACEVEDO, Rosa, 2013, pp.101.)

#### *1.6.2 Calidad química*

Son aquellas características químicas que se convierten en disolvente de varios compuestos orgánicos e inorgánicos por ello es importante conocer qué indicadores es posible determinar y qué incidencia tiene alguno de ellos en la salud humana por lo que representan un número significativo de problemas graves debido a la contaminación química de los recursos hídricos y a su exposición prolongada siendo causas de prácticas agrícolas (abuso de fertilizantes), actividades estacionales (floraciones de cianobacterias tóxicas) ciertas industrias, mineras o provenientes de las propias fuentes naturales, por ejemplo el hierro, arsénico, uranio, selenio y los fluoruros o en el caso de uso de materiales de

recubrimiento que pueden incorporarse al agua durante el tratamiento y distribución, existe la presencia de otras sustancias químicas en las tuberías, grifos(plomo, cobre). (OMS, 2006, pp. 408.)

Además, se debe controlar los siguientes parámetros:

- ✓ Dureza
- ✓ Hierro
- ✓ Nitrato y nitrito
- ✓ Fluoruros
- ✓ Fosfatos
- ✓ Amoniac
- ✓ Sulfatos
- ✓ Cloruro
- ✓ Cianuro
- ✓ Arsénico
- ✓ Bario
- ✓ Cobre
- ✓ Manganeso
- ✓ Plomo

#### *1.6.2.1 Dureza*

Este parámetro depende del contenido de calcio y en menor proporción de magnesio disueltos en agua, la dureza varía en función del pH y alcalinidad, aunque no se conoce claramente los riesgos asociados a la salud, pero si el grado de aceptabilidad por el consumidor debido a su sabor. Existen aguas con una dureza superior a 200mg/l lo que provoca formación de incrustaciones e inferior a 100mg/l, es decir, aguas blandas las cuales suelen ser corrosivas para las tuberías, los resultados se expresan como carbonato cálcico tomando como valor de referencia 500mg/l. (OMS, 2006, pp. 408.)

### *1.6.2.2 Hierro*

Es uno de los metales en abundancia esencial para la alimentación humana; que se encuentran en aguas naturales y en agua para el consumo humano debido a su uso como coagulante o por la corrosión de las tuberías de acero utilizadas para su distribución, de igual manera que los parámetros anteriores no designan un valor que afecte la salud de las personas. El valor de referencia es de 0,3mg/l de hierro, la OMS establece que valores por encima de 1,0mg/l afectaría la potabilidad del agua provocando en muchos de los casos un sabor metálico. (OMS, 2006, pp. 408.)

### *1.6.2.3 Nitrato y Nitrito*

Son aquellos que forman parte del ciclo del nitrógeno cada uno cumple su rol, el nitrito se utiliza como conservante alimentario (carnes curadas), en cambio el nitrato en fertilizantes inorgánicos los mismos que se encuentran asociados a la metahemoglobinemia en recién nacidos que usan biberón , la concentración de nitrato puede ser alta a causa de contaminación por residuos humanos o animales provocando la oxidación del amoníaco o también esta concentración se debe por la filtración de tierras agrícolas. La cloración en el sistema de distribución suele ocasionar la formación de nitritos debido a que se oxida, siendo otra variante principal de la presencia de nitritos la actividad microbiana. La concentración de nitrato en aguas superficiales-subterráneas puede ser baja, dando como valor de referencia para el agua potable de 50 mg/L y para el nitrito de 3 mg/L o valor provisional 0.2mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

### *1.6.2.4 Fluoruros*

Este anión es fundamental para el ser humano a bajas concentraciones evitan las caries dentales en cantidades de 0,8-1,5mg/L siendo el valor máximo permitido, un exceso del mismo afecta la estructura ósea de los dientes y de los huesos (fluorosis), por lo tanto es aconsejable controlar la concentración de flúor en el agua potable. La mayor parte de fluoruro es de origen natural para el agua de consumo humano dependiendo de la zona geográfica en la que se encuentren las aguas



subterráneas o superficiales, además la presencia de rocas por donde fluye el agua es procedente de fluoruro. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.5 Fosfatos*

En pequeñas cantidades se encuentran en aguas naturales, procedentes de fertilizantes eliminados por el suelo, excreciones humanas y animales. En aguas superficiales la presencia de fosfatos se debe a detergentes y productos de limpieza, las concentraciones de fosfato favorecen la vida acuática conduciendo al crecimiento de algas y producción de sedimentos. (CEPIS, 2013)

#### *1.6.2.6 Amoniac*

Está presente en el medio ambiente procedente de los desechos agropecuarios, ganaderías intensivas, industriales o por procesos metabólicos que contienen nitrógeno, urea y proteínas, la alta concentración de amoniac se debe a la presencia de microorganismos por lo tanto disminuye la eficiencia de tratamientos por desinfección, aunque no tiene repercusiones sobre la salud. El valor máximo permitido por la OMS es de 1,5mg/L para el agua de consumo. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.7 Sulfatos*

Es utilizado en la industria química en concentraciones elevadas, se encuentra en aguas subterráneas de origen natural muy mineralizadas; sin embargo, este ion no es tóxico, pero en elevadas cantidades puede causar efectos laxantes gastrointestinales como: diarrea provocando deshidratación y pérdida de peso. Según la norma el valor límite permitido es de 500mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.8 Cloruro*

Proviene de fuentes naturales, todas las aguas contienen cloruros, aguas subterráneas o superficiales, vertidos industriales, aguas residuales. Las concentraciones elevadas ocasionan la corrosión de los metales de la tubería mediante el sistema de distribución y pueden conferir un sabor perceptible al agua, además es indicador de contaminación. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.9 Cianuro*

Son muy tóxicos para la salud, la presencia de este anión en algunos alimentos y en agua para el consumo se debe a la contaminación por residuos industriales, el valor máximo permitido por la OMS es de 0,07mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.10 Arsénico*

Ampliamente se encuentra en la corteza terrestre de origen natural o por disolución de minerales, es tóxico debido a que afecta a la salud de las personas provocando cáncer en varios órganos (pulmones, vejiga, piel) en elevadas cantidades. Es un parámetro principal en el control de calidad del agua para consumo humano, el valor máximo permitido es 0,01mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.11 Bario*

Se encuentra en la corteza terrestre en rocas sedimentarias, de igual forma proviene de fuentes naturales, en cantidades elevadas es tóxico, produce trastornos (cardiacos, vasculares, nerviosos), el límite máximo permitido es de 0,7mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.12 Cobre*

Es esencial en la dieta diaria al mismo tiempo es un contaminante del agua de consumo humano debido a la corrosión de las tuberías, se utiliza para fabricar tuberías, válvulas entre otros accesorios no presentan ningún riesgo para la salud y en altas concentraciones que pueden ser tóxicas acarrear un sabor desagradable. Según la norma vigente el límite máximo permitido es de 2mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.13 Manganeso*

Es un metal esencial para el ser humano y animales se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre de origen natural en aguas superficiales o subterráneas en condiciones principalmente anaerobias, está relacionada con el hierro tanto su déficit como su sobreexposición, ocasiona efectos sobre la salud como neurológicos, causando además un sabor desagradable al agua favoreciendo así el desarrollo de microorganismos. El valor límite permitido por la OMS es de 0,4mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

#### *1.6.2.14 Plomo*

Es más soluble en aguas blandas siendo utilizado en soldaduras, el plomo que se encuentra en agua de consumo humano proviene de instalaciones de fontanería domésticas, tuberías etc. no proviene de fuentes naturales, es decir de aguas superficiales, la corrosión de este metal de las instalaciones depende del pH, temperatura y dureza del agua la ingesta del mismo puede causar intoxicaciones de alto y bajo grado. El límite máximo permitido por esta norma es de 0,01mg/L. (OMS, 2006, pp. 408.)

**Tabla 1-1** Requisitos físicos y químicos del agua potable

| <b>PARAMETRO</b>   | <b>UNIDAD</b>                      | <b>Límite máximo permitido</b> |
|--|------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Características físicas</b>   |                                    |                                |
| Color  | Unidades de color aparente (Pt-Co) | 15                             |
| Turbiedad  | NTU                                | 5                              |
| Olor   | ---                                | no objetable                   |
| Sabor  | ---                                | no objetable                   |
| <b>Inorgánicos</b>   |                                    |                                |
| 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 <sup>-</sup>  | mg/l                               | 0,07                           |
| Cloro libre residual*  | mg/l                               | 0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>        |
| 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 <sub>3</sub> <sup>-</sup>   | mg/l                               | 50                             |
| Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>   | 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                           |
| <sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos<br>* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu<br>** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>226</sup> Ra |                                    |                                |

Fuente: NTE INEN 1108:2014. Agua Potable. Requisitos. 2014. pp. 3

### 1.6.3 Calidad microbiológica

Por lo general incluye el análisis microbiológico mediante la detección de microorganismos de contaminación fecal y concentraciones de patógenos específicos (bacterias, virus y parásitos), idealmente el agua potable no debe contener ningún microorganismo considerado patógeno y debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal, la más principal es *Escherichia coli*. Para asegurarse de que un abastecimiento de agua potable satisfaga al consumidor, es importante que de manera regular se examine muestras en el agua de origen; después del tratamiento, el agua en los domicilios para detectar indicadores de contaminación fecal evitando enfermedades causadas por

estos agentes, los cuales están presentes en mayor cantidad en las heces del hombre y animales, por lo que pueden ser detectados aun después de considerable disolución. (OPS, 1988, pp.131.)

Existen diversos agentes patógenos que son transmitidos por el agua de consumo contaminada entre ellos tenemos a continuación en la tabla 2-1

**Tabla 2-1** Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua

| Agente patógeno                               | Importancia para la salud | Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua <sup>a</sup> | Resistencia al cloro <sup>b</sup> | Infectividad relativa <sup>c</sup> | Fuente animal importante |
|---|---------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| <b>Bacterias</b>                              |                           |   |                                   |                                    |                          |
| <i>Burkholderia pseudomallei</i>              | Baja                      | Puede proliferar  | Baja                              | Baja                               | No                       |
| <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>  | Alta                      | Moderada  | Baja                              | Moderada                           | Sí                       |
| <i>Escherichia coli</i> patógena <sup>d</sup> | Alta                      | Moderada  | Baja                              | Baja                               | Sí                       |
| <i>E. coli</i> enterohemorrágica              | Alta                      | Moderada  | Baja                              | Alta                               | Sí                       |
| <i>Legionella</i> spp.                        | Alta                      | Moderada  | Baja                              | Moderada                           | No                       |
| Micobacterias no tuberculosas                 | Baja                      | Prolifera   | Alta                              | Baja                               | No                       |
| <i>Pseudomonas aeruginosae</i>                | Moderada                  | Prolifera   | Moderada                          | Baja                               | No                       |
| <i>Salmonella typhi</i>                       | Alta                      | Puede proliferar  | Baja                              | Baja                               | No                       |
| Otras salmonelas                              | Alta                      | proliferar  | Baja                              | Baja                               | Sí                       |
| <i>Shigella</i> spp.                          | Alta                      | Moderada  | Baja                              | Moderada                           | No                       |
| <i>Vibrio cholerae</i>                        | Alta                      | Puede proliferar  | Baja                              | Baja                               | No                       |
| <i>Yersinia enterocolitica</i>                | Alta                      | proliferar  | Baja                              | Baja                               | Sí                       |
|   |                           | Corta   |                                   |                                    |                          |
|   |                           | Corta   |                                   |                                    |                          |
| <b>Virus</b>                                  |                           |   |                                   |                                    |                          |
| Adenovirus                                    | Alta                      | Larga   | Moderada                          | Alta                               | No                       |
| Enterovirus                                   | Alta                      | Larga   | Moderada                          | Alta                               | No                       |
| Virus de la hepatitis A                       | Alta                      | Larga   | Moderada                          | Alta                               | No                       |
| Virus de la hepatitis E                       | Alta                      | Larga   | Moderada                          | Alta                               | Potencialmente           |
| Norovirus y sapovirus                         | Alta                      | Larga   | Moderada                          | Alta                               | Potencialmente           |
| Rotavirus                                     | Alta                      | Larga   | Moderada                          | Alta                               | No                       |
| <b>Protozoos</b>                              |                           |   |                                   |                                    |                          |
| <i>Acanthamoeba</i> spp.                      | Alta                      | Larga   | Alta                              | Alta                               | No                       |
| <i>Cryptosporidium parvum</i>                 | Alta                      | Larga   | Alta                              | Alta                               | Sí                       |
| <i>Cyclospora cayetanensis</i>                | Alta                      | Larga   | Alta                              | Alta                               | No                       |
| <i>Entamoeba histolytica</i>                  | Alta                      | Moderada  | Alta                              | Alta                               | No                       |
| <i>Giardia intestinalis</i>                   | Alta                      | Moderada  | Alta                              | Alta                               | Sí                       |
| <i>Naegleria fowleri</i>                      | Alta                      | Puede proliferar <sup>f</sup>                                       | Alta                              | Alta                               | No                       |
| <i>Toxoplasma gondii</i>                      | Alta                      | proliferar <sup>f</sup>   | Alta                              | Alta                               | Sí                       |
|   |                           | Larga   |                                   |                                    |                          |
| <b>Helmintos</b>                              |                           |   |                                   |                                    |                          |
| <i>Dracunculus medinensis</i>                 | Alta                      | Moderada  | Moderada                          | Alta                               | No                       |
| <i>Schistosoma</i> spp.                       | Alta                      | Corta   | Moderada                          | Alta                               | Sí                       |

Fuente: OPS.Guias para la calidad del agua potable. 1988. pp.142.

Hay dos tipos de coliformes

### 1.6.3.1 Coliformes Totales

Son aquellas bacterias en forma de bacilos, aerobias y anaerobias facultativas con producción de gas dentro de las 48 horas de incubación a 35°C, en las que se encuentran agentes patógenos como *Echerichia coli* que es de origen fecal, *Enterobacter spp*, *Klebsiella spp*, *Citrobacter spp* los cuales están presentes en el agua, suelo y vegetales. (IDROVO, Diego., et.al, 1999.)

### 1.6.3.2 Coliformes Fecales

Son bacilos Gram (-), microorganismos termotolerantes ya que resisten altas temperaturas, fermentan lactosa con producción de ácido y gas, están presentes en la heces de hombre y animales de sangre caliente o de aguas residuales, el 90% de los coliformes totales forman parte de este grupo. La presencia de *E.coli* es indicativo que hubo una contaminación fecal reciente y mientras más frecuente estén en el agua hay mayor probabilidad de la existencia de bacterias patógenas. (IDROVO, Diego., et.al, 1999.)

La identificación y recuento de coliformes totales se realiza mediante la técnica del número más probable o recuento en placa con métodos selectivos.

**Tabla 3-1** Requisitos microbiológicos del agua potable

|  | <b>Máximo</b>     |
|--|-------------------|
| Coliformes fecales (1):<br>Tubos múltiples NMP/100 ml ó<br>Filtración por membrana ufc/ 100 ml   | < 1,1 *<br>< 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 <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> 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                                    |                   |

Fuente: NTE INEN 1108:2014. Agua Potable. Requisitos. 2014. pp. 4

#### ***1.6.4 Método número más probable (NMP), determinación de coliformes fecales***

Se fundamenta en la determinación de la presencia o ausencia de un determinado tipo de microorganismos en función que produzcan una reacción en el medio en cantidades pequeñas de la muestra como fermentación de lactosa con producción de ácido y gas después de incubar a 35°C durante 48 horas, se usa un medio de cultivo que contenga sales biliares en una serie de 3 a 5 diluciones, está formado de dos fases: Fase presuntiva y confirmatoria, una vez detectado crecimiento se procede a sembrar en cajas Petri con eosina azul de metileno para observar las colonias y al final se realiza las pruebas bioquímicas para el aislamiento de bacterias patógenas presentes en la muestras de agua. («Método para la determinación de bacterias coliformes , coliformes fecales y *Escherichia coli* por la técnica de diluciones en tubo múltiple ( número más probable o NMP )»)

## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1 Tipo y diseño de investigación**

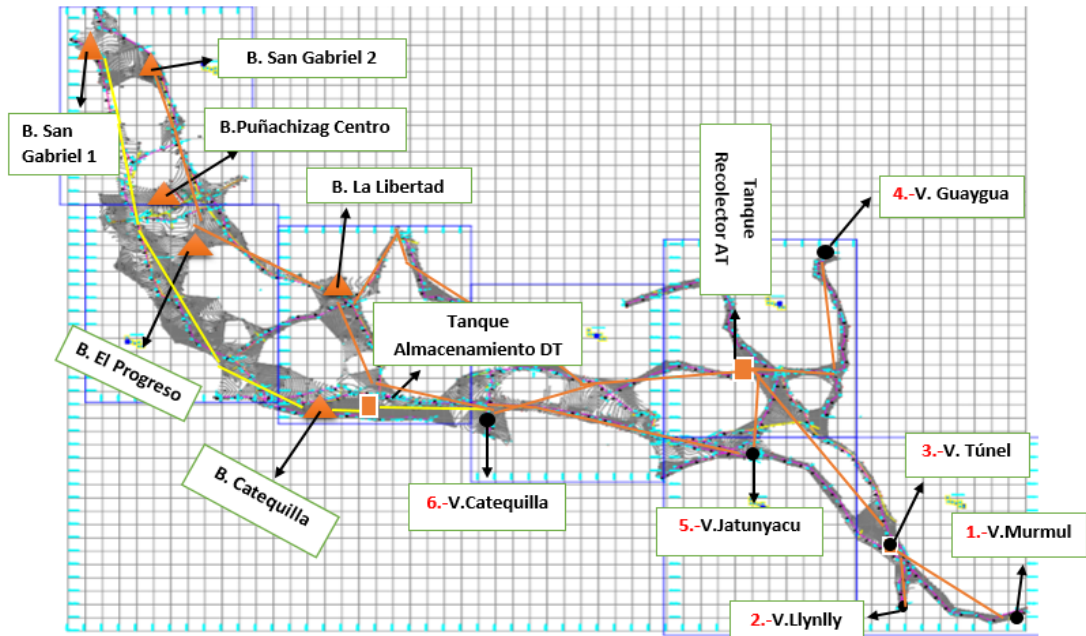
El presente trabajo de titulación se desarrolla en la comunidad de Puñachizag, cantón Quero, provincia de Tungurahua el mismo que es de tipo exploratorio, descriptivo, investigativo, diseño no experimental, debido a que en esta investigación se realizó un análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua potable para el consumo humano, y los resultados obtenidos son comparados con la Normativa para determinar si cumple o no con los requisitos.

Investigación exploratoria porque permite el reconocimiento del lugar de las vertientes y de los puntos estratégicos de recolección de la muestra y visualizar características topográficas del terreno. El análisis de agua potable se llevará a cabo en el Laboratorio de aguas y en el Laboratorio de Análisis Clínico y Bacteriológico de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### **2.2 Unidad de análisis**

La unidad de análisis corresponde a las muestras de agua cruda, entubada y potable de la red de distribución de la Junta Administradora de agua potable Puñachizag, Cantón Quero, Provincia Tungurahua.





**Figura 1-2** Red de Distribución de la Junta Administrativa del agua potable San José de Puñachizag

**Fuente:** Junta administradora del agua potable San José de Puñachizag, Ing. Velastegi

### 2.3 Población de estudio y localización de los puntos de muestreo

La población de estudio fue el agua cruda, potabilizada y entubada para consumo humano, distribuida por la junta administradora de agua potable San José de Puñachizag, cantón Quero, Provincia de Tungurahua a los 6 barrios Catequilla, Libertad, Progreso, Puñachizag Centro, San Gabriel 1 y por ultimo San Gabriel 2. Se determinaron parámetros físicos como: color, pH, conductividad, temperatura, solidos totales disueltos, turbiedad, parámetros químicos como: flúor, nitritos, nitratos, fosfatos, amonio, cloruros, dureza y parámetros microbiológicos coliformes fecales.

Se estableció 26 puntos de muestreo las cuales corresponden a los siguientes lugares en donde se realizó la toma de las muestras de agua en seis vertientes, tanque de almacenamiento de las vertientes, tanque de almacenamiento después del tratamiento, redes de distribución domiciliaria en zonas alta, media y baja de la comunidad de Puñachizag, como se indica a continuación en la Tabla 1-2.

**Tabla 1-2** Puntos de muestreo de la red de distribución de agua potable San José de Puñachizag, Cantón Quero

| <b>PUNTOS DE MUESTREO</b>  | <b>CODIFICACIÓN</b>   | <b>REPETICIONES<br/>(Triplicado)</b> | <b>FECHA</b>                           |
|--|-----------------------|--------------------------------------|--|
| <b>Muestra 1.</b> Vertiente Mulmul   | VMU                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 2.</b> Vertiente Guaygua  | VGU                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 3.</b> Vertiente Llinllo  | VLL                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 4.</b> Vertiente Tunel  | VTU                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 5.</b> Vertiente Jatuntoro  | VJA                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 6.</b> Vertiente Catequilla   | VCA                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 7.</b> Tanque de almacenamiento de las 6 vertientes antes del tratamiento.    | TA1                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 8.</b> Tanque de Almacenamiento después del tratamiento.                      | TA2                   | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 9, 10,11.</b> Domicilio inicial, intermedio y final del B. Catequilla         | CZA,CZM,CZB           | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 12, 13,14.</b> Domicilio inicial, intermedio y final del B. La Libertad       | LZA,LZM,LZB           | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 15, 16,17.</b> Domicilio inicial, intermedio y final del B. Puñachisag Centro | PCZA,PCZM, PCZB       | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 18, 19,20.</b> Domicilio inicial, intermedio y final del B. El Progreso       | PRZA,PRZM, PRZB       | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 21, 22, 23.</b> Domicilio inicial, intermedio y final del B. San Gabriel 1    | SG1ZA,SG1ZM,SG1<br>ZB | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |
| <b>Muestra 24, 25,26.</b> Domicilio inicial, intermedio y final del B. San Gabriel 2     | SG2ZA,SG2ZM,SG2<br>ZB | 3                                    | 22/05/2017 - 05/06/2017-<br>19/06/2017 |

**Elaborado por:** Sofía Tibanquiza

Se realizó tres muestreos durante el periodo mayo-junio del 2017. Las muestras se recolectaron por duplicado y los resultados obtenidos fueron comparados según las especificaciones de la normativa NTE INEN 1108:2014. Quinta Revisión. Agua Potable. Requisitos.

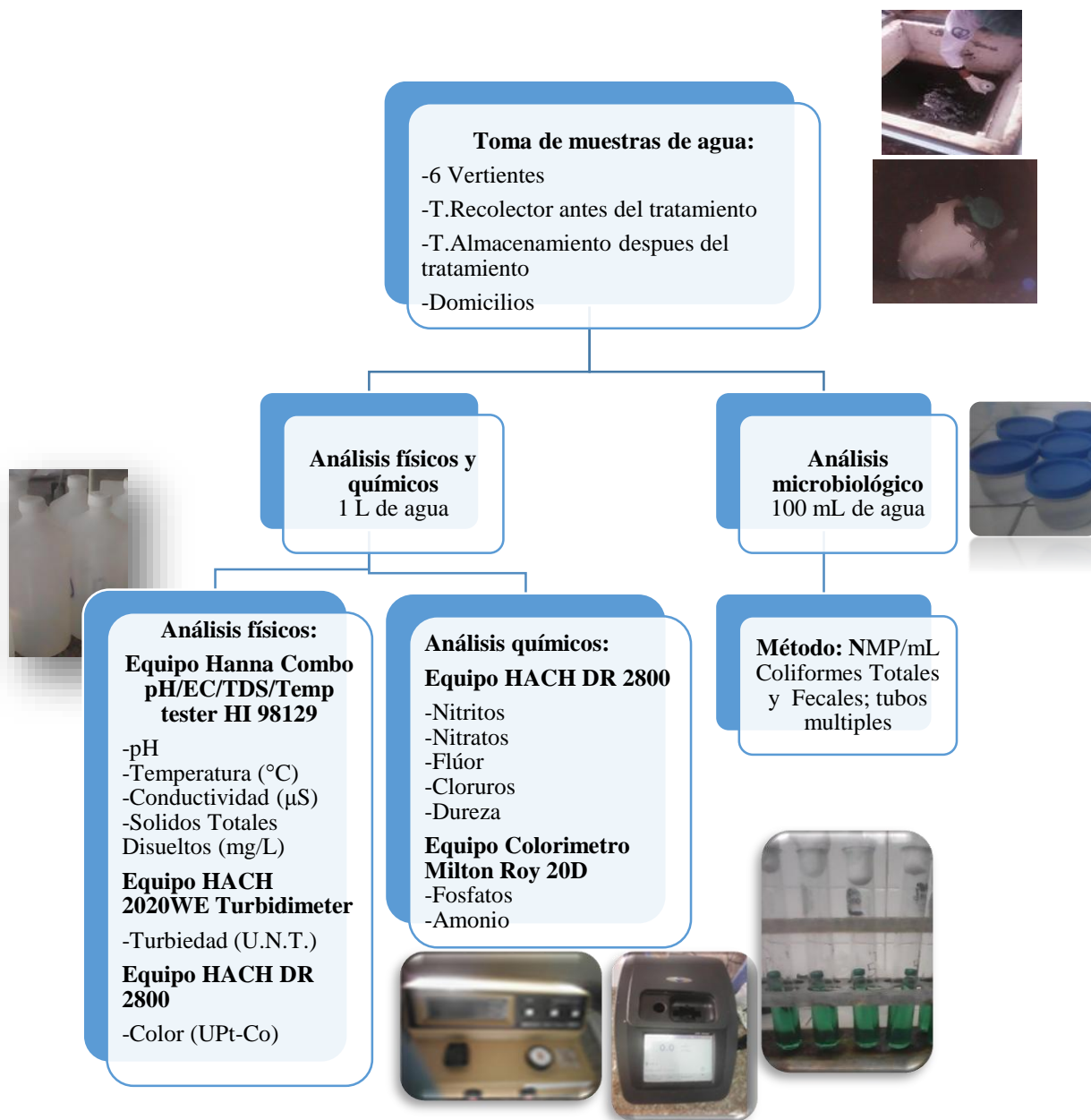
#### **2.4 Tamaño de muestra**

El tamaño de muestra corresponde al volumen total en mL de agua recolectada de los 26 puntos estratégicos en tres ocasiones, con una diferencia de 15 días para cada muestreo como se indica en la población en estudio.

$V_{TOTAL}$  de muestras de agua para el análisis físico-químico =78 L

$V_{TOTAL}$  de muestras de agua para el análisis microbiológico=7800 mL

## 2.5 Flujograma de trabajo



**Figura 2-2** Esquema del procedimiento del procedimiento de análisis  
Elaborado por: Sofia Tibanquiza

### 2.5.1 Técnica de muestreo

La determinación de los parámetros físico-químicos se basó específicamente en la Normativa NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, para la toma de muestras

de agua se utilizó recipientes (botellas) de polietileno adecuados limpios con su respectivo tapón y tapa para que en este caso no existan derrames evitando de esa manera la contaminación. Para el análisis microbiológico se utilizó frascos de plástico estériles libre de sustancias tóxicas, se codificó todos los recipientes previos el muestreo con letra clara la ubicación y la fecha.

Se llevó un registro para aquellos análisis que fueron medidos *in situ* como: conductividad, temperatura, pH, sólidos totales disueltos. El procedimiento para el manejo y conservación de las muestras se siguió bajo la normativa NTE INEN 2169:1998, mediante la cual las muestras deben guardarse en un ambiente fresco y sin luz, por ello se utilizó cooler con geles pack, conservando las muestras a una temperatura idónea de 4 a 5 °C, con la finalidad de proteger las muestras de cualquier alteración que afecten a los resultados y que lleguen en perfectas condiciones al Laboratorio de aguas para su respectivo análisis.

Para la toma de muestras de las vertientes y de los tanques de almacenamiento, se recogió cuidadosamente retirando la tapa sin topar con los dedos las paredes internas del envase, así mismo para la toma de muestra en los domicilios, se recolectó de las llaves de agua que se encuentran directamente conectadas a la tuberías de la red de distribución, con un volumen suficiente ya sea para los análisis físico-químicos 1 Litro y para el microbiológico 100 mL, desinfectando la boca del grifo con algodón-alcohol al 70%, inmediatamente se dejó que fluya el agua de 2 a 3 minutos para la recolección de la muestra.

Para la medición de los parámetros *in situ*, se utilizó un vaso de plástico con tres cuartas partes de agua, luego se introdujo el equipo multiparámetro Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester HI 98129 para su correspondiente medición. Para el análisis microbiológico se inició la determinación por el método NMP en el laboratorio de Análisis Clínicos y Bacteriológico en un tiempo no mayor a 6 horas de acuerdo a la normativa NTE INEN 1105:1984 Aguas. Muestreo para el examen microbiológico.

## 2.6 Análisis de muestras

### 2.6.1 Análisis físicos

#### 2.6.1.1 Determinación de pH, conductividad, solidos totales disueltos, temperatura

- Estos parámetros se determinaron *in situ*, se utilizó el equipo multiparámetro Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester HI 98129, se llenó tres cuartas partes de muestra de agua en un vaso de plástico estéril previamente homogenizada.
- Se encendió el equipo y luego se procedió a lavar el electrodo del equipo con una piceta y abundante agua destilada, seleccionamos el parámetro a analizar e introducimos el equipo en la muestra de agua esperando unos segundos hasta que la medición se estabilice.
- Se registró la medición de temperatura que proporcionó automáticamente el equipo.
- Por último, se toma nota de las lecturas con las siguientes unidades °C para la Temperatura, µS/cm para la conductividad, mg/L para Solidos Totales Disueltos.

#### 2.6.1.2 Determinación de color

- En el equipo HACH DR 2800, se seleccionó en la pantalla “programas almacenados”, test 125 color 465 nm.
- Se preparó el blanco añadiendo en una celda estéril 10 mL de agua desionizada y en otra celda estéril 10 mL de muestra de agua previamente homogenizada.
- Se colocó la celda que contiene el blanco en el equipo secando por fuera con toallas absorbentes en la porta celdas y procedemos a encerrar presionando en “Cero”.
- A continuación de la misma forma se colocó la celda que contiene la muestra de agua secando por fuera con toallas absorbente, introducimos en el equipo y presionamos en “Medición”.
- Se registró la medida dada por el equipo en PtCo. (HACH COMPANY,200,pp.120-157)

### 2.6.1.3 *Determinación de turbiedad*

- Primeramente, se encendió el Equipo HACH 2020WE Turbidimeter.
- Se Añadió en la celda estéril la muestra de agua hasta la marca de color blanco señalada procediendo a secar por fuera con toallas absorbentes.
- Se introduce en la porta celdas y se cierra.
- Se presionó Scan Blank y Enter en el equipo.

Por último, se registra la lectura dada por el equipo en N.T.U.

## 2.6.2 *Análisis químico*

### 2.6.2.1 *Determinación de dureza*

- Para este análisis se realizó una titulación.
- se añadió en un Erlenmeyer 25 mL de muestra de agua con ayuda de una pipeta gravimétrica, seguidamente se colocó 1 mL de cianuro de potasio, 2 mL de Buffer pH 10, una pizca de indicador Negro de Ericromo T.
- Se procede a titular con EDTA (0,029M), batiendo suavemente la muestra, hasta que torne un cambio de color de rojo-azul.
- Se registra el resultado del volumen consumido del titulante y mediante una ecuación se saca el valor de la dureza en mg/L.
- Ecuación para el cálculo de la dureza:

$$Dureza \text{ mg } \frac{CaCO3}{L} = \frac{VEDTA \times MEDTA}{V \text{ muestra}} \times 1000,91$$

### 2.6.2.2 *Determinación de nitritos*

- Se procedió a encender el equipo HACH DR 2800, seleccionando en la pantalla “Programas Almacenados”, seleccionar “Test N Nitrito RB AV”.

- Seguidamente se preparó la muestra colocando 10 mL de muestra de agua en frascos limpios de boca ancha, luego se añadió un sobre de reactivo Nitriver en polvo en cada muestra.
- Se mezcló mediante rotación por un 1 minuto.
- Se preparó el blanco añadiendo 10 mL de agua desionizada en otro frasco limpio.
- Se colocó en la cubeta cuadrada el blanco, secando por fuera con toallas absorbentes.
- Se introdujo en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia al frente, seleccionando en la pantalla “Cero” del fotómetro que indica un valor de 0,00mg/L NO-3- N.
- De la misma forma con la muestra preparada se coloca en el soporte porta cubetas cerramos y seleccionamos en la pantalla “Medición”.
- Por último, se registró la lectura dada por el equipo en mg/L NO-3- N.

#### 2.6.2.3 *Determinación de nitratos*

- Esta determinación es similar a la anterior, se procedió a encender el equipo HACH DR 2800, seleccionando en la pantalla “Programas Almacenados”, seleccionar “Test N Nitrato RA PP”.
- Se preparó la muestra colocando 10 mL de muestra de agua en frascos limpios de boca ancha luego se añadió un sobre de reactivo NitraVer 5 en polvo en cada muestra.
- Se mezcló mediante rotación por un 1 minuto esperando 5 minutos hasta que se produzca la reacción para comenzar con la lectura.
- Se prepara el blanco añadiendo 10 mL de agua desionizada en la cubeta cuadrada secando por fuera con toallas absorbentes.
- Se colocó el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia al frente, seleccionando en la pantalla “Cero” del fotómetro que indica un valor de 0,00mg/L NO-3- N.
- De la misma forma con la muestra preparada se colocó en el soporte porta cubetas secando por fuera con toallas absorbentes, cerramos y seleccionamos en la pantalla “Medición”.
- Se registró la lectura dada por el equipo en mg/L NO-3- N.



#### 2.6.2.4 *Determinación de flúor*

- En el equipo HACH DR 2800, seleccionar en la pantalla “Programas Almacenados”, “Test 190 Fluoruro”, seguidamente se preparó las muestras colocando 10 mL de muestra de agua en frascos limpios de boca ancha.
- Se añadió con ayuda de una pipeta volumétrica 2 mL de solución SPADNS Reagent en cada muestra mezclar y esperar 20 minutos que se produzca la reacción para comenzar con la lectura.
- De la misma forma se preparó el blanco añadiendo 10 mL de agua desionizada en otro frasco y 2 mL de solución SPADNS Reagent mezclar y esperar 20 minutos.
- Se agregó el blanco en la cubeta cuadrada secando bien por fuera con toallas absorbentes.
- Se colocó en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia al frente, seleccionando en la pantalla “Cero” del fotómetro dando un valor de 0,00mg/L F-.
- La muestra preparada así mismo se colocó en el soporte porta cubetas secando por fuera con toallas absorbentes, se cierra seleccionando en la pantalla “Medición”.
- Se toma la lectura dada por el equipo en mg/L F-.

#### 2.6.2.5 *Determinación de fosfatos*

- Se preparó las muestras añadiendo 50 mL de muestra de agua en un balón aforado, luego se agregó 4 mL de reactivo amonio molibdato y 0,5 mL cloruro estañoso.
- Se aforo a 100 mL con el sobrante de la misma muestra y se empezó a batir.
- Se preparó la solución patrón a una concentración 0,05 mg/mL a partir de la solución madre, agregando 50 mL de esta solución en un balón aforado luego se añadió 4 mL de reactivo amonio molibdato y 0,5 mL de cloruro estañoso.
- Se aforo a 50 mL con el sobrante de la solución madre y se empezó a homogenizar.
- Se procede a encender el equipo y se ajustó la longitud de onda para empezar las mediciones a 650 nm y procedemos a encerrar con la solución blanco (agua destilada) verificando que la absorbancia sea 0 y la transmitancia 100.
- Se colocó en una celda hasta la marca la solución patrón, secando cuidadosamente por fuera con toallas absorbentes e introducimos en la porta celdas del equipo ajustando la concentración a 0,05 mg/mL.

- Se procede de igual forma con las muestras preparadas, se introduce en la porta celdas y se toma la lectura dada por el equipo Colorímetro Milton Roy 20D en mg/mL.

#### 2.6.2.6 *Determinación de Amonios*

- Primeramente, se preparó las muestras añadiendo 25 mL de muestra de agua en un balón aforado luego se agregó 1 mL del reactivo NaK tartrato y 2 mL de solución de Nessler.
- Se aforó a 50 mL con el sobrante de la misma muestra y se empezó a batir.
- Se preparó la solución patrón a una concentración 0,03 mg/mL a partir de la solución madre, agregando 25 mL de esta solución en un balón aforado.
- Seguidamente se añadió 1 mL del reactivo NaK tartrato y 2 mL de solución de Nessler seguidamente se aforo a 50 mL con el sobrante de la solución madre y se empezó a homogenizar.
- Se enciendo el equipo y se ajustó la longitud de onda para empezar las mediciones a 465 nm y procedemos a encerar con la solución blanco (agua destilada) verificando que la absorbancia sea 0 y la transmitancia 100.
- Se colocó en una celda hasta la marca la solución patrón; secando cuidadosamente por fuera con toallas absorbentes e introducimos en la porta celdas del equipo ajustando la concentración a 0,03mg/mL.
- Se procede de igual forma con las muestras preparadas, colocando en la porta celdas.
- Se toma la lectura dada por el equipo Colorímetro Milton Roy 20D en mg/mL.

#### 2.6.2.7 *Determinación de cloruros*

- Para esta determinación se realizó mediante una titulación.
- se añadió en un Erlenmeyer 25 mL de muestra de agua con una pipeta volumétrica, seguidamente se colocó 4 gotas de  $K_2CrO_7$ .
- Se procede a titular con  $AgNO_3$  (0,01N), batiendo suavemente la muestra, hasta que aparezca un cambio de color de amarillo a ladrillo.

- A continuación, se registra el resultado del volumen consumido del titulante y mediante una ecuación se saca el valor de cloruros en mg/L.

### 2.6.3 *Análisis microbiológico*

#### 2.6.3.1 *Determinación de coliformes fecales*

Con este análisis se determina la presencia o ausencia de *Escherichia coli* como indicador de contaminación usando pruebas presuntivas (NMP) y pruebas confirmativas (Eosina Azul de Metileno y Tinción Gram).

#### Prueba Presuntiva Número Más Probable (NMP)

- Se preparó los medios de cultivo Agua peptonada y Caldo lactosa bilis verde brillante al 2 % con agua destilada en cantidades requeridas previamente sometidos a esterilización.
- Se colocó 9 mL de agua peptonada en tres tubos de ensayo codificándoles de la siguiente manera ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) para cada muestra de agua.
- Se añadió con ayuda de una micropipeta 1 mL de muestra de agua en el tubo de ensayo  $10^{-1}$  homogenizando varias veces, siendo la primera dilución.
- Se realizó la segunda dilución adicionando con una micropipeta con distinta punta 1 mL de la primera dilución en el tubo de ensayo  $10^{-2}$  homogenizando varias veces.
- De la misma forma para la tercera dilución se adicionó con una micropipeta con distinta punta 1 mL de la segunda dilución en el tubo de ensayo  $10^{-3}$  homogenizando varias veces. Se sigue el mismo procedimiento para cada muestra de agua.
- A continuación, en series de tres tubos se colocó 10 mL de caldo verde bilis brillante para cada dilución preparada anteriormente dando un total de 9 tubos para cada muestra.
- Se colocó en el interior de cada tubo una Campana Durham.

- Se tomó 1 mL de cada dilución y se adiciono en tres tubos de caldo lactosa bilis verde brillante, realizando 3 series para cada dilución. Se mezcla pipeteando tres veces en el mismo tubo.
- Se sigue el mismo procedimiento con las demás diluciones, respectivamente.
- Se tapó herméticamente todos los tubos con gasas estériles y algodón.
- Se incubó a 35°C en una estufa por un tiempo de 24 a 48 horas.
- Se contaron los tubos positivos (ausencia o presencia de fermentación, turbidez o cambio de color en el caldo y formación de gas en la Campana Durham).
- Por último, el resultado se obtuvo mediante la tabla del NMP.

#### Prueba confirmativa Eosina Azul de Metileno (EAM)

- Se preparó medios de cultivo de Agar Eosina Azul de Metileno en cajas Petri para determinar si hay contaminación por *E.coli*.
- Se introdujo el asa de platino previamente estéril en tubos que resultaron positivos en el caldo lactosa bilis verde brillante y se realizó el estriado en las cajas Petri preparadas anteriormente.
- Se realizó la siembra bajo la cámara de flujo laminar utilizando un mechero.
- Se codifico las cajas según la dilución, numero de muestra y fecha.
- Se incubo las cajas a 35°C en una estufa durante 24 horas. (CAMBA, Nelly,1990, pp. 3-7.)
- Se observó crecimiento de colonias en las cajas Petri de color verde brillante.

#### Prueba confirmativa Tinción Gram

- Esta prueba se realizó para confirmar la presencia de *E.coli* en cada muestra que existe contaminación observándose en el microscopio bacilos Gram negativos.
- Se añadió una gota de suero fisiológico en el porta objetos codificada y se colocó con la asa de platino estéril una colonia de la caja Petri dejando secar la muestra en un mechero.
- Se colorió las placas porta objetos con gotas de cristal violeta dejando reposar por 1 minuto y se lavó las placas con abundante agua.
- Luego se añadió gotas de Lugol dejando reposar por 1 minuto y se lavó las placas con abundante agua.
- De la misma forma se colocó gotas de decolorante dejando reposar por 30 segundos e inmediatamente se lavó las placas con abundante agua.

- Por último, se añadió el colorante Safranina dejando reposar por 1 minuto y se lavó las placas con abundante agua.
- Se dejó secar las placas adicionando una gota de aceite de inmersión para observar en el microscopio con el lente de 100x.

**Nota:** La cámara de flujo laminar se desinfecto con alcohol al 70%, luego se encendió la luz UV durante 30 minutos para la preparación de las muestras, diluciones y placas. Cabe resaltar que para cada prueba microbiológica realizada; las muestras fueron procesadas por triplicado.

**Tabla 2-2** Índice del NMP de bacterias cuando se utiliza tres alícuotas de 1 cm<sup>3</sup> por dilución

| NUMERO DE TUBOS POSITIVOS EN CADA DILUCION |                           |                           | NMP POR GRAMO O cm <sup>3</sup> | LIMITES DE CONFIANZA DEL 95% |          | CATEGORIA |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------|-----------|
| DILUCION 10 <sup>-1</sup>                  | DILUCION 10 <sup>-2</sup> | DILUCION 10 <sup>-3</sup> |                                 | INFERIOR                     | SUPERIOR |           |
| 0  | 0                         | 0                         | 0                               | -                            | -        | -         |
| 0  | 0                         | 1                         | 3                               | 0,5                          | 9        | 3         |
| 0  | 1                         | 0                         | 3                               | 0,5                          | 13       | 2         |
| 1  | 0                         | 0                         | 4                               | 0,5                          | 20       | 1         |
| 1  | 0                         | 1                         | 7                               | 1                            | 21       | 3         |
| 1  | 1                         | 0                         | 7                               | 1                            | 23       | 2         |
| 1  | 1                         | 1                         | 11                              | 3                            | 36       | 4         |
| 1  | 2                         | 0                         | 11                              | 3                            | 36       | 3         |
| 2  | 0                         | 0                         | 9                               | 1                            | 36       | 1         |
| 2  | 0                         | 1                         | 14                              | 3                            | 37       | 3         |
| 2  | 1                         | 0                         | 15                              | 3                            | 44       | 2         |
| 2  | 1                         | 1                         | 20                              | 7                            | 89       | 4         |
| 2  | 2                         | 0                         | 21                              | 4                            | 47       | 3         |
| 2  | 2                         | 1                         | 28                              | 10                           | 150      | 4         |
| 3  | 0                         | 0                         | 23                              | 4                            | 120      | 1         |
| 3  | 0                         | 1                         | 39                              | 7                            | 130      | 2         |
| 3  | 0                         | 2                         | 64                              | 15                           | 380      | 4         |
| 3  | 1                         | 0                         | 43                              | 7                            | 210      | 1         |
| 3  | 1                         | 1                         | 75                              | 14                           | 230      | 2         |
| 3  | 1                         | 2                         | 120                             | 30                           | 380      | 3         |
| 3  | 2                         | 0                         | 93                              | 15                           | 380      | 1         |
| 3  | 2                         | 1                         | 150                             | 30                           | 440      | 2         |
| 3  | 2                         | 2                         | 210                             | 35                           | 470      | 3         |
| 3  | 3                         | 0                         | 240                             | 36                           | 1 300    | 1         |
| 3  | 3                         | 1                         | 460                             | 71                           | 2 400    | 1         |
| 3  | 3                         | 2                         | 1 100                           | 150                          | 4 800    | 1         |

Fuente: NTE INEN 1529-6:1990. Control microbiológico de los alimentos. 1990. pp. 7

## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis físicos del agua

Los análisis físicos realizados al agua potable para consumo humano de la junta administradora San José de Puñachizag fueron: pH, temperatura, conductividad, solidos totales disueltos, estos parámetros se analizaron “*in situ*” inmediatamente después de la toma de muestra con ayuda del equipo Combo pH&EC HI 98129.

Para la determinación de los parámetros de color y turbiedad se utilizó los equipos HACH DR 2800 y Turbidímetro, a través de muestras analizadas en el Laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias bajo la asesoría de la Ing. Gina Álvarez.

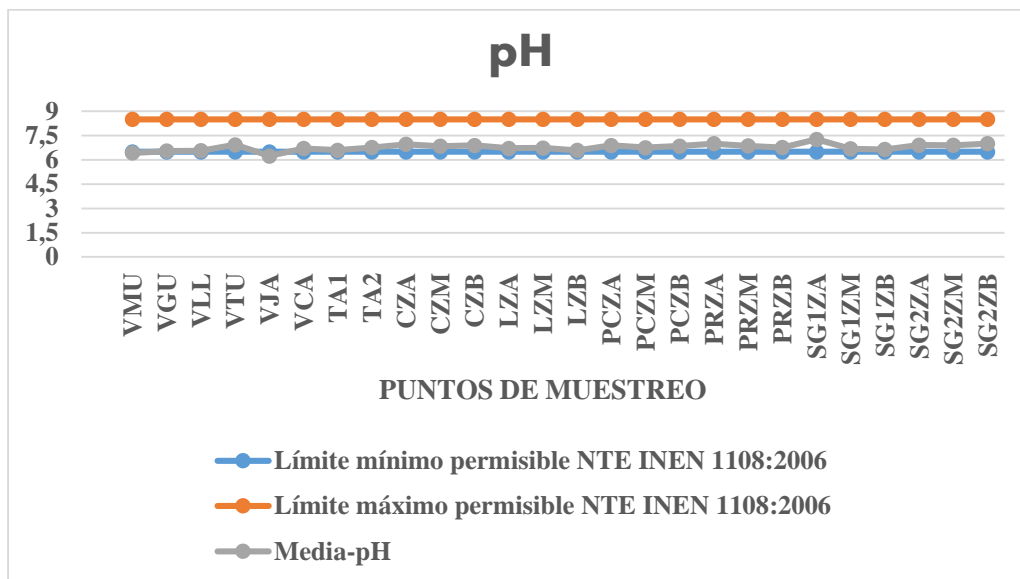
Los datos obtenidos se establecieron mediante un análisis descriptivo elaborado en Microsoft Excel utilizando gráficos de dispersión lineal, además se sacó las medias de los tres muestreos la cual se comparó con normativas vigentes NTE INEN 1108:2006, NTE INEN 1108:2014 y con la OMS 1995 con la finalidad de catalogar si el agua es apta o no para el consumo humano.

### 3.1.1 Análisis de pH según muestras analizadas

**Tabla 1-3** Datos obtenidos a partir de resultados de pH

| Lugar de muestreo | Muestreo |      |      | Límite mínimo permisible NTE INEN 1108:2006 | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2006 | Media-pH | NTE INEN 1108:2006 |           |
|-------------------|----------|------|------|---|---|----------|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2   | M3   |   |   |          | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 6,50     | 6,34 | 6,45 | 6,5   | 8,5   | 6,43     |                    | √         |
| VGU               | 6,62     | 6,45 | 6,56 | 6,5   | 8,5   | 6,54     | √                  |           |
| VLL               | 6,42     | 6,65 | 6,62 | 6,5   | 8,5   | 6,56     | √                  |           |
| VTU               | 6,97     | 6,91 | 6,93 | 6,5   | 8,5   | 6,94     | √                  |           |
| VJA               | 6,20     | 6,20 | 6,31 | 6,5   | 8,5   | 6,24     |                    | √         |
| VCA               | 6,58     | 6,84 | 6,68 | 6,5   | 8,5   | 6,70     | √                  |           |
| TA1               | 6,51     | 6,66 | 6,62 | 6,5   | 8,5   | 6,60     | √                  |           |
| TA2               | 6,44     | 6,98 | 6,87 | 6,5   | 8,5   | 6,76     | √                  |           |
| CZA               | 6,68     | 7,32 | 6,90 | 6,5   | 8,5   | 6,97     | √                  |           |
| CZM               | 6,73     | 7,00 | 6,80 | 6,5   | 8,5   | 6,84     | √                  |           |
| CZB               | 6,70     | 6,99 | 6,98 | 6,5   | 8,5   | 6,89     | √                  |           |
| LZA               | 6,58     | 6,81 | 6,75 | 6,5   | 8,5   | 6,71     | √                  |           |
| LZM               | 6,61     | 6,80 | 6,78 | 6,5   | 8,5   | 6,73     | √                  |           |
| LZB               | 6,49     | 6,76 | 6,50 | 6,5   | 8,5   | 6,58     | √                  |           |
| PCZA              | 6,82     | 7,01 | 6,85 | 6,5   | 8,5   | 6,89     | √                  |           |
| PCZM              | 6,77     | 6,73 | 6,75 | 6,5   | 8,5   | 6,75     | √                  |           |
| PCZB              | 6,91     | 6,88 | 6,76 | 6,5   | 8,5   | 6,85     | √                  |           |
| PRZA              | 6,95     | 7,03 | 7,01 | 6,5   | 8,5   | 7,00     | √                  |           |
| PRZM              | 6,77     | 6,88 | 6,95 | 6,5   | 8,5   | 6,87     | √                  |           |
| PRZB              | 6,70     | 6,89 | 6,70 | 6,5   | 8,5   | 6,76     | √                  |           |
| SG1ZA             | 7,17     | 7,41 | 7,23 | 6,5   | 8,5   | 7,27     | √                  |           |
| SG1ZM             | 6,73     | 6,62 | 6,71 | 6,5   | 8,5   | 6,69     | √                  |           |
| SG1ZB             | 6,69     | 6,58 | 6,68 | 6,5   | 8,5   | 6,65     | √                  |           |
| SG2ZA             | 6,87     | 6,96 | 6,92 | 6,5   | 8,5   | 6,92     | √                  |           |
| SG2ZM             | 6,91     | 6,88 | 6,93 | 6,5   | 8,5   | 6,91     | √                  |           |
| SG2ZB             | 6,94     | 7,10 | 6,97 | 6,5   | 8,5   | 7,00     | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.



**Gráfico 1-3** Dispersión lineal del parámetro pH según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 1-3 muestra los datos obtenidos del parámetro pH según muestras analizadas durante el periodo mayo-junio 2017. La mayor parte de los resultados de las muestras analizadas están dentro de los límites máximos y mínimos permitidos por la normativa NTE INEN 1108:2006 como se puede verificar en el gráfico anterior, a excepción de dos resultados que se encuentra fuera de los rangos especificados. El valor de pH más alto fue 7.27 correspondiente a la red de distribución domiciliar San Gabriel 1 zona alta, mientras que el valor más bajo fue de 6.24 correspondiente a la vertiente Jatuntoro.

En los resultados obtenidos del agua cruda y agua potable presentaron valores de pH inferiores a 7.0 a excepción de un valor que fue de 7.27, lo cual indica que la mayoría de los valores son idóneos para el consumo humano e impiden la proliferación de microorganismos de acuerdo a su basicidad. Además, es importante destacar que los valores por debajo de 6.5 pueden favorecer al proceso de corrosión de las tuberías, siendo agua corrosiva, lo cual puede movilizar metales en dichas tuberías, se debería considerar un análisis especialmente de los metales plomo y cobre.

Según los datos reportados en la investigación llevada a cabo en el agua potable del sistema de abastecimiento del cantón Santa Isabel-Cuenca, por José Tacuri y Oscar Vintimilla (2012, pp.21-28), no concuerda con los datos obtenidos en nuestra investigación puesto que ahí en el análisis de pH del agua cruda, tratada y de los inmuebles los datos están dentro del rango permitido de 6.6-8.5 U pH presentando valores entre 7.2 y 7.4 los cuales impiden la proliferación de los microorganismos.

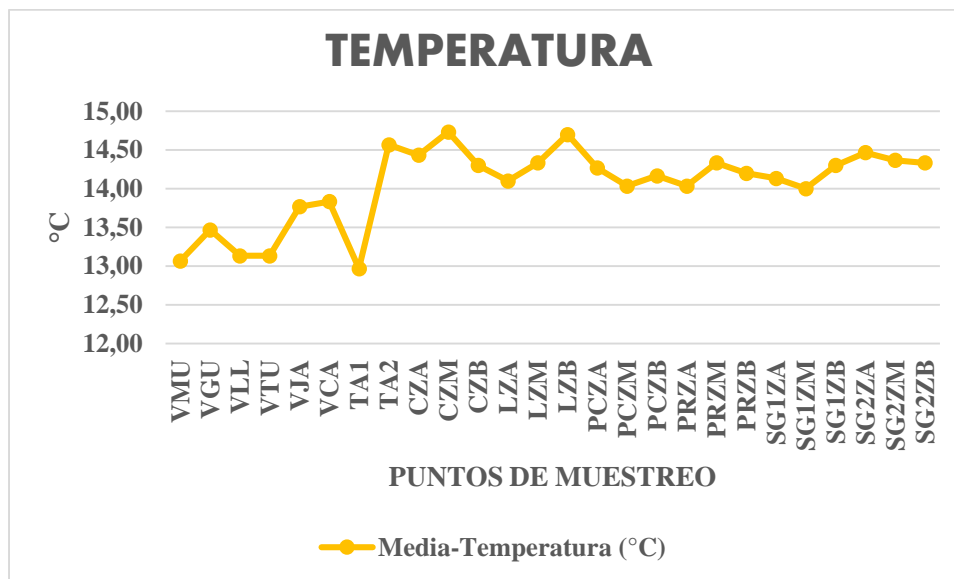


### 3.1.2 Análisis de temperatura según muestras analizadas

**Tabla 2-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de temperatura

| Lugar de muestreo | Muestreo |      |      | Media-Temperatura (°C) |
|-------------------|----------|------|------|------------------------|
|                   | M1       | M2   | M3   |                        |
| VMU               | 14,3     | 10,7 | 14,2 | 13,07                  |
| VGU               | 14,5     | 11,9 | 14,0 | 13,47                  |
| VLL               | 14,6     | 10,1 | 14,7 | 13,13                  |
| VTU               | 14,2     | 10,8 | 14,4 | 13,13                  |
| VJA               | 14,4     | 12,3 | 14,6 | 13,77                  |
| VCA               | 14,1     | 12,7 | 14,7 | 13,83                  |
| TA1               | 13,8     | 11,2 | 13,9 | 12,97                  |
| TA2               | 16,5     | 12,9 | 14,3 | 14,57                  |
| CZA               | 16,2     | 13,1 | 14,0 | 14,43                  |
| CZM               | 15,5     | 14,5 | 14,2 | 14,73                  |
| CZB               | 15,2     | 13,3 | 14,4 | 14,30                  |
| LZA               | 14,1     | 14,0 | 14,2 | 14,10                  |
| LZM               | 14,9     | 13,8 | 14,3 | 14,33                  |
| LZB               | 15,6     | 14,0 | 14,5 | 14,70                  |
| PCZA              | 14,5     | 14,3 | 14,0 | 14,27                  |
| PCZM              | 14,7     | 13,1 | 14,3 | 14,03                  |
| PCZB              | 14,8     | 13,2 | 14,5 | 14,17                  |
| PRZA              | 14,8     | 13,0 | 14,3 | 14,03                  |
| PRZM              | 15,0     | 13,4 | 14,6 | 14,33                  |
| PRZB              | 14,5     | 13,5 | 14,6 | 14,20                  |
| SG1ZA             | 14,6     | 13,5 | 14,3 | 14,13                  |
| SG1ZM             | 15,2     | 12,8 | 14,0 | 14,00                  |
| SG1ZB             | 15,3     | 13,4 | 14,2 | 14,30                  |
| SG2ZA             | 15,4     | 13,7 | 14,3 | 14,47                  |
| SG2ZM             | 15,4     | 13,3 | 14,4 | 14,37                  |
| SG2ZB             | 15,2     | 13,5 | 14,3 | 14,33                  |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.



**Gráfico 2-3:** Dispersión lineal del parámetro temperatura según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 2-3 muestra todos los resultados obtenidos del parámetro de temperatura según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. El rango de temperatura se encuentra entre 13,07°C-14,73°C. Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N°32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la temperatura se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 18°C y un máximo admisible de 30°C.

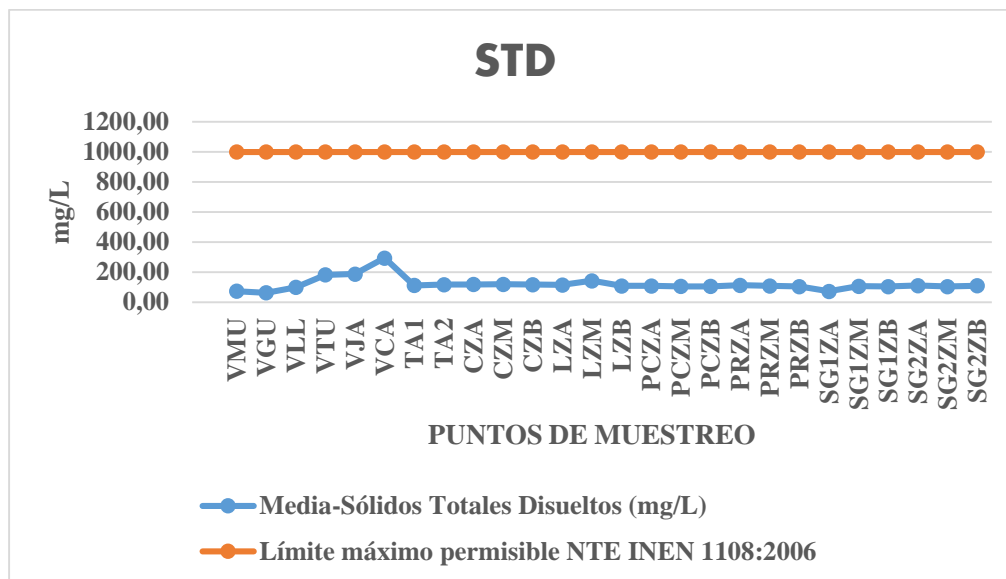
El valor más bajo de temperatura de las muestras analizadas corresponde a la vertiente Murmul en cambio el valor más alto corresponde a la red de distribución domiciliar Catequilla zona media, lo que indica que la temperatura varía de acuerdo al lugar y hora de muestreo, es decir el análisis “*in situ*” efectuado a la muestra de agua de la vertiente fue a las 8:30 am y de la red de distribución a las 12:00 pm por la cual su variación es notoria. Según Catalán (1969), la temperatura de las aguas subterráneas depende de las características del terreno que drenan, pudiendo ser influenciada, entre otras causas, por la naturaleza de las rocas, siendo además función de la profundidad. Según los datos reportados en la investigación realizada por Johel Rodriguez (2009, pp.4), no concuerda con los datos obtenidos en nuestra investigación puesto que ahí en el análisis de temperatura del agua en cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela los datos están dentro del rango permitido, presentando valores entre 18 a 25 °C, tomando en cuenta que la temperatura varía de acuerdo a la altura y características de la zona .

### 3.1.3 Análisis de Sólidos Totales Disueltos (mg/l) según muestras analizadas

**Tabla 3-1** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de Sólidos Totales Disueltos

| Lugar de muestreo | Muestreo |     |     | Media-STD (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2006 | NTE INEN 1108:2006 |           |
|-------------------|----------|-----|-----|------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2  | M3  |                  |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 77       | 77  | 68  | 74,00            | 1000  | √                  |           |
| VGU               | 64       | 65  | 59  | 62,67            | 1000  | √                  |           |
| VLL               | 112      | 88  | 98  | 99,33            | 1000  | √                  |           |
| VTU               | 186      | 178 | 182 | 182,00           | 1000  | √                  |           |
| VJA               | 189      | 188 | 187 | 188,00           | 1000  | √                  |           |
| VCA               | 290      | 290 | 301 | 293,67           | 1000  | √                  |           |
| TA1               | 107      | 111 | 119 | 112,33           | 1000  | √                  |           |
| TA2               | 101      | 127 | 125 | 117,67           | 1000  | √                  |           |
| CZA               | 111      | 127 | 118 | 118,67           | 1000  | √                  |           |
| CZM               | 107      | 127 | 125 | 119,67           | 1000  | √                  |           |
| CZB               | 103      | 126 | 122 | 117,00           | 1000  | √                  |           |
| LZA               | 108      | 124 | 112 | 114,67           | 1000  | √                  |           |
| LZM               | 104      | 110 | 214 | 142,67           | 1000  | √                  |           |
| LZB               | 103      | 116 | 108 | 109,00           | 1000  | √                  |           |
| PCZA              | 106      | 114 | 105 | 108,33           | 1000  | √                  |           |
| PCZM              | 104      | 106 | 107 | 105,67           | 1000  | √                  |           |
| PCZB              | 108      | 103 | 106 | 105,67           | 1000  | √                  |           |
| PRZA              | 106      | 120 | 112 | 112,67           | 1000  | √                  |           |
| PRZM              | 106      | 110 | 111 | 109,00           | 1000  | √                  |           |
| PRZB              | 104      | 106 | 104 | 104,67           | 1000  | √                  |           |
| SG1ZA             | 108      | 48  | 61  | 72,33            | 1000  | √                  |           |
| SG1ZM             | 107      | 110 | 102 | 106,33           | 1000  | √                  |           |
| SG1ZB             | 104      | 103 | 106 | 104,33           | 1000  | √                  |           |
| SG2ZA             | 105      | 120 | 108 | 111,00           | 1000  | √                  |           |
| SG2ZM             | 105      | 106 | 103 | 104,67           | 1000  | √                  |           |
| SG2ZB             | 105      | 118 | 108 | 110,33           | 1000  | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.



**Gráfico 3-1** Dispersión lineal del parámetro STD según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 3-3 indica los datos obtenidos del parámetro de Sólidos Totales según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. Todos los resultados de las muestras analizadas están por debajo del límite máximo permitido (1000 mg/L) por la normativa NTE INEN 1108:2006 Quinta edición. El valor alto es de 293,00 mg/L correspondiente a la vertiente Catequilla.

Como se puede verificar en el gráfico 3-3 de dispersión lineal, es decir cumple con las especificaciones descritas por la normativa, demostrando la calidad del agua potable con respecto a este parámetro. El aumento de la concentración de Sólidos Totales Disueltos podría deberse al arrastre de residuos a las vertientes por lo que no cuentan con un sistema adecuado de captación, suelen ser también de mal agrado para el paladar y dependiendo de las sales podrían causar un efecto laxante para el consumidor, además es directamente proporcional a la conductividad por lo tanto los resultados de igual aumentarían. ( TIRADO, Andrea y VELASTEGUI, Ramiro, 2004, pp.3-12)

Según la investigación realizada sobre la Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria en Costa Rica por Zhen Wu (2009, pp.2-4), concuerdan con los datos de esta investigación, puesto que presentan valores por debajo del límite definido que varía entre 120-268 mg/L asumiendo que en este parámetro el agua es apta para consumo. Así mismo al comparar los resultados con la investigación realizada por Andrea Tirado, y Ramiro Velastegui (2004, pp.3-12) sobre la calidad de agua de EP EMAPA-Ambato presentaron valores

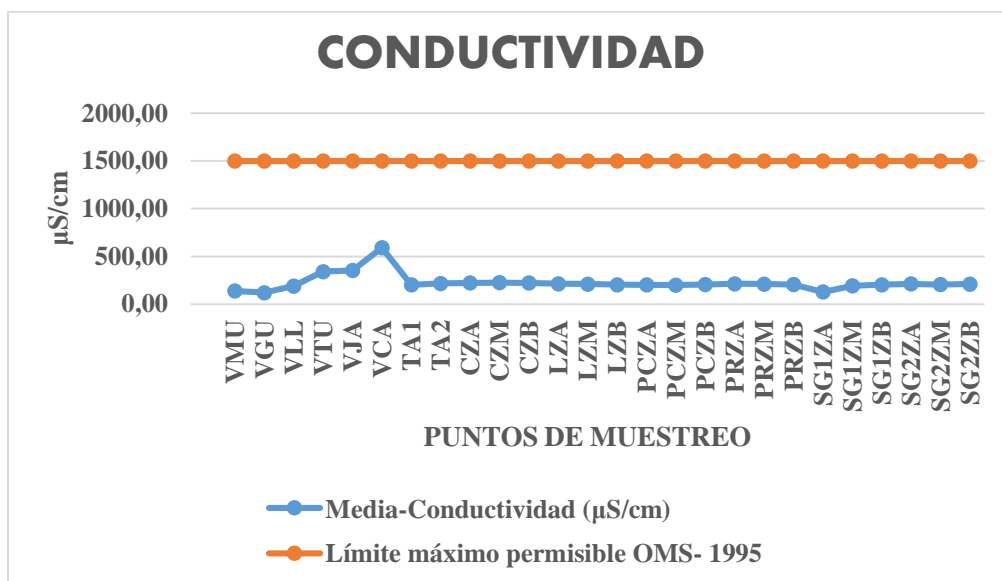
entre 119,13-146,45 mg/L los mismos que están por debajo del límite máximo permitido; al hablar de este parámetro se refiere a la medida específica del total de residuos sólidos filtrables.

### 3.1.4 Análisis de Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) según muestras analizadas

**Tabla 4-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de conductividad

| Lugar de muestreo | Muestreo |     |     | Media-Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | Límite máximo permisible OMS- 1995 | OMS-1995  |           |
|-------------------|----------|-----|-----|---|------------------------------------|-----------|-----------|
|                   | M1       | M2  | M3  |   |                                    | Si Cumple | No Cumple |
| VMU               | 145      | 139 | 135 | 139,67  | 1500                               | √         |           |
| VGU               | 122      | 123 | 120 | 121,67  | 1500                               | √         |           |
| VLL               | 212      | 162 | 198 | 190,67  | 1500                               | √         |           |
| VTU               | 352      | 334 | 341 | 342,33  | 1500                               | √         |           |
| VJA               | 357      | 352 | 354 | 354,33  | 1500                               | √         |           |
| VCA               | 581      | 591 | 602 | 591,33  | 1500                               | √         |           |
| TA1               | 192      | 209 | 207 | 202,67  | 1500                               | √         |           |
| TA2               | 192      | 238 | 223 | 217,67  | 1500                               | √         |           |
| CZA               | 201      | 240 | 227 | 222,67  | 1500                               | √         |           |
| CZM               | 203      | 239 | 236 | 226,00  | 1500                               | √         |           |
| CZB               | 195      | 238 | 235 | 222,67  | 1500                               | √         |           |
| LZA               | 203      | 232 | 210 | 215,00  | 1500                               | √         |           |
| LZM               | 196      | 220 | 218 | 211,33  | 1500                               | √         |           |
| LZB               | 195      | 217 | 202 | 204,67  | 1500                               | √         |           |
| PCZA              | 193      | 216 | 201 | 203,33  | 1500                               | √         |           |
| PCZM              | 195      | 204 | 206 | 201,67  | 1500                               | √         |           |
| PCZB              | 204      | 207 | 210 | 207,00  | 1500                               | √         |           |
| PRZA              | 199      | 225 | 220 | 214,67  | 1500                               | √         |           |
| PRZM              | 198      | 213 | 222 | 211,00  | 1500                               | √         |           |
| PRZB              | 199      | 211 | 208 | 206,00  | 1500                               | √         |           |
| SG1ZA             | 195      | 90  | 102 | 129,00  | 1500                               | √         |           |
| SG1ZM             | 181      | 195 | 203 | 193,00  | 1500                               | √         |           |
| SG1ZB             | 196      | 206 | 212 | 204,67  | 1500                               | √         |           |
| SG2ZA             | 199      | 226 | 215 | 213,33  | 1500                               | √         |           |
| SG2ZM             | 199      | 212 | 206 | 205,67  | 1500                               | √         |           |
| SG2ZB             | 198      | 221 | 216 | 211,67  | 1500                               | √         |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.



**Gráfico 4-3** Dispersión lineal del parámetro conductividad según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.

La tabla 4-3 indica todos los resultados obtenidos del parámetro conductividad expresada en  $\mu\text{S/cm}$  según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. El valor más alto y bajo son  $591,33 \mu\text{S/cm}$  perteneciente a la vertiente Catequilla y  $121,67 \mu\text{S/cm}$  perteneciente a la vertiente Guaygua respectivamente los cuales se encuentran dentro del límite máximo permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS)-1995 que es de  $1500 \mu\text{S/cm}$ .

Los resultados obtenidos son alentadores debido a que se evidencia que las muestras cumplen con los parámetros establecidos por la normativa vigente, por lo tanto se confirma que el agua para consumo de la comunidad de Puñachizag es de calidad en este parámetro. En cuanto al incremento de conductividad podría deberse al tiempo de muestreo, lo que puede atribuir al arrastre de sales provocando precipitación, la conductividad depende exclusivamente de la concentración de sales y metales provenientes del agua los cuales varían de acuerdo a las estaciones del año incluyendo fenómenos como; precipitación y sedimentación. (RUBIO, Hector., et.al, pp.139-150. )

Al comparar los resultados de la investigación realizada por Zhen Wu (2009, pp.4-6) sobre la Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria en Costa Rica, concuerda con los datos obtenidos en nuestra investigación puesto que ahí los resultados del parámetro de conductividad están dentro del límite establecido por la normativa, presentando valores entre  $247-298 \mu\text{S/cm}$  en época seca y lluviosa tomando en cuenta que la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos totales disueltos. Según

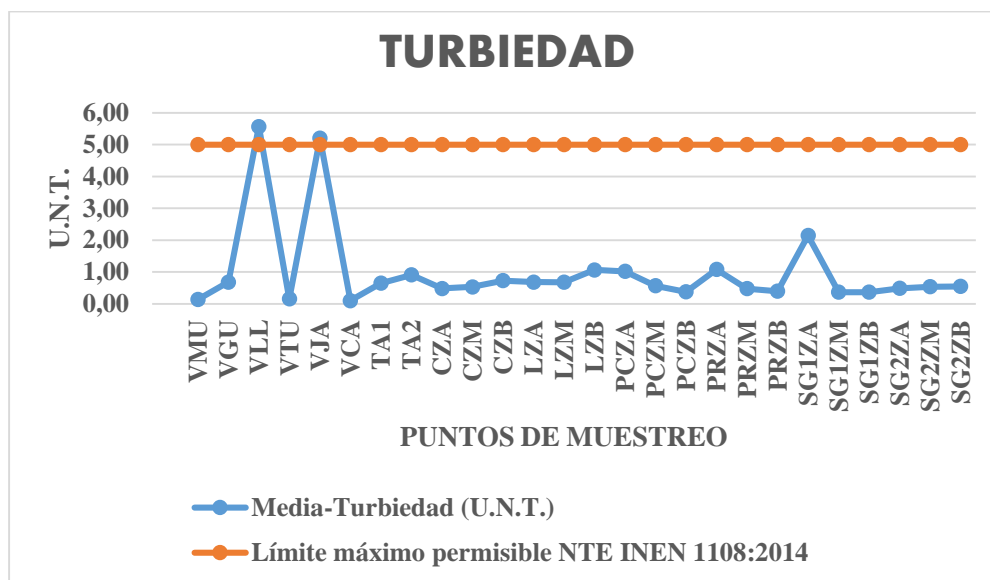
Dorronsoro (2001) menciona que una clase excelente de agua presenta valores de 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en cambio valores de 250-750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  corresponde agua buena afirmando que el cambio de clima si influye en la contaminación y calidad del canal.

### 3.1.5 Análisis de turbiedad (U.N.T.) según muestras analizadas.

**Tabla 5-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de turbiedad

| Lugar de muestreo | Muestreo |      |      | Media-Turbiedad (U.N.T.) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2006 |           |
|-------------------|----------|------|------|--------------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2   | M3   |                          |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 0,08     | 0,20 | 0,12 | 0,13                     | 5   | √                  |           |
| VGU               | 0,64     | 0,69 | 0,72 | 0,68                     | 5   | √                  |           |
| VLL               | 5,68     | 5,42 | 5,60 | 5,57                     | 5   |                    | √         |
| VTU               | 0,11     | 0,17 | 0,18 | 0,15                     | 5   | √                  |           |
| VJA               | 4,86     | 5,26 | 5,48 | 5,20                     | 5   |                    | √         |
| VCA               | 0,02     | 0,18 | 0,10 | 0,10                     | 5   | √                  |           |
| TA1               | 0,73     | 0,50 | 0,71 | 0,65                     | 5   | √                  |           |
| TA2               | 0,35     | 1,27 | 1,10 | 0,91                     | 5   | √                  |           |
| CZA               | 0,48     | 0,49 | 0,47 | 0,48                     | 5   | √                  |           |
| CZM               | 0,43     | 0,61 | 0,55 | 0,53                     | 5   | √                  |           |
| CZB               | 0,35     | 0,97 | 0,86 | 0,73                     | 5   | √                  |           |
| LZA               | 0,56     | 0,89 | 0,60 | 0,68                     | 5   | √                  |           |
| LZM               | 0,61     | 0,72 | 0,70 | 0,68                     | 5   | √                  |           |
| LZB               | 0,54     | 1,44 | 1,21 | 1,06                     | 5   | √                  |           |
| PCZA              | 0,87     | 1,17 | 1,02 | 1,02                     | 5   | √                  |           |
| PCZM              | 0,64     | 0,58 | 0,47 | 0,56                     | 5   | √                  |           |
| PCZB              | 0,32     | 0,44 | 0,36 | 0,37                     | 5   | √                  |           |
| PRZA              | 0,59     | 1,37 | 1,28 | 1,08                     | 5   | √                  |           |
| PRZM              | 0,47     | 0,51 | 0,45 | 0,48                     | 5   | √                  |           |
| PRZB              | 0,39     | 0,38 | 0,41 | 0,39                     | 5   | √                  |           |
| SG1ZA             | 2,16     | 2,14 | 2,13 | 2,14                     | 5   | √                  |           |
| SG1ZM             | 0,35     | 0,38 | 0,36 | 0,36                     | 5   | √                  |           |
| SG1ZB             | 0,39     | 0,28 | 0,42 | 0,36                     | 5   | √                  |           |
| SG2ZA             | 0,41     | 0,66 | 0,38 | 0,48                     | 5   | √                  |           |
| SG2ZM             | 0,42     | 0,62 | 0,56 | 0,53                     | 5   | √                  |           |
| SG2ZB             | 0,70     | 0,53 | 0,41 | 0,55                     | 5   | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.



**Gráfico 5-3** Dispersión lineal del parámetro turbiedad según muestras analizadas  
**Realizado por:** Tibanquiza, Sofia 2017.

La tabla 5-3 muestra los datos obtenidos del parámetro de Turbiedad expresada en U.N.T (Unidades Nefelométricas de Turbidez) según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017.

En el gráfico 5-3 de dispersión lineal se evidencia que la mayor parte de los valores están dentro de los límites máximos permitidos por la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión, a excepción de dos resultados que se encuentra fuera de los rangos especificados los cuales fueron 5,57 y 5,20 pertenecientes a las vertientes Llinllo y Jatuntoro, respectivamente. Como se puede observar claramente los valores de dos vertientes, es decir, agua cruda superan al límite máximo permitido 5 U.N.T, mientras que una vez que inicia el tratamiento de potabilización del agua, la turbidez disminuye permaneciendo dentro de los rangos establecidos por la normativa hasta llegar a los domicilios; por ello se constata la calidad del agua en base a este parámetro.

Al comparar los datos obtenidos en nuestra investigación con la que se llevó a cabo en un estudio de la turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales y distribución en la ciudad de Concepción de Uruguay realizado por Marcó Leandro.,et.al (2004, pp.72-82) no concuerdan con nuestra investigación, dado que muestran datos que superan los límites establecidos por la normativa llegando hasta 30 U.N.T, por falta en la etapa de clarificación y desinfección del proceso de potabilización del agua.



La turbidez del agua se genera por la presencia de partículas en suspensión, algunas son de naturaleza inorgánica (arcillas, fangos y óxidos minerales) proveniente de la erosión de los suelos y otras de naturaleza orgánica (bacterias, paracitos, algas etc.). La elevada turbidez en muestras analizadas servirán también como nutrientes para los microorganismos que logren eludir al tratamiento o se incorporen ya sea a la red de distribución y tanques de almacenamiento. ( MARCÓ, Leandro.,et.al, 2004, pp.72-82.)

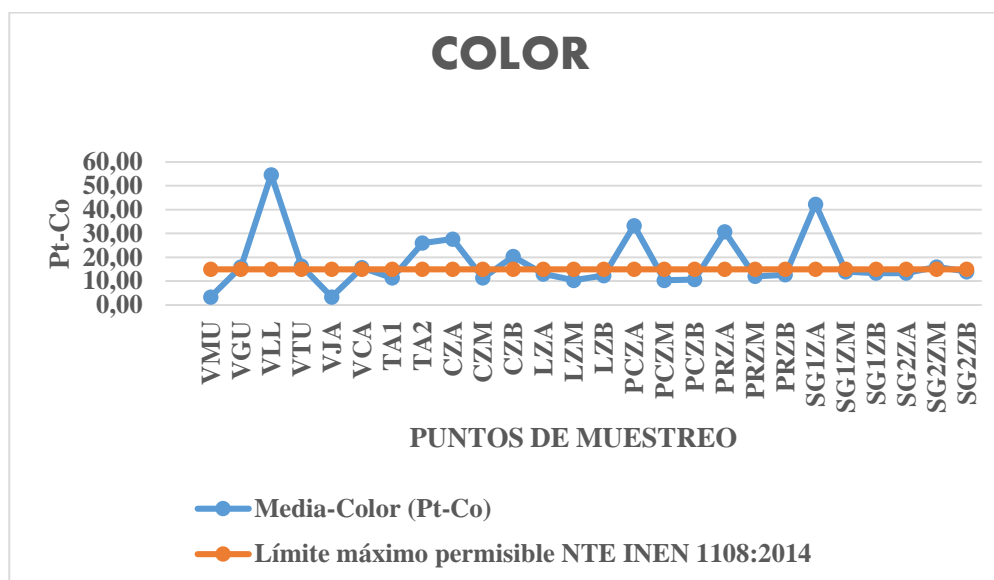
### 3.1.6 Análisis de color (Pt-Co) según muestras analizadas.

**Tabla 6-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de color

| Lugar de muestreo | Muestreo |    |    | Media-Color (Pt-Co) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|----|----|---------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2 | M3 |                     |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 3        | 4  | 3  | 3,33                | 15  | √                  |           |
| VGU               | 17       | 15 | 16 | 16,00               | 15  |                    | √         |
| VLL               | 34       | 69 | 61 | 54,67               | 15  |                    | √         |
| VTU               | 16       | 17 | 16 | 16,33               | 15  |                    | √         |
| VJA               | 3        | 4  | 3  | 3,33                | 15  | √                  |           |
| VCA               | 14       | 18 | 15 | 15,67               | 15  |                    | √         |
| TA1               | 14       | 8  | 12 | 11,33               | 15  | √                  |           |
| TA2               | 9        | 41 | 28 | 26,00               | 15  |                    | √         |
| CZA               | 9        | 38 | 36 | 27,67               | 15  |                    | √         |
| CZM               | 9        | 13 | 12 | 11,33               | 15  | √                  |           |
| CZB               | 10       | 27 | 24 | 20,33               | 15  |                    | √         |
| LZA               | 9        | 17 | 13 | 13,00               | 15  | √                  |           |
| LZM               | 10       | 12 | 9  | 10,33               | 15  | √                  |           |
| LZB               | 10       | 15 | 12 | 12,33               | 15  | √                  |           |
| PCZA              | 29       | 38 | 33 | 33,33               | 15  |                    | √         |
| PCZM              | 10       | 11 | 10 | 10,33               | 15  | √                  |           |
| PCZB              | 10       | 12 | 10 | 10,67               | 15  | √                  |           |
| PRZA              | 12       | 44 | 36 | 30,67               | 15  |                    | √         |
| PRZM              | 10       | 14 | 12 | 12,00               | 15  | √                  |           |
| PRZB              | 12       | 15 | 11 | 12,67               | 15  | √                  |           |

| Continúa la Tabla |    |    |    |       |    |   |   |
|-------------------|----|----|----|-------|----|---|---|
| SG1ZA             | 32 | 51 | 44 | 42,33 | 15 |   | √ |
| SG1ZM             | 14 | 16 | 12 | 14,00 | 15 | √ |   |
| SG1ZB             | 13 | 15 | 12 | 13,33 | 15 | √ |   |
| SG2ZA             | 10 | 18 | 12 | 13,33 | 15 | √ |   |
| SG2ZM             | 16 | 18 | 14 | 16,00 | 15 |   | √ |
| SG2ZB             | 16 | 14 | 12 | 14,00 | 15 | √ |   |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.



**Gráfico 6-3** Dispersión lineal del parámetro de color según muestras analizadas  
Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 6-3 muestra todos los resultados obtenidos del parámetro de color según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. En algunos puntos de muestreo los valores obtenidos sobrepasan el límite máximo permitido por la normativa NTE INEN 1108:2014 que es de 15 Pt-Co, siendo el valor más alto 54.67 Pt-Co correspondiente a la vertiente Llinllo.

Estos resultados demuestran que el agua no es considerada apta para el consumo humano en su totalidad; debido a que no cumple con los requisitos establecidos por la normativa NTE INEN 1108:2014. Quinta revisión. Los valores altos obtenidos pueden deberse a que el agua de consumo está contaminada con iones metálicos naturales como: hierro y magnesio, materia orgánica o desechos industriales que afectan su calidad. De la misma forma en la red de distribución domiciliar es notorio

el incremento del parámetro de color en algunos domicilios, ya sea por la inexistencia de filtros de arena que se da a los tanques de almacenamiento o a su vez simplemente las tuberías ya cumplieron su vida útil; o existe filtraciones y corrosiones de la misma.

Los resultados obtenidos en nuestro proyecto concuerdan con los resultados de la investigación llevada a cabo en el agua potable del sistema de abastecimiento del cantón Santa Isabel-Cuenca, por José Tacuri y Oscar Vintimilla (2012, pp. 21-28) puesto que ahí en el análisis de color la mayor parte de muestras no cumplen con la normativa NTE INEN 1108:2014, lo que indica que los valores altos se debe a la antigüedad de las redes de distribución que terminaron su vida útil y por la falta de tratamiento del agua.

### **3.2 Análisis químicos del agua**

Los análisis químicos realizados al agua potable para consumo humano de la junta administradora San José de Puñachizag fueron: nitritos, nitratos, flúor los cuales se analizaron gracias al equipo HACH DR 2800, en cambio para la determinación de los parámetros de fosfatos y amonio se utilizó el equipo Colorímetro Milton Roy 20D y por último los parámetros de cloruros y dureza se realizaron a través de una titulación. Todos estos parámetros se analizaron en el Laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias con asesoría técnica de la Ing. Gina Álvarez.

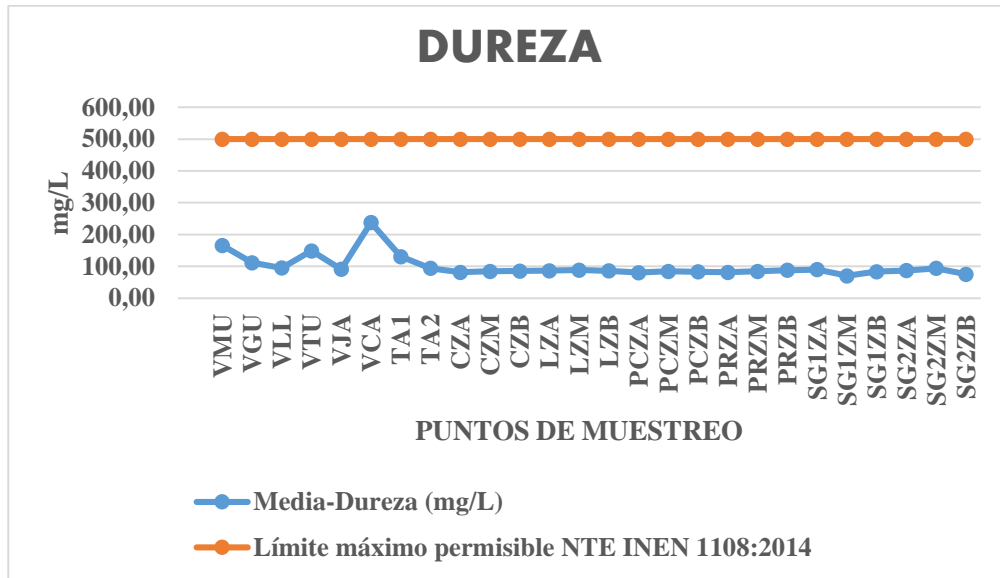
Los datos obtenidos fueron verificados con la norma vigente NTE INEN 1108 con la finalidad de catalogar si el agua es apta o no para el consumo humano.

3.2.1 *Análisis de dureza (mg/L) según muestras analizadas.*

**Tabla 7-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de dureza

| Lugar de muestreo | Muestreo |     |     | Media-Dureza (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|-----|-----|---------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2  | M3  |                     |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 144      | 192 | 162 | 166,00              | 500   | √                  |           |
| VGU               | 136      | 64  | 135 | 111,67              | 500   | √                  |           |
| VLL               | 96       | 98  | 92  | 95,33               | 500   | √                  |           |
| VTU               | 134      | 152 | 161 | 149,00              | 500   | √                  |           |
| VJA               | 82       | 94  | 98  | 91,33               | 500   | √                  |           |
| VCA               | 254      | 224 | 236 | 238,00              | 500   | √                  |           |
| TA1               | 122      | 134 | 136 | 130,67              | 500   | √                  |           |
| TA2               | 94       | 92  | 96  | 94,00               | 500   | √                  |           |
| CZA               | 88       | 72  | 84  | 81,33               | 500   | √                  |           |
| CZM               | 90       | 75  | 88  | 84,33               | 500   | √                  |           |
| CZB               | 89       | 80  | 87  | 85,33               | 500   | √                  |           |
| LZA               | 92       | 78  | 90  | 86,67               | 500   | √                  |           |
| LZM               | 92       | 82  | 92  | 88,67               | 500   | √                  |           |
| LZB               | 82       | 91  | 85  | 86,00               | 500   | √                  |           |
| PCZA              | 77       | 85  | 79  | 80,33               | 500   | √                  |           |
| PCZM              | 74       | 83  | 96  | 84,33               | 500   | √                  |           |
| PCZB              | 69       | 88  | 92  | 83,00               | 500   | √                  |           |
| PRZA              | 83       | 76  | 86  | 81,67               | 500   | √                  |           |
| PRZM              | 79       | 85  | 89  | 84,33               | 500   | √                  |           |
| PRZB              | 91       | 86  | 87  | 88,00               | 500   | √                  |           |
| SG1ZA             | 86       | 88  | 96  | 90,00               | 500   | √                  |           |
| SG1ZM             | 78       | 66  | 68  | 70,67               | 500   | √                  |           |
| SG1ZB             | 88       | 77  | 86  | 83,67               | 500   | √                  |           |
| SG2ZA             | 88       | 86  | 87  | 87,00               | 500   | √                  |           |
| SG2ZM             | 88       | 96  | 98  | 94,00               | 500   | √                  |           |
| SG2ZB             | 88       | 62  | 76  | 75,33               | 500   | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.



**Gráfico 7-3** Dispersión lineal del parámetro de dureza según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.

La tabla 7-3 indica todos los resultados obtenidos del parámetro de dureza según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. El valor más alto y bajo son 238,00 mg/L perteneciente a la vertiente Catequilla y 70,67 mg/L perteneciente a la red de distribución domiciliar, respectivamente los cuales se encuentran dentro del límite máximo permitido por la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión que es de 500 mg/L.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la gráfica 7-3 de dispersión lineal se observa que el agua al ingresar al tratamiento de potabilización va disminuyendo su concentración de dureza, lo cual confirma que el agua para consumo de la comunidad Puñachizag es de calidad referente a este parámetro. Los valores son alentadores debido a que la concentración elevada de dureza está relacionada al tipo de suelo donde predomina la arcilla la cual está constituida de magnesio, carbonatos, nitratos de calcio, cloruros, bicarbonatos, silicatos.

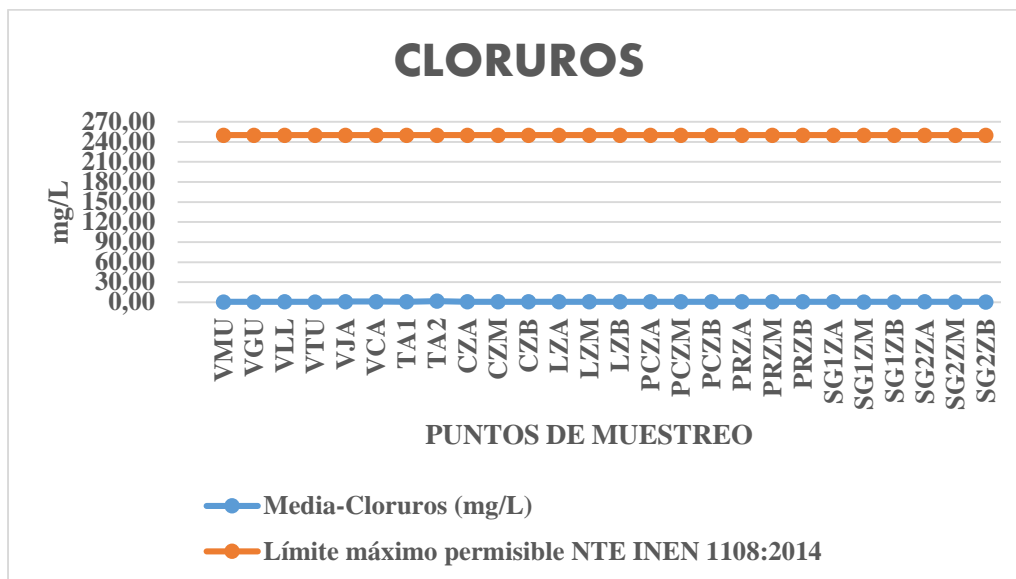
Según la investigación realizada por Héctor Rubio y colaboradores (2014, pp.139-150), sobre Índice de calidad de agua en la presa la Boquilla en Chihuahua, México concuerda con los datos obtenidos en esta investigación puesto que ahí presentan valores entre 295-324 mg/L, los cuales están por debajo de límite máximo permitido por la norma vigente asumiendo en este caso que el aumento en la dureza del agua puede deberse a niveles bajos de agua en época seca lo que genera mayor concentración de sales considerando aguas duras.

### 3.2.2 Análisis de cloruros (mg/L) según muestras analizadas.

**Tabla 8-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de cloruros

| Lugar de muestreo | Muestreo |      |      | Media-Cloruros (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|------|------|-----------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2   | M3   |                       |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 0,64     | 0,55 | 0,68 | 0,62                  | 250   | √                  |           |
| VGU               | 0,48     | 0,62 | 0,46 | 0,52                  | 250   | √                  |           |
| VLL               | 0,61     | 0,72 | 0,68 | 0,67                  | 250   | √                  |           |
| VTU               | 0,32     | 0,41 | 0,52 | 0,42                  | 250   | √                  |           |
| VJA               | 0,95     | 0,87 | 0,96 | 0,93                  | 250   | √                  |           |
| VCA               | 1,15     | 1,04 | 1,13 | 1,11                  | 250   | √                  |           |
| TA1               | 0,75     | 0,82 | 0,81 | 0,79                  | 250   | √                  |           |
| TA2               | 1,7      | 1,85 | 1,68 | 1,74                  | 250   | √                  |           |
| CZA               | 0,65     | 0,76 | 0,8  | 0,74                  | 250   | √                  |           |
| CZM               | 0,78     | 0,75 | 0,85 | 0,79                  | 250   | √                  |           |
| CZB               | 0,8      | 0,73 | 0,7  | 0,74                  | 250   | √                  |           |
| LZA               | 0,85     | 0,66 | 0,71 | 0,74                  | 250   | √                  |           |
| LZM               | 0,77     | 0,68 | 0,71 | 0,72                  | 250   | √                  |           |
| LZB               | 0,7      | 0,75 | 0,69 | 0,71                  | 250   | √                  |           |
| PCZA              | 0,7      | 0,68 | 0,72 | 0,70                  | 250   | √                  |           |
| PCZM              | 0,7      | 0,76 | 0,8  | 0,75                  | 250   | √                  |           |
| PCZB              | 0,82     | 0,74 | 0,67 | 0,74                  | 250   | √                  |           |
| PRZA              | 0,71     | 0,81 | 0,76 | 0,76                  | 250   | √                  |           |
| PRZM              | 0,75     | 0,7  | 0,74 | 0,73                  | 250   | √                  |           |
| PRZB              | 0,71     | 0,78 | 0,75 | 0,75                  | 250   | √                  |           |
| SG1ZA             | 0,7      | 0,76 | 0,65 | 0,70                  | 250   | √                  |           |
| SG1ZM             | 0,58     | 0,45 | 0,55 | 0,53                  | 250   | √                  |           |
| SG1ZB             | 0,62     | 0,58 | 0,72 | 0,64                  | 250   | √                  |           |
| SG2ZA             | 0,7      | 0,73 | 0,68 | 0,70                  | 250   | √                  |           |
| SG2ZM             | 0,5      | 0,44 | 0,35 | 0,43                  | 250   | √                  |           |
| SG2ZB             | 0,48     | 0,37 | 0,48 | 0,44                  | 250   | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.



**Gráfico 8-3** Dispersión lineal del parámetro de cloruros según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.

La tabla 8-3 indica los datos obtenidos del parámetro de cloruros según muestras analizadas durante el periodo mayo-junio 2017. Todos los resultados de las muestras analizadas están por debajo del límite máximo permitido 250 mg/L por la normativa NTE INEN 1108:2014, como se puede verificar en el gráfico 8-3 de dispersión lineal, por lo tanto cumple con lo establecido por la normativa vigente dando a conocer en este parámetro la buena calidad del agua para consumo.

Como se puede observar en el gráfico 9-3 de dispersión lineal todas las muestras de agua contienen pequeñas cantidades de cloruros hasta las vertientes ya que si no existe contaminación se asume que el agua atraviesa terrenos ricos en cloruros. Las altas concentraciones de cloruros pueden ser índice de contaminación debido a que las materias residuales exclusivamente de origen animal presentan cantidades considerables de estas sales lo que provoca corrosividad lo que proporcionan un sabor desagradable.

En comparación con otra investigación realizadas por Julia Pacheco y colaboradores (2004, pp. 165-179) no concuerdan con este análisis debido a que superan el valor máximo permisible (250 mg/L) por la Norma Oficial Mexicana-1994, presentando valores altos de 404 mg/L a 632 mg/L lo que sugiere que la elevadas concentraciones de cloruros podría deberse a la presencia de rocas evaporitas en el subsuelo o al uso de fertilizantes clorurados como el cloruro de amonio.

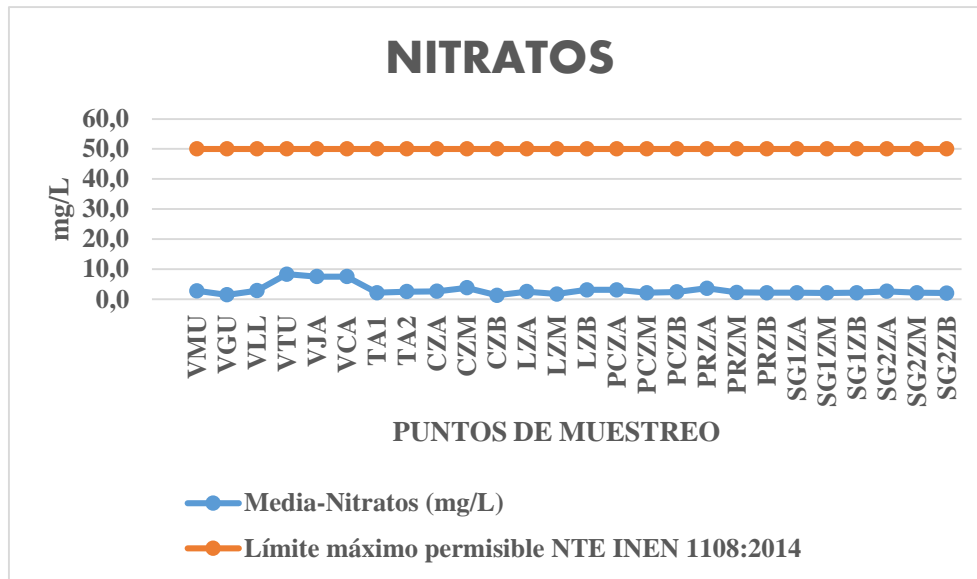
### 3.2.3 Análisis de nitratos (mg/L) según muestras analizadas.

**Tabla 9-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de nitratos

| Lugar de muestreo | Muestreo |     |     | Media-Nitratos (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|-----|-----|-----------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2  | M3  |                       |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 2,3      | 3,6 | 2,5 | 2,8                   | 50  | √                  |           |
| VGU               | 1,2      | 1,8 | 1,4 | 1,5                   | 50  | √                  |           |
| VLL               | 2,5      | 3,3 | 2,8 | 2,9                   | 50  | √                  |           |
| VTU               | 8,9      | 7,9 | 8,2 | 8,3                   | 50  | √                  |           |
| VJA               | 7,2      | 7,3 | 8,2 | 7,6                   | 50  | √                  |           |
| VCA               | 6,9      | 8,3 | 7,4 | 7,5                   | 50  | √                  |           |
| TA1               | 2,0      | 2,0 | 2,6 | 2,2                   | 50  | √                  |           |
| TA2               | 1,6      | 3,2 | 2,8 | 2,5                   | 50  | √                  |           |
| CZA               | 2,9      | 2,5 | 2,6 | 2,7                   | 50  | √                  |           |
| CZM               | 3,7      | 4,0 | 3,8 | 3,8                   | 50  | √                  |           |
| CZB               | 1,5      | 0,7 | 1,8 | 1,3                   | 50  | √                  |           |
| LZA               | 1,7      | 3,1 | 2,8 | 2,5                   | 50  | √                  |           |
| LZM               | 2,0      | 1,8 | 1,5 | 1,8                   | 50  | √                  |           |
| LZB               | 2,6      | 3,3 | 3,5 | 3,1                   | 50  | √                  |           |
| PCZA              | 2,8      | 3,1 | 3,5 | 3,1                   | 50  | √                  |           |
| PCZM              | 2,0      | 1,7 | 2,8 | 2,2                   | 50  | √                  |           |
| PCZB              | 2,1      | 2,5 | 2,8 | 2,5                   | 50  | √                  |           |
| PRZA              | 2,5      | 3,9 | 4,6 | 3,7                   | 50  | √                  |           |
| PRZM              | 2,4      | 2,8 | 1,7 | 2,3                   | 50  | √                  |           |
| PRZB              | 2,6      | 1,9 | 2,1 | 2,2                   | 50  | √                  |           |
| SG1ZA             | 2,1      | 1,6 | 2,9 | 2,2                   | 50  | √                  |           |
| SG1ZM             | 1,6      | 2,0 | 2,8 | 2,1                   | 50  | √                  |           |
| SG1ZB             | 2,0      | 1,9 | 2,6 | 2,2                   | 50  | √                  |           |
| SG2ZA             | 1,9      | 3,6 | 2,4 | 2,6                   | 50  | √                  |           |
| SG2ZM             | 2,2      | 2,8 | 1,6 | 2,2                   | 50  | √                  |           |
| SG2ZB             | 2,1      | 2,3 | 1,8 | 2,1                   | 50  | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.





**Gráfico 9-3** Dispersión lineal del parámetro de nitratos según muestras analizadas  
**Realizado por:** Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 9-3 muestra los datos obtenidos del parámetro de nitratos según muestras analizadas durante el periodo mayo-junio 2017. Todos los resultados de las muestras analizadas están por debajo del límite máximo permitido 50 mg/L por la normativa NTE INEN 1108:2014; como se puede verificar en el gráfico 9-3 de dispersión lineal por lo tanto cumple con el requisito de la normativa dando a conocer en este parámetro la calidad del agua de consumo.

Las vertientes como están ubicadas en el monte y encerradas a su alrededor a una distancia considerable por alambres de púa, no son tierras destinadas a la agricultura siendo utilizado como fertilizante para enriquecer el suelo por tal motivo no existe la contaminación por nitratos, lo que demuestra los resultados obtenidos en todas las muestras anteriormente. La presencia de nitratos en el agua de consumo se debe exclusivamente por las filtraciones agrícolas, desechos humanos y animales, además de materia orgánica por oxidación del amoníaco que en varios casos está ligada a contaminación biológica.

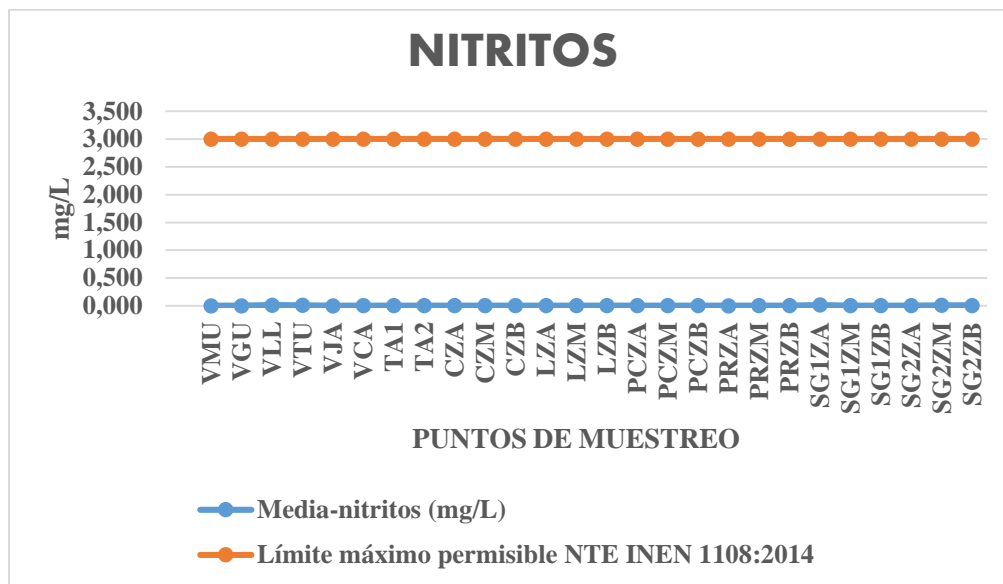
Los datos obtenidos en la investigación realizada por la Ing. Yar Brenda en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, concuerda con los datos obtenidos en nuestra investigación puesto que ahí hay similitud en los resultados del parámetro de nitratos encontrándose por debajo del límite máximo permitido por la normativa, su media es de 0.30 mg/L, asumiendo que son tierras agrícolas el riesgo de contaminación por nitratos es poco probable.

### 3.2.4 Análisis de nitritos (mg/L) según muestras analizadas.

**Tabla 10-3** Datos estadísticos a partir de resultados del análisis de nitritos

| Lugar de muestreo | Muestreo |       |       | Media-nitritos (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|-------|-------|-----------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2    | M3    |                       |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 0,004    | 0,002 | 0,004 | 0,003                 | 3   | √                  |           |
| VGU               | 0,005    | 0,001 | 0,003 | 0,003                 | 3   | √                  |           |
| VLL               | 0,015    | 0,012 | 0,011 | 0,013                 | 3   | √                  |           |
| VTU               | 0,008    | 0,012 | 0,014 | 0,011                 | 3   | √                  |           |
| VJA               | 0,003    | 0,004 | 0,003 | 0,003                 | 3   | √                  |           |
| VCA               | 0,004    | 0,004 | 0,003 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| TA1               | 0,003    | 0,004 | 0,004 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| TA2               | 0,004    | 0,006 | 0,004 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| CZA               | 0,004    | 0,006 | 0,004 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| CZM               | 0,004    | 0,006 | 0,006 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| CZB               | 0,004    | 0,006 | 0,004 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| LZA               | 0,004    | 0,004 | 0,006 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| LZM               | 0,005    | 0,004 | 0,005 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| LZB               | 0,003    | 0,004 | 0,005 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| PCZA              | 0,005    | 0,006 | 0,006 | 0,006                 | 3   | √                  |           |
| PCZM              | 0,004    | 0,005 | 0,004 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| PCZB              | 0,007    | 0,005 | 0,004 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| PRZA              | 0,003    | 0,004 | 0,003 | 0,003                 | 3   | √                  |           |
| PRZM              | 0,004    | 0,004 | 0,005 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| PRZB              | 0,003    | 0,004 | 0,005 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| SG1ZA             | 0,016    | 0,005 | 0,027 | 0,016                 | 3   | √                  |           |
| SG1ZM             | 0,003    | 0,004 | 0,005 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| SG1ZB             | 0,004    | 0,005 | 0,004 | 0,004                 | 3   | √                  |           |
| SG2ZA             | 0,003    | 0,007 | 0,004 | 0,005                 | 3   | √                  |           |
| SG2ZM             | 0,011    | 0,012 | 0,012 | 0,012                 | 3   | √                  |           |
| SG2ZB             | 0,005    | 0,014 | 0,004 | 0,008                 | 3   | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.



**Gráfico 10-3** Dispersión lineal del parámetro de nitritos según muestras analizadas  
Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 10-3 muestra los datos obtenidos del parámetro de nitritos según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. Todos los resultados de las muestras analizadas están por debajo del límite máximo permitido 3 mg/L por la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta edición, como se puede verificar en el gráfico 10-3 de dispersión lineal, por lo tanto cumple con las especificaciones descritas por la norma, dando a conocer de igual manera en este parámetro la calidad del agua de consumo la misma que no posee contaminación por nitrógeno específicamente nitritos.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio son alentadores, debido a que las concentraciones de nitritos y nitratos son resultado de la lixiviación de fertilizantes mismos que en este caso se encuentran en valores bajos, por lo tanto no son perjudiciales para la salud.

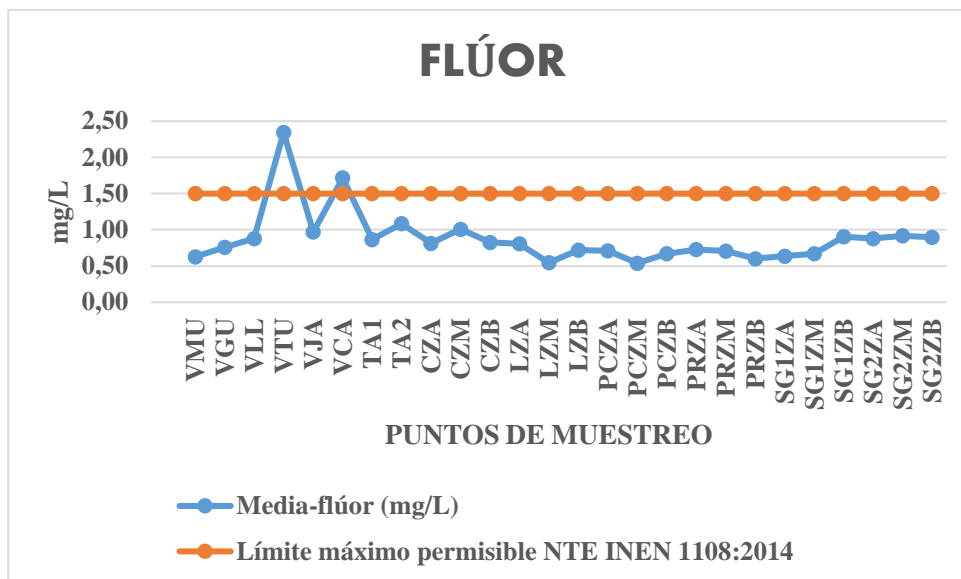
Al comparar los resultados de la investigación realizada en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile por Rivera y colaboradores (2004, pp.89-101), estos concuerdan con los datos obtenidos en nuestra investigación puesto que ahí los resultados del análisis del parámetro de nitritos están dentro del límite establecido por la normativa, presentando valores entre 0,001-0,004 mg/L propios de las aguas puras exentas de contaminación y sin perturbación del ciclo de nitrógeno.

### 3.2.5 Análisis de flúor (mg/L) según muestras analizadas.

**Tabla 11-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de flúor

| Lugar de muestreo | Muestreo |      |      | Media-flúor (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|------|------|--------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2   | M3   |                    |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 0,20     | 1,00 | 0,68 | 0,63               | 1,5   | √                  |           |
| VGU               | 0,64     | 0,91 | 0,72 | 0,76               | 1,5   | √                  |           |
| VLL               | 0,55     | 1,27 | 0,82 | 0,88               | 1,5   | √                  |           |
| VTU               | 1,96     | 2,94 | 2,13 | 2,34               | 1,5   |                    | √         |
| VJA               | 0,72     | 1,27 | 0,92 | 0,97               | 1,5   | √                  |           |
| VCA               | 1,57     | 1,75 | 1,83 | 1,72               | 1,5   |                    | √         |
| TA1               | 0,26     | 1,00 | 1,34 | 0,87               | 1,5   | √                  |           |
| TA2               | 0,95     | 1,05 | 1,25 | 1,08               | 1,5   | √                  |           |
| CZA               | 0,61     | 0,96 | 0,87 | 0,81               | 1,5   | √                  |           |
| CZM               | 0,51     | 1,09 | 1,42 | 1,01               | 1,5   | √                  |           |
| CZB               | 0,19     | 1,06 | 1,23 | 0,83               | 1,5   | √                  |           |
| LZA               | 0,58     | 0,89 | 0,95 | 0,81               | 1,5   | √                  |           |
| LZM               | 0,44     | 0,62 | 0,58 | 0,55               | 1,5   | √                  |           |
| LZB               | 0,39     | 0,99 | 0,78 | 0,72               | 1,5   | √                  |           |
| PCZA              | 0,35     | 1,02 | 0,76 | 0,71               | 1,5   | √                  |           |
| PCZM              | 0,44     | 0,83 | 0,35 | 0,54               | 1,5   | √                  |           |
| PCZB              | 0,41     | 0,95 | 0,65 | 0,67               | 1,5   | √                  |           |
| PRZA              | 0,30     | 0,90 | 0,98 | 0,73               | 1,5   | √                  |           |
| PRZM              | 0,38     | 0,76 | 0,98 | 0,71               | 1,5   | √                  |           |
| PRZB              | 0,30     | 0,58 | 0,92 | 0,60               | 1,5   | √                  |           |
| SG1ZA             | 0,22     | 0,93 | 0,76 | 0,64               | 1,5   | √                  |           |
| SG1ZM             | 0,46     | 0,98 | 0,57 | 0,67               | 1,5   | √                  |           |
| SG1ZB             | 0,88     | 0,92 | 0,91 | 0,90               | 1,5   | √                  |           |
| SG2ZA             | 0,67     | 1,04 | 0,93 | 0,88               | 1,5   | √                  |           |
| SG2ZM             | 0,95     | 0,87 | 0,93 | 0,92               | 1,5   | √                  |           |
| SG2ZB             | 0,85     | 1,01 | 0,83 | 0,90               | 1,5   | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.



**Gráfico 11-3** Dispersión lineal del parámetro de flúor según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 11-3 muestra todos los resultados obtenidos del parámetro de flúor según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. En dos puntos de muestreo los valores obtenidos sobrepasan el límite máximo permitido por la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión que es de 1.5 mg/L, siendo los valores más alto 2.34-1.72 mg/L correspondientes a la vertiente túnel y Catequilla respectivamente.

Por lo tanto, el agua no es considerada apta para el consumo humano en su totalidad, debido a que no cumple con las especificaciones descritas por la normativa NTE INEN 1108: 2014. Quinta revisión. La presencia de flúor en las vertientes se encuentra de forma natural, es decir, en la corteza terrestre exclusivamente de aguas subterráneas a través de las infiltraciones del elemento provenientes del suelo y rocas. La mayor parte de los resultados posee bajas cantidades de flúor, lo que significa que el agua de consumo humano de la comunidad de Puñachizag trae beneficios a la población ya que previene las caries dentales.

Otra investigación basada en fluorosis dental en niños y flúor en el agua de consumo humano. Mexicacán, Jalisco, México hecha por Teresa Pérez y colaboradores (2007, pp.214-219), presentan valores por encima del límite permitido por la normativa, cuyos datos no concuerdan con esta investigación porque la mayor parte de las muestras de agua se encontraron valores de 2.0 mg/L debido a que los niños se abastecían de agua mezclada es decir de aguas calientes la cual tenía una

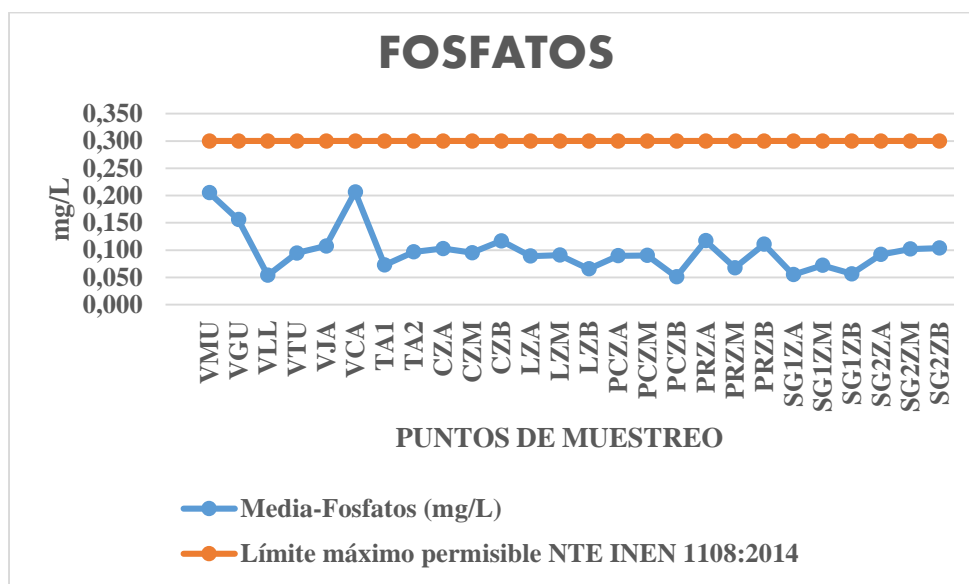
interconexión a la red de municipal del agua potable, por tal motivo existía concentraciones altas de Flúor.

### 3.2.6 Análisis de fosfatos (mg/L) según muestras analizadas.

**Tabla 12-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de fosfatos

| Lugar de muestreo | Muestreo |       |       | Media-Fosfatos (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|-------|-------|-----------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2    | M3    |                       |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 0,140    | 0,260 | 0,216 | 0,205                 | 0,3   | √                  |           |
| VGU               | 0,153    | 0,194 | 0,121 | 0,156                 | 0,3   | √                  |           |
| VLL               | 0,043    | 0,058 | 0,061 | 0,054                 | 0,3   | √                  |           |
| VTU               | 0,054    | 0,148 | 0,082 | 0,095                 | 0,3   | √                  |           |
| VJA               | 0,099    | 0,122 | 0,102 | 0,108                 | 0,3   | √                  |           |
| VCA               | 0,175    | 0,232 | 0,213 | 0,207                 | 0,3   | √                  |           |
| TA1               | 0,048    | 0,122 | 0,048 | 0,073                 | 0,3   | √                  |           |
| TA2               | 0,059    | 0,144 | 0,087 | 0,097                 | 0,3   | √                  |           |
| CZA               | 0,092    | 0,114 | 0,103 | 0,103                 | 0,3   | √                  |           |
| CZM               | 0,085    | 0,108 | 0,093 | 0,095                 | 0,3   | √                  |           |
| CZB               | 0,037    | 0,142 | 0,172 | 0,117                 | 0,3   | √                  |           |
| LZA               | 0,023    | 0,130 | 0,114 | 0,089                 | 0,3   | √                  |           |
| LZM               | 0,054    | 0,074 | 0,145 | 0,091                 | 0,3   | √                  |           |
| LZB               | 0,034    | 0,094 | 0,069 | 0,066                 | 0,3   | √                  |           |
| PCZA              | 0,036    | 0,134 | 0,099 | 0,090                 | 0,3   | √                  |           |
| PCZM              | 0,054    | 0,142 | 0,075 | 0,090                 | 0,3   | √                  |           |
| PCZB              | 0,022    | 0,057 | 0,074 | 0,051                 | 0,3   | √                  |           |
| PRZA              | 0,093    | 0,114 | 0,145 | 0,117                 | 0,3   | √                  |           |
| PRZM              | 0,041    | 0,086 | 0,076 | 0,068                 | 0,3   | √                  |           |
| PRZB              | 0,073    | 0,083 | 0,176 | 0,111                 | 0,3   | √                  |           |
| SG1ZA             | 0,055    | 0,031 | 0,079 | 0,055                 | 0,3   | √                  |           |
| SG1ZM             | 0,033    | 0,087 | 0,096 | 0,072                 | 0,3   | √                  |           |
| SG1ZB             | 0,043    | 0,092 | 0,035 | 0,057                 | 0,3   | √                  |           |
| SG2ZA             | 0,089    | 0,112 | 0,075 | 0,092                 | 0,3   | √                  |           |
| SG2ZM             | 0,058    | 0,105 | 0,143 | 0,102                 | 0,3   | √                  |           |
| SG2ZB             | 0,092    | 0,132 | 0,087 | 0,104                 | 0,3   | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofia 2017.



**Gráfico 12-3** Dispersión lineal del parámetro de fosfatos según muestras analizadas  
 Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

La tabla 12-3 indica todos los resultados obtenidos del parámetro de fosfatos según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. El valor más alto y bajo son 0,207 mg/L perteneciente a la vertiente Catequilla y 0,051 mg/L perteneciente a la red de distribución domiciliar respectivamente los cuales se encuentran dentro del límite máximo permitido por la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión que es de 0,3 mg/L.

Los resultados demuestran que el agua potable de la comunidad de Puñachizag es de calidad, es decir, apta para el consumo humano debido a que cumplen con la especificación descrita por la normativa en cuanto a este parámetro. Sin embargo, la presencia de fosfatos en el agua para consumo humano se debe a infiltraciones o rupturas de tuberías de este anión a la red de distribución provenientes de agroquímicos utilizados para la agricultura, excreciones de humanos y animales, en cambio en las vertientes es de origen natural por la producción de algas y sedimentos.

Al comparar los resultados de la investigación realizada en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile por Rivera y colaboradores (2004,pp.89-101), este concuerda con los datos obtenidos en nuestra investigación puesto que ahí los resultados del análisis del parámetro de fosfatos están dentro del límite establecido por la normativa, presentando valores que varía entre 0,074 y 0,317 mg/L propios de las aguas puras sin contaminación y tierras poco productivas. El fosfato es un bionutriente importante en el crecimiento de la planta

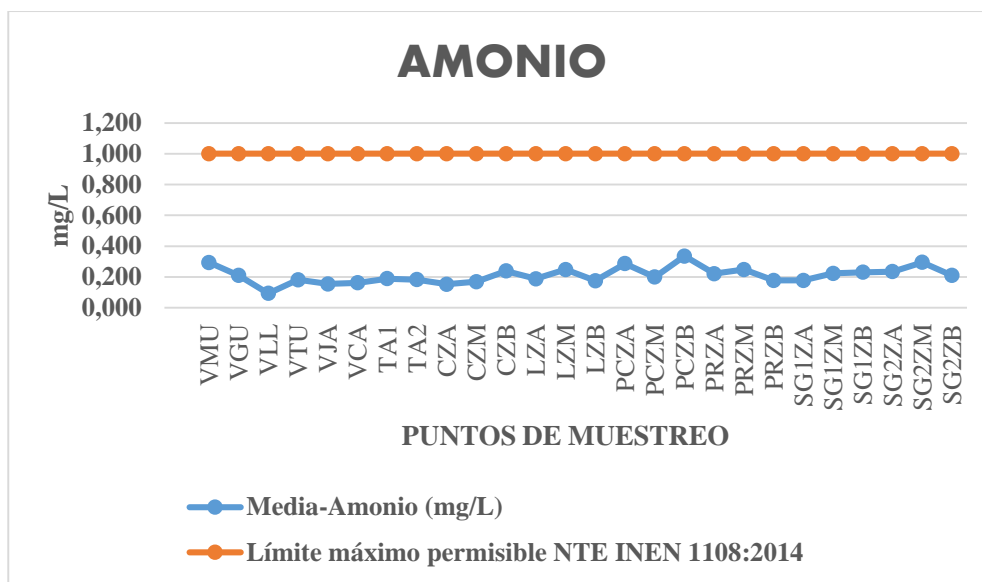
3.2.7 *Análisis de amonio (mg/L) según muestras analizadas.*

**Tabla 13-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de amonio

| Lugar de muestreo | Muestreo |       |       | Media-Amoníaco (mg/L) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|----------|-------|-------|-----------------------|---|--------------------|-----------|
|                   | M1       | M2    | M3    |                       |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 0,305    | 0,276 | 0,301 | 0,294                 | 1   | √                  |           |
| VGU               | 0,162    | 0,288 | 0,180 | 0,210                 | 1   | √                  |           |
| VLL               | 0,088    | 0,124 | 0,067 | 0,093                 | 1   | √                  |           |
| VTU               | 0,118    | 0,220 | 0,205 | 0,181                 | 1   | √                  |           |
| VJA               | 0,076    | 0,254 | 0,134 | 0,155                 | 1   | √                  |           |
| VCA               | 0,100    | 0,188 | 0,196 | 0,161                 | 1   | √                  |           |
| TA1               | 0,180    | 0,194 | 0,192 | 0,189                 | 1   | √                  |           |
| TA2               | 0,186    | 0,198 | 0,163 | 0,182                 | 1   | √                  |           |
| CZA               | 0,145    | 0,168 | 0,143 | 0,152                 | 1   | √                  |           |
| CZM               | 0,150    | 0,172 | 0,185 | 0,169                 | 1   | √                  |           |
| CZB               | 0,234    | 0,226 | 0,257 | 0,239                 | 1   | √                  |           |
| LZA               | 0,284    | 0,132 | 0,148 | 0,188                 | 1   | √                  |           |
| LZM               | 0,284    | 0,193 | 0,267 | 0,248                 | 1   | √                  |           |
| LZB               | 0,176    | 0,204 | 0,145 | 0,175                 | 1   | √                  |           |
| PCZA              | 0,243    | 0,258 | 0,357 | 0,286                 | 1   | √                  |           |
| PCZM              | 0,228    | 0,168 | 0,202 | 0,199                 | 1   | √                  |           |
| PCZB              | 0,262    | 0,354 | 0,389 | 0,335                 | 1   | √                  |           |
| PRZA              | 0,294    | 0,168 | 0,202 | 0,221                 | 1   | √                  |           |
| PRZM              | 0,253    | 0,211 | 0,279 | 0,248                 | 1   | √                  |           |
| PRZB              | 0,202    | 0,188 | 0,143 | 0,178                 | 1   | √                  |           |
| SG1ZA             | 0,192    | 0,124 | 0,215 | 0,177                 | 1   | √                  |           |
| SG1ZM             | 0,208    | 0,254 | 0,208 | 0,223                 | 1   | √                  |           |
| SG1ZB             | 0,215    | 0,210 | 0,267 | 0,231                 | 1   | √                  |           |
| SG2ZA             | 0,254    | 0,226 | 0,223 | 0,234                 | 1   | √                  |           |
| SG2ZM             | 0,308    | 0,304 | 0,272 | 0,295                 | 1   | √                  |           |
| SG2ZB             | 0,216    | 0,160 | 0,254 | 0,210                 | 1   | √                  |           |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017





**Gráfico 13-3** Dispersión lineal del parámetro de amoniaco según muestras analizadas  
**Realizado por:** Tibanquiza, Sofia 2017.

La tabla 13-3 indica los datos obtenidos del parámetro de amonio según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. Todos los resultados de las muestras analizadas están por debajo del límite máximo permitido 1 mg/L por la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta edición. Como se puede verificar en el gráfico 13-3 de dispersión lineal, las concentraciones de amonio cumplen con las especificaciones descritas por la normativa, demostrando la calidad óptima del agua potable con respecto a este parámetro.

Al comparar los resultados obtenidos con la investigación realizada por Poleth Ortiz (2015,64), al agua de consumo humano de la parroquia Quisapincha, se observó que estos presentaron valores similares a este estudio, asumiendo que el agua es apta para el consumo humano, siendo importante destacar que el aumento de este parámetro es indicativo de contaminación microbiológica significativa.

### 3.3 Análisis microbiológico del agua

El análisis microbiológico realizado al agua potable para consumo humano de la junta administradora San José de Puñachizag fueron: coliformes fecales por el método NMP (Numero más probable), se analizó en el Laboratorio de Análisis Clínicos y Bacteriológico de la Facultad de Ciencias gracias a la asesoría técnica del BQ.F. Fernando Pancho.

Los datos obtenidos se verificó con la norma vigente NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión, con la finalidad de catalogar si el agua es apta o no para el consumo humano.

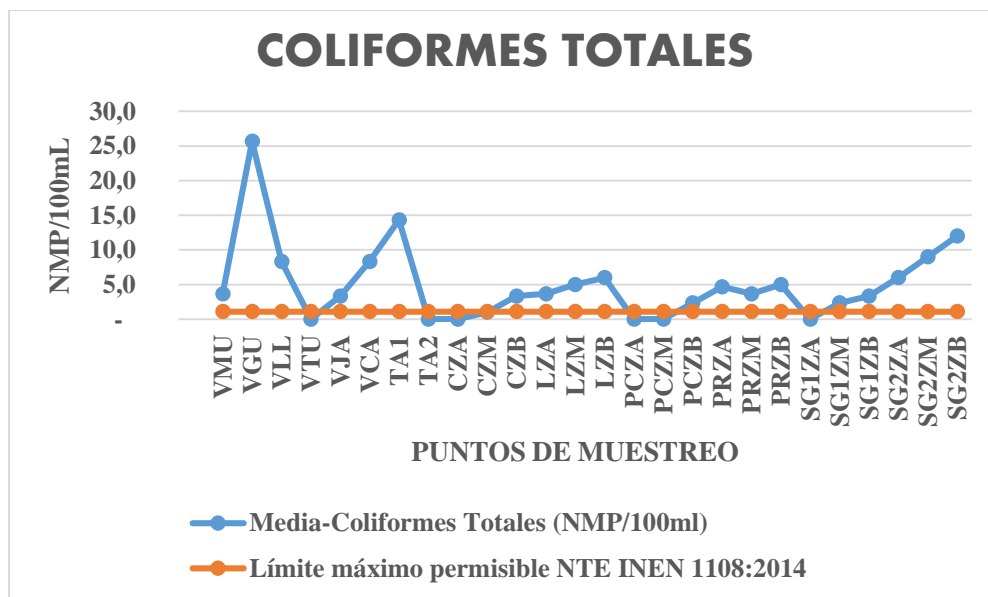
#### 3.3.1 Análisis de Coliformes Totales según muestras analizadas.

**Tabla 14-3** Datos obtenidos a partir de resultados del análisis de coliformes totales y fecales

| Lugar de muestreo | Media-Coliformes Totales (NMP) | Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 | NTE INEN 1108:2014 |           |
|-------------------|--------------------------------|---|--------------------|-----------|
|                   |                                |   | Si Cumple          | No Cumple |
| VMU               | 3,7                            | <1,1  |                    | √         |
| VGU               | 25,7                           | <1,1  |                    | √         |
| VLL               | 8,3                            | <1,1  |                    | √         |
| VTU               | 0,0                            | <1,1  | √                  |           |
| VJA               | 3,3                            | <1,1  |                    | √         |
| VCA               | 8,3                            | <1,1  |                    | √         |
| TA1               | 14,3                           | <1,1  |                    | √         |
| TA2               | 0,0                            | <1,1  | √                  |           |
| CZA               | 0,0                            | <1,1  | √                  |           |
| CZM               | 0,0                            | <1,1  | √                  |           |
| CZB               | 3,3                            | <1,1  |                    | √         |
| LZA               | 3,7                            | <1,1  |                    | √         |
| LZM               | 5,0                            | <1,1  |                    | √         |
| LZB               | 6,0                            | <1,1  |                    | √         |
| PCZA              | 0,0                            | <1,1  | √                  |           |

| Continúa la Tabla |      |      |   |   |
|-------------------|------|------|---|---|
| PCZM              | 0,0  | <1,1 | √ |   |
| PCZB              | 2,3  | <1,1 |   | √ |
| PRZA              | 4,7  | <1,1 |   | √ |
| PRZM              | 3,7  | <1,1 |   | √ |
| PRZB              | 5,0  | <1,1 |   | √ |
| SG1ZA             | 0,0  | <1,1 | √ |   |
| SG1ZM             | 2,3  | <1,1 |   | √ |
| SG1ZB             | 3,3  | <1,1 |   | √ |
| SG2ZA             | 6,0  | <1,1 |   | √ |
| SG2ZM             | 9,0  | <1,1 |   | √ |
| SG2ZB             | 12,0 | <1,1 |   | √ |

Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.



**Gráfico 14-3** Dispersión lineal del análisis microbiológico según muestras analizadas  
Realizado por: Tibanquiza, Sofía 2017.

En la tabla 14-3 indica los resultados obtenidos del parámetro de Coliformes Totales por la técnica del NMP según muestras analizadas en los tres muestreos durante el periodo mayo-junio 2017. La mayor parte de puntos de muestreo los valores obtenidos sobrepasan el límite máximo permitido (<1 NMP/100mL) por la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión, siendo el valor más alto 25.7 NMP/100mL correspondiente a la vertiente Guaygua.

El gráfico de dispersión lineal 13-3 confirma la presencia de coliformes totales-fecales en el presente estudio ya que puede deberse a contaminación de las vertientes procedentes de aguas subterráneas debido a que no presenta un correcto control de medio ambiente que rodea al agua que se obtiene para distribuir a los domicilios, además existe contaminación en el sistema de distribución del agua potable, lo que indica ineficiencia durante el tratamiento; proceso de la cloración, falta de higiene durante el almacenamiento, filtración y distribución de la misma. Por otro lado, no solo se debe al tratamiento, si no al deterioro del sistema de distribución o manejo intradomiciliario deficiente por tal motivo esta contaminación puede resultar más peligrosa cuyo tratamiento haya sido insuficiente. ( BENÍTEZ, Betty y otros, 2013, p.16-22); (MORA, Daniel, 2012, pp.127-135)

Varios estudios han documentado la detección de coliformes totales y fecales en agua potable para consumo humano con valores que sobrepasan los límites establecidos por las normativas de calidad, los cuales coinciden con los reportados en el presente estudio, como es el caso de las investigaciones realizadas por Daniel Mora (2012, pp.127-135), quienes encontraron la mayor parte de los tubos inoculados(73%) resultaron positivos a coliformes totales y fecales en agua potable distribuidas en el municipio de Tecuala, Nayarit en México, los cuales están por arriba del límite máximo el mismo que no debe presentar este tipo de microorganismo, asumiendo que la infiltración de aguas negras a las vertientes favorecen el transporte y la movilidad del contaminante.

### 3.4 Relación de las variables Físicas, químicas y microbiológicas

**Tabla 15-3** Análisis estadístico de Componentes Principales

**Matriz de componentes rotados<sup>a</sup>**

|                                | Componente |       |      |       |
|--------------------------------|------------|-------|------|-------|
|                                | 1          | 2     | 3    | 4     |
| Conductividad                  | ,951       |       |      |       |
| STD                            | ,937       |       |      |       |
| Nitratos                       | ,873       |       |      |       |
| Fluor                          | ,671       |       |      | -,522 |
| Dureza                         | ,669       |       |      |       |
| pH                             |            | ,853  |      |       |
| Lugar                          |            | ,616  |      |       |
| → Coliformes Totales y Fecales |            | ,557  |      |       |
| Nitritos                       |            | ,527  | ,447 |       |
| Turbiedad                      |            |       | ,865 |       |
| Color                          |            | -,429 | ,652 |       |
| Cloruros                       |            |       | ,590 |       |
| Amoniac                        |            |       |      | ,672  |
| Temperatura                    |            |       |      | -,755 |
| Fosfatos                       |            |       |      | ,648  |

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. <sup>a</sup>

Se realizó un análisis multivariado de componentes principales el cual se llevó a cabo del paquete estadístico IBM SPSS 21, para precisar las variaciones que experimentas las concentraciones de los siguientes parámetros: pH, Conductividad, Solidos Totales Disueltos, Temperatura, Color, Turbiedad, Dureza, Nitratos, Nitritos, Flúor, Fosfatos, Amonio y Coliformes Totales y Fecales en la toma de muestra de agua de los diferentes puntos estratégicos analizados, para lo cual se tuvo en cuenta el criterio de Kaiser para la selección del número de componentes principales.

A través del análisis de componentes principales se puede deducir que a partir de este estudio se tuvo una explicación media con una varianza acumulada aproximada de 64,24%, mediante cuatro componentes principales, los cuales demostraron una relación directa entre sí.

**COMPONENTE 1:** Existe relación entre las concentraciones de los siguientes parámetros: Conductividad, Solidos totales disueltos, Nitratos, Flúor y Dureza en el agua recogida de los diferentes puntos estratégicos de muestreo analizados. La conductividad es directamente proporcional

a la concentración de STD, por lo tanto, el aumento en la concentración provoca una baja calidad de agua. La dureza del agua también se puede determinar mediante medidores de conductividad y de STD siendo la causa específica de las aguas duras la presencia de iones Calcio- Magnesio disueltos.

**COMPONENTE 2:** Existe relación entre las concentraciones de los siguientes parámetros: Lugar, pH, Coliformes fecales, Nitritos en el agua recogida de los diferentes puntos estratégicos de muestreo analizados. Los Nitritos son causados por la descomposición de la materia orgánica y los fertilizantes. Los Coliformes totales y fecales son causados por la descomposición de materiales de desecho exclusivamente estiércol; por que determina su relación, los dos tienen una estrecha relación dependiendo el grado de contaminación con el lugar de muestreo.

**COMPONENTE 3:** Existe relación entre las concentraciones de los siguientes parámetros: Color, Turbiedad y Cloruros en el agua recogida de los diferentes puntos estratégicos de muestreo analizados. El color y la turbiedad tienen relación directa en las condiciones estéticas y de aceptabilidad por los consumidores ya que pueden estar ligadas o estar independientemente de ella, las posibles causas que pueden afectar las concentraciones de color es la descomposición de la materia orgánica del suelo, la presencia de compuestos metálicos (hierro, magnesio, entre otros), además intervienen en la formación del color en el agua factores como; pH temperatura, tiempo de contacto. Mientras que la turbiedad es causada por partículas en suspensión lo que afecta a la transparencia del agua es similar al color debido a que ocasiona el rechazo de los consumidores. Sin embargo, la turbidez también está relacionada con los cloruros, debido a que las partículas suspendidas protegen a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante, por lo tanto si las concentraciones de turbiedad son mínimas garantiza la eficacia del tratamiento por desinfección con agentes químicos (por lo general Cloro). El color, turbiedad y cloruros son parámetros de importancia sanitaria.

**COMPONENTE 4:** Existe relación entre las concentraciones de los siguientes parámetros: Fosfatos y Amoniaco excepto la temperatura en el agua recogida de los diferentes puntos estratégicos de muestreo, debido a que este parámetro afecta directamente al consumidor, pero no es de importancia sanitaria. El fosfato contribuye a la alcalinidad del agua excepto en caso de contaminación por fertilizantes. El amoniaco de la misma forma aparece en el agua en cantidades elevadas a causa de contaminación doméstica, industrial o agrícola. Así la relación entre ellos; en altas concentraciones ocasionan un crecimiento de biomasa acuática en el agua.

## CONCLUSIONES

- Se realizó una evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano de la junta administradora de agua potable San José de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia Tungurahua, en muestras tomadas de 26 puntos estratégicos de muestreo, cuyo proceso se llevó a cabo por triplicado; se analizaron las muestras en el Laboratorio de Análisis Clínico - Bacteriológico y en el Laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, siguiendo la metodología basada en la normativa NTE INEN 1108:2014. Agua Potable. Requisitos, OMS-195, métodos HACH, método del número más probable(NMP) y normas ISO 690.
- Se determinó los parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos en muestras de agua potable de la comunidad San José de Puñachizag; hemos concluido que los resultados de la medición de los parámetros físicos: pH, color y turbiedad no cumplen con los requisitos establecidos por la normativa correspondiente posiblemente por la presencia de materia orgánica y desechos industriales o por factores como la lluvia y filtraciones en las tuberías que puede alterar los resultados. Al analizar los parámetros químicos: únicamente el flúor no cumple con los límites máximos permitidos por la normativa en las vertientes Túnel y Catequilla lo que probablemente se debe a la composición propia del suelo por donde emerge el agua que a diferencia de la mayoría de las muestras analizadas cumple al 100% con los requerimientos químicos establecidos por la NTE INEN 1108:2014.
- Asimismo, al realizar el análisis microbiológico por el método del NMP se estableció la presencia de contaminación por coliformes totales y fecales en la mayor parte de muestras, debido a la calidad regular de las vertientes de donde procede, a los tratamientos de desinfección inadecuada y especialmente a la falta de control en el sistema de distribución del agua potable a los domicilios, por lo tanto no cumplieron con los requisitos microbiológicos exigidos por la norma. Por tal motivo hemos concluido que el agua potable distribuida a la comunidad de Puñachizag no es considerada apta para el consumo humano.

- Se logró identificar los posibles factores que influye en la calidad del agua potable de la comunidad de Puñachizag como: actividades agrícolas y ganaderas alrededor del sitio de la toma de muestra, incorrecta desinfección, inadecuada captación y conducción del agua, fisuras en las tuberías, lo que ocasiono que la calidad del agua se deteriore y cambie sus características.
- Al socializar los resultados de los análisis Físicos, químicos y microbiológicos a los miembros directivos de la junta de agua potable se brindó información sobre el control, mantenimiento e importancia del agua para consumo humano sugiriendo la necesidad de protección de las fuentes, tratamientos eficientes que determinen la desinfección total del agua, procesos de tratamiento para ser consumida y tomar medidas que detecten infiltraciones o rupturas en el sistema de distribución con la finalidad de evitar contaminación y posibles enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua.



## RECOMENDACIONES

- Evitar las actividades agrícolas alrededor de las fuentes de agua (vertientes) y ubicadas sobre las captaciones de agua para consumo humano.
- Proteger áreas que presenten riesgo de contaminación en lugares accesibles para la población y mejorar la infraestructura del sistema de distribución del agua potable.
- Realizar por lo menos una vez al año los controles de calidad necesarios a las vertientes, tanques de tratamiento-almacenamiento, red de distribución y domicilios con el fin de asegurar un suministro de agua saludable para el consumo humano, con el objetivo de proteger la salud de las personas.
- Revisar las concentraciones de cloro y los intervalos de tiempo de aplicación en la planta potabilizadora según la cantidad de agua almacenada en el tanque, con el fin de mejorar la seguridad sanitaria.
- Realizar un mantenimiento de limpieza eficiente de la planta potabilizadora cada seis meses para mejorar la calidad del agua, capacitando a los operadores encargados del correcto proceso de desinfección de manera que no exista otro tipo de contaminación en el agua.
- Cuando el pH del agua para consumo humano es ácido es recomendable adicionar un álcali (especialmente Cal), para así optimizar los procesos de coagulación-desinfección, y de este modo evitar los fenómenos que ocurren en el agua como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.
- Utilizar filtros de carbón activo como método de purificación del agua necesariamente por el mal sabor ocasionado por las concentraciones elevadas de cloro y por las partículas suspendidas que afectan el color o turbidez.

## BIBLIOGRAFÍA

**BENÍTEZ, Betty.,et.al.** *Calidad microbiológica del agua potable envasada en bolsas y botellas que se venden en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia-Venezuela.* A: Multiciencias [En línea]. Venezuela 2013.Vol. 13, núm. 1, pp. 16-22. [Consulta: 10 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/904/90428348002.pdf>.

**CARBAJAL, Angeles y GONZÁLEZ, María.** *Propiedades y funciones biológicas del agua.* Madrid 2012. ISBN:978-84-000-9572-7, pp. 33-45.

**CAMBA, Nelly.,et.al.** *Norma Técnica Ecuatoriana.NTE INEN 1529-6:1990 Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del numero mas probable.* [En línea].Quito-Ecuador 1990. pp.3-7 [Consulta: 15 de octubre de 2017]. Disponible en: <https://ia801603.us.archive.org/33/items/ec.nte.1529.6.1990/ec.nte.1529.6.1990.pdf>

**CARPIO, Marcelo.,et.al.** *Norma Técnica Ecuatoriana.NTE INEN 1108:2014 Agua Potable. Requisitos.* [En línea].Quito-Ecuador 2014. [Consulta: 11 de octubre de 2017]. Disponible en: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec).

**CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE.** *La calidad fisicoquímica del agua y su influencia en el tratamiento.* [En línea]. 2013. Unidad II. [Consulta: 11 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan3/042019/042019-02.pdf>.

**DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL.** *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.* [En línea]. Lima-Peru 2011. [Consulta: 11 de octubre de 2017]. pp. 46. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf).

**FERNÁNDEZ, José y GARCÉS, Patricia.** *El Agua, un Recurso Indispensable.* 2003: Departamento de campañas y educación para el desarrollo. pp. 1-11.

**GODOY, P, y otros.** *Brote de gastroenteritis por agua potable de suministro público.* Lleida-España 2003.A: Gaceta Sanitaria. Elsevier, Vol. 17, núm. 3, pp. 204-209. ISSN 02139111. DOI 10.1016/S0213-9111(03)71729-4.

**HACH COMPANY.** *Manual de análisis de agua.* [En línea]. Loveland,Colorado, EE.UU 2000. 3° edición en inglés.pp.120-157.[Consulta: 10 de octubre de 2017].  
file:///C:/Users/Sofia/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf

**HAVELAAR, A.H.** *Microbiological analysis of drinking water.* 1983. A: H2O. Vol. 16, núm. 5, pp. 112-114. ISSN 01668439.

**IDROVO, Diego, et.al.** *"Diseño, construcción, operación, mantenimiento y evaluación de sistemas de agua potable".* Quito-Ecuador 1999.

**LATORRE, Onelia María., et.al.** *Estudio de la calidad sanitaria de las aguas del Delfinario de Varadero , para uso recreativo.* 2011. pp. 7.

**MARCHAND, Edgar.** *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en ima metropolitana.* Lima-Perú 2002. pp. 71.

**MARCÓ, Leandro., et.al.** *La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales . Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay.* Argentina 2004 . Vol. 82, pp. 72-82.

**MEJIA, Mario.** *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras.* [En línea]. Turrialba-Costa Rica 2005. [Consulta: 15 de octubre de 2017] Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOE/A0602E/A0602E.PDF>.

**NORMA OFICIAL MEXICANA.** *Método para la determinación de bacterias coliformes , coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple ( número más probable o NMP ).* NOM-145-SSA1-1995. pp.2-3.

**MORA, Daniel.** *Presencia de arsenico y coliformes en agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, Mexico.* [En línea]. México 2012. A: Revista Internacional de Contaminacion Ambiental. Vol. 28, núm. 2, pp. 127-135. ISSN 01884999. [Consulta: 14 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n2/v28n2a3.pdf>.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Guías para la calidad del agua potable.* [En línea]. 2006. A: Environmental Protection. Vol. 1, pp. 408. DOI ISBN 92 4 154638 7. [Consulta: 12 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.mendeley.com/research/guas-para-la-calidad-del-agua-potable/>.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Agua .* 2015. pp.4-6.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS.** *El agua, fuente de vida.* [En línea]. [2005–2015]. A: Naciones Unidas. pp. 20. <http://www.un.org/waterforlifedecade/waterforlifebkl-t-s.pdf>.

**ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.** *Guías para la calidad del agua potable.* 1988. Volumen 3, pp. 131.

**ORDOÑEZ, Juan.** *Aguas Subterráneas — Acuíferos.* Lima - Perú 2011.A: Sociedad Geografica de Lima. 1° Edición. ISBN: 978-9972-602-78-8. pp. 10-20.

**PACHECO, Julia , CABRERA, Armando y CEBALLOS, Rosela.** *Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México.* [En línea]. Mérida-México 2004. A: Revista UADY Ingeniería. Vol. 8, núm. 2, pp. 165-179. [Consulta: 17 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46780214>.

**PÉREZ, Teresa, y otros.** *Fluorosis dental en niños y fluor en el agua de consumo humano.* [En línea]. Mexico 2007. A: Investigación en salud. Vol. IX, núm. 3, pp. 214-219. [Consulta: 17 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/invsal/isg-2007/isg073k.pdf>.

**REDACA.** *Atención al usuario del Centro de Salud Tipo C, Cantón quero, Provincia de Tungurahua.* 2016.

**RIVERA, N., et.al.** *La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile.* [En línea]. 2004. Vol. 15, núm. N°5, pp. 89-101. [Consulta: 21 de octubre de 2017]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642004000500013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642004000500013&script=sci_arttext).

**RUBIO, Hector., et.al .** *Índice De Calidad De Agua (Ica) En La Presa La Boquilla En Chihuahua, México.* [En línea]. México.2014. A: Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. Vol. 1, núm. 2, pp. 139-150. ISSN 2007-9028. [Consulta: 4 de noviembre de 2017]. Disponible a: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>.

**SÁNCHEZ, Hector, VARGAS, Maria y MÉNDEZ, Jose.** *Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas.* [En línea]. Mexico 2000. A:

Bacteriological quality of drinking water in areas of high levels of poverty in Chiapas, Mexico. (English). Vol. 42, núm. 5, p. 397. ISSN 00363634. [Consulta: 21 de octubre de 2017]. Disponible a: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=5930831&lang=es&site=ehost-live&scope=site>.

**SANDOVAL, G., et.al.** *Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 0970:1984. Agua Potable. Determinación del color.* [En línea]. 1984. [Consulta: 26 de octubre de 2017]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1056.1984.pdf>.

**SEVERICHE, Carlos, CASTILLO, Marlon y ACEVEDO, Rosa.** *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas.* Fundación. Cartagena de Indias, Colombia 2013. pp.101.

**TACURI, Jose y VINTIMILLA, Oscar.** *Control Microbiológico y físico-químico del agua potable del sistema de abastecimiento del Cantón Santa Isabel.* Cuenca 2012. ISBN 0103730990. pp. 21-28.

**TENELEMA, Deisy.** *Evaluación físico, químico y microbiológico del Agua de la junta de agua potable de la parroquia San miguelito, cantón Pillaro, provincia de Tungurahua.* Riobamba 2017. [Consulta: 22 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4438/1/56T00562%20UDCTFC.pdf>

**TIERRA, Fabricio.** *Evaluación de la calidad físico, química y microbiología del agua de consumo humano de la parroquia San Luis, Cantón Riobamba, Provincia Chimborazo.* Riobamba 2015. pp.15-60. [Consulta: 15 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4438/1/56T00562%20UDCTFC.pdf>

**TIRADO, Andrea y VELASTEGUI, Ramiro.** *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad de agua que accede a la planta de tratamiento casigana ep emapa- ambato y estrategias para evitar su contaminación.* [En línea]. 2004. ISBN 8450820146. DOI

10.1103/PhysRevA.65.054304. pp.3-12. [Consulta: 18 de octubre de 2017]. Disponible a: <https://www.buscagro.com/biblioteca/Ramiro-Velastegui/calidad-de-agua.pdf>.

**VARGAS, Carmen, ROJAS, Ricardo y JOSELI, Juan.** *Control y vigilancia de la calidad del agua de consumo humano.* 1998. pp. 24.

**ZHEN WU, Bi Yu.** *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica.* [En línea]. Costa Rica 2009. [Consulta: 1 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2242E/A2242E.PDF>.

## ANEXOS

ANEXO A NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión. Agua Potable. Requisito



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.

---

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.  
ICS: 13.080.20

10  
Páginas



|   |                                    |   |
|---|------------------------------------|---|
| <b>Norma<br/>Técnica<br/>Ecuatoriana<br/>Voluntaria</b> | <b>AGUA POTABLE<br/>REQUISITOS</b> | <b>NTE INEN<br/>1108:2014<br/>Quinta revisión<br/>2014-01</b> |
|---|------------------------------------|---|

## 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 696 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 **ufaiml.** 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.

**4.1.8 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.

## 6. REQUISITOS

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

**6.2** 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 |
|--|------------------------------------|-------------------------|
| <b>Características físicas</b>         |                                    |                         |
| Color                                  | Unidades de color aparente (Pt-Co) | 15                      |
| Turbiedad                              | NTU                                | 5                       |
| Olor                                   | —                                  | no objetable            |
| Sabor                                  | —                                  | no objetable            |
| <b>Inorgánicas</b>                     |                                    |                         |
| 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 <sup>-</sup>              | mg/l                               | 0,07                    |
| Cloro libre residual <sup>1</sup>      | mg/l                               | 0,3 a 1,5 <sup>1)</sup> |
| Cobre, Cu                              | mg/l                               | 2,0                     |
| Cromo, Cr (cromo total)                | mg/l                               | 0,05                    |
| Fluoruros                              | mg/l                               | 1,5                     |
| Mercurio, Hg                           | mg/l                               | 0,005                   |
| Níquel, Ni                             | mg/l                               | 0,07                    |
| Nitrosos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | mg/l                               | 50                      |
| Nitrosos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg/l                               | 3,0                     |
| Plomo, Pb                              | mg/l                               | 0,01                    |
| Radiación total α <sup>2</sup>         | Bq/l                               | 0,5                     |
| Radiación total β <sup>3)</sup>        | Bq/l                               | 1,0                     |
| Selenio, Se                            | mg/l                               | 0,04                    |

<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

<sup>2)</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ra, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>Np, <sup>210</sup>Pu.

<sup>3)</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ra, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>Np, <sup>210</sup>Pu.

<sup>4)</sup> Ra

TABLA 2. Sustancias orgánicas

|   | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---|--------|-------------------------|
| Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP | mg/l   | 0,0007                  |
| Benzo (a) pireno                          |        |                         |
| Hidrocarburos:                            |        |                         |
| Benceno                                   | mg/l   | 0,01                    |
| Tolueno                                   | mg/l   | 0,7                     |
| Xileno                                    | mg/l   | 0,5                     |
| Estireno                                  | mg/l   | 0,02                    |
| 1,2dicloroetano                           | mg/l   | 0,03                    |
| Cloruro de vinilo                         | mg/l   | 0,0003                  |
| Tricloroetano                             | mg/l   | 0,02                    |
| Tetracloroetano                           | mg/l   | 0,04                    |
| Di(2-etilhexil) ftalato                   | mg/l   | 0,008                   |
| Acetilamida                               | mg/l   | 0,0005                  |
| Epiclorohidrina                           | mg/l   | 0,0004                  |
| Hexaclorobutadieno                        | mg/l   | 0,0006                  |
| 1,2Dibromoetano                           | mg/l   | 0,0004                  |
| 1,4- Dioxano                              | mg/l   | 0,05                    |
| Acido Nitrotetracético                    | mg/l   | 0,2                     |

TABLA 3. Plaguicidas

|   | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---|--------|-------------------------|
| Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina | mg/l   | 0,1                     |
| Isoproturón                                 | mg/l   | 0,009                   |
| Lindano                                     | mg/l   | 0,002                   |
| Pendimetalina                               | mg/l   | 0,02                    |
| Pentaclorofenol                             | mg/l   | 0,009                   |
| Dicloroprop                                 | mg/l   | 0,1                     |
| Alacloro                                    | mg/l   | 0,02                    |
| Aldicarb                                    | mg/l   | 0,01                    |
| Aldrin y Dieldrin                           | mg/l   | 0,00003                 |
| Carbofuran                                  | mg/l   | 0,007                   |
| Clorpirifós                                 | mg/l   | 0,03                    |
| DDT y metabolitos                           | mg/l   | 0,001                   |
| 1,2-Dibromo-3-cloropropano                  | mg/l   | 0,001                   |
| 1,3-Dicloropropeno                          | mg/l   | 0,02                    |
| Dimetoato                                   | mg/l   | 0,006                   |
| Endrin                                      | mg/l   | 0,0006                  |
| Terbutilazina                               | mg/l   | 0,007                   |
| Clordano                                    | mg/l   | 0,0002                  |
| Hidroclatrazina                             | mg/l   | 0,2                     |

TABLA 4. Residuos de desinfectantes

|   | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---|--------|-------------------------|
| Monocloramina,  | mg/l   | 3                       |
| Si pasa de 1,5 mg/l Investigar:<br>N-Nitrosodimethylamine | mg/l   | 0,000 1                 |

TABLA 5. Subproductos de desinfección

|                                 | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---------------------------------|--------|-------------------------|
| 2,4,6-triclorofenol             | mg/l   | 0,2                     |
| Trihalometanos totales          | mg/l   | 0,5                     |
| Si pasa de 0,5 mg/l Investigar: | mg/l   | 0,06                    |
| • Bromodiclorometano            | mg/l   | 0,3                     |
| • Cloroformo                    |        |                         |
| Tricloroacetato                 | mg/l   | 0,2                     |

TABLA 6. Cianotoxinas

|                 | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|-----------------|--------|-------------------------|
| Microcistina-LR | mg/l   | 0,001                   |

5.3 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

|  | Máximo                                  |
|--|---|
| Coliformes fecales (1):<br>Tubos múltiples NMP/100 ml ó<br>Filtración por membrana ufc/ 100 ml   | < 1,1 <sup>*</sup><br>< 1 <sup>**</sup> |
| Cryptosporidium, número de oocistas/ litro   | Ausencia                                |
| Giardia, número de quistes/ litro  | Ausencia                                |
| * < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> 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).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

**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           | NUMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO     |
|---------------------|--------------------------------------|
| < 5 000             | 12                                   |
| 5 000 – 100 000     | 12 POR CADA 5 000 PERSONAS           |
| > 100 000 – 500 000 | 120 MAS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS  |
| > 500 000           | 600 MAS 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**

**BIBLIOGRAFIA**

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

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS** Código: ICS  
NTE INEN 1108 13.060.20  
Quinta revisión

|  |   |
|--|---|
| <b>ORIGINAL:</b><br>Fecha de Iniciación del estudio: | <b>REVISIÓN:</b><br>La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 11.133 de 2011-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30<br><br>Fecha de Iniciación del estudio: 2013-08 |
|--|---|

Fechas de consulta pública: 2013-08-16 a 2013-08-30

Subcomité Técnico de: **AGUA POTABLE**

Fecha de Iniciación: 2013-10-29

Fecha de aprobación: 2013-11-08

Integrantes del Subcomité:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Marcelo Carpio (Presidente)

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dra. Zolla Novillo

SECRETARIA DEL AGUA

Dr. Carlos Espinosa

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Edgar Pazmiño

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Luis Cazar Ubilla

INTERAGUA

Ing. María José Pineda

MIPRO – SCA

Dra. Enith Bravo

ARCOSA

Ing. Andrea Cell

MSP – DIRECCIÓN DE VIGILANCIA Y CONTROL SANITARIO

Dr. Juan Mora

ARCOSA

Dra. Glomara Quijpe

ARCOSA

Ing. Natazha Valarezo

MSP – DIRECCIÓN SALUD AMBIENTAL

Ing. Michelle Maldonado

INEN – NORMALIZACIÓN

Ing. Gabriela Chacón

INEN – NORMALIZACIÓN

Ing. Maritza Farinango

INEN – NORMALIZACIÓN

Ing. María E. Dávalos (Secretaría técnica)

INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: Esta NTE INEN 1108:2014 (Quinta revisión), reemplaza a la NTE INEN 1108:2011 (Cuarta revisión)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 168 de 2014-01-23

Por Resolución No. 13523 de 2013-12-18





Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2176:2013**  
**Primera revisión**

---

**AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO**

**Primera Edición**

**WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES**

**First Edition**

---

**DESCRIPTORES:** Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.  
**AL 01.06-203**  
**CDU: 614.777:620.113**  
**CIIU: 4100**  
**ICS: 13.060.01**

|  |   |  |
|--|---|--|
| Norma Técnica<br>Ecuatoriana<br>Voluntaria   | <b>AGUA.<br/>CALIDAD DEL AGUA.<br/>MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO</b> | <b>NTE INEN<br/>2176:2013<br/>Primera revisión<br/>2013-06</b> |
| <p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a las técnicas de muestreo generales.</p> <p>2.2 No se aplica a los procedimientos para situaciones especiales de muestreo.</p> <p><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para el propósito de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Muestra compuesta.</i> Es la formada por dos o más muestras o submuestras, mezcladas en proporciones conocidas, de la cual se puede obtener un resultado promedio de una característica determinada. Las proporciones para la mezcla se basan en las mediciones del tiempo y el flujo.</p> <p>3.1.2 <i>Muestra instantánea, puntual, individual.</i> Es la muestra tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua).</p> <p>3.1.3 <i>Equipo de muestreo:</i> Es el equipo usado para obtener una muestra de agua, para el análisis de varias características predefinidas.</p> <p>3.1.4 <i>Muestreo.</i> Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas.</p> <p><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>4.1 <i>Tipos de muestra.</i> Son necesarios para indicar la calidad del agua, todos los datos analíticos obtenidos mediante la determinación de parámetros como: las concentraciones de material inorgánico, minerales o químicos disueltos, gases disueltos, materia orgánica disuelta y materia en suspensión en el agua o en el sedimento en un tiempo y lugar específicos o a intervalos de tiempo y en un lugar en particular.</p> <p>4.1.1 <i>Ciertos parámetros, como las concentraciones de gases disueltos deben medirse "in situ", para obtener resultados exactos. Se debe tener en cuenta que los procesos para conservar la muestra se realizará en los casos específicos (ver NTE INEN 2169).</i></p> <p>4.1.2 <i>Se recomienda separar las muestras que van a ser usadas en los análisis químicos, microbiológicos y biológicos, debido a que el proceso y el equipo para la recolección y manejo de las muestras es diferente.</i></p> <p>4.1.3 <i>Las técnicas de muestreo varían de acuerdo a situaciones específicas. Los diferentes tipos de muestreo son descritos en el capítulo 5.</i></p> <p>4.1.4 <i>Es necesario diferenciar el muestreo para agua estancada y el muestreo para agua corriente.</i></p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales</p> |   |  |

4.1.5 El muestreo puntual (4.2) y el muestreo compuesto (4.6) se aplican a aguas estancadas y corrientes, mientras que el muestreo en serie (4.5) es más adecuado para aguas estancadas.

#### 4.2 Muestras puntuales

4.2.1 Las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo.

4.2.2 Cada muestra, normalmente, representará la calidad del agua solamente en el tiempo y en el lugar en que fue tomada. El muestreo automático equivale a una serie de muestras tomadas en un tiempo preestablecido o en base a los intervalos de flujo.

4.2.3 Se recomienda tomar muestras puntuales si el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes o si el uso de la muestra compuesta presenta diferencias con la muestra individual debido a la reacción entre las muestras.

4.2.4 La muestra puntual es adecuada para la investigación de una posible polución y en estudios para determinar su extensión o en el caso de recolección automática de muestra individual para determinar el momento del día cuando los contaminantes están presentes. También se puede tomar muestras puntuales para establecer un programa de muestreo más extensivo. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad.

4.2.5 La toma de muestras puntuales se recomienda para la determinación de parámetros inestables como: la concentración de gases disueltos, cloro residual y sulfitos solubles.

#### 4.3 Muestras periódicas

4.3.1 Muestras periódicas tomadas a intervalos de tiempo fijos (dependientes del tiempo), estas muestras se toman usando un mecanismo cronometrado para iniciar y finalizar la recolección del agua durante un intervalo de tiempo específico. Un procedimiento común es bombear la muestra dentro de uno o más recipientes durante un período fijo, el volumen está determinado para cada recipiente (Ver nota 1).

4.3.2 Muestras periódicas tomadas a intervalos fijos de flujo (dependientes del volumen), estas muestras son tomadas cuando el criterio de la calidad del agua y el volumen del efluente no están relacionados. Para cada unidad de volumen de flujo, se toma una muestra controlada independientemente del tiempo.

4.3.3 Muestras periódicas tomadas a intervalos fijos de flujo (dependientes del flujo), estas muestras se toman cuando las variaciones en el criterio de calidad del agua y la variación del flujo del efluente no están relacionados. Se toman volúmenes diferentes de muestra a intervalos constantes de tiempo. El volumen depende del flujo.

#### 4.4 Muestras continuas

4.4.1 Muestras continuas tomadas a flujos fijos, las muestras tomadas por esta técnica contienen todos los constituyentes presentes durante un período de muestreo, pero en muchos casos no proporciona información de la variación de la concentración de parámetros específicos durante el período de muestreo.

NOTA 1. El parámetro de estudio puede verse afectado durante el intervalo de tiempo.

(Continúa)

4.4.2 Muestras continuas tomadas a flujos variables, las muestras de flujo proporcional son representativas de la calidad del cuerpo de agua. Si el flujo y la composición varían, las muestras de flujo proporcional pueden variar, las muestras de flujo proporcional pueden revelar variaciones las cuales no pueden ser observadas con el uso de muestras puntuales, siempre que las muestras se mantengan individuales y que el número de muestras sea suficiente para diferenciar los cambios de composición. Por lo tanto, este es el método más preciso para el muestreo de agua corriente, aún cuando el rango de flujo y la concentración de contaminantes varíen significativamente.

#### 4.5 Muestras en serie

4.5.1 Muestras para establecer perfiles en profundidad, es una serie de muestras de agua tomadas a varias profundidades en el cuerpo de agua y en un punto específico.

4.5.2 Muestras para establecer perfiles de áreas, es una serie de muestras de agua tomadas a una profundidad específica del cuerpo de agua en varios puntos.

#### 4.6 Muestras compuestas

4.6.1 Las muestras compuestas se pueden obtener de forma manual o automática, sin importar el tipo de muestreo (dependiente del flujo, tiempo, volumen o localización). Se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas.

4.6.2 Las muestras compuestas suministran el dato de composición promedio. Por lo tanto, antes de mezclar las muestras se debe verificar que ese es el dato requerido o que los parámetros de interés no varían significativamente durante el período de muestreo.

4.6.3 Las muestras compuestas son recomendables cuando la conformidad con un límite está basado en la calidad promedio del agua.

#### 4.7 Muestras de grandes volúmenes

4.7.1 Algunos métodos de análisis para ciertas determinaciones requieren del muestreo de grandes volúmenes, desde 50 litros a varios m<sup>3</sup>. Estas muestras son necesarias cuando se analizan pesticidas o microorganismos que no pueden ser cultivados. La muestra se recolecta de la manera convencional, tomando precauciones para asegurar la limpieza total del recipiente o del contenedor de la muestra, o pasando un volumen medido a través de un cartucho absorbente o filtro dependiendo de la determinación. Un cartucho intercambiador de iones o de carbón activado se usa en muestras que se someten al análisis de pesticidas; mientras que un filtro con cartucho de polipropileno de 1 µm de diámetro de poro se recomienda cuando se analiza criptosporidium. Cuando se va a muestras de aguas turbias que contengan sólidos suspendidos que pueden saturar rápidamente los cartuchos filtrantes, se necesita disponer de un arreglo de filtros en serie para que al final la muestra llegue con un contenido bajo de material sólido y se haya retenido efectivamente las sustancias deseadas.

#### 4.8 Tipos de muestreo

4.8.1 Hay varias situaciones de muestreo, algunas de las cuales pueden ser satisfechas tomando una simple muestra puntual, en cambio otras pueden requerir de un equipo de muestreo sofisticado.

#### 4.9 Prevención de la contaminación

4.9.1 Prevenir la contaminación de las muestras es esencial para realizar controles apropiados.

4.9.2 Fuentes de contaminación. Las potenciales fuentes de contaminación incluyen las siguientes:

4.9.2.1 Residuos de otras muestras en los contenedores, frascos, espátulas y otros equipos de muestreo.

4.9.2.2 Contaminación del sitio de muestreo durante el mismo.

4.9.2.3 Aguas residuales sobre y dentro de cuerdas, cadenas y manijas extensibles.

(Continúa)

4.9.2.4 Contaminación de matraces con muestras conservadas por periodos largos de tiempo.

4.9.2.5 Contaminación de tapas o coberturas con polvo o agua.

4.9.2.6 Contaminación de manos, dedos y guantes.

4.9.2.7 Uso de instrumentos, botellas y medios filtrantes inadecuados.

4.9.2.8 Uso de reactivos degradados.

4.9.3 *Control de la contaminación.* El control y la identificación de la contaminación pueden ser alcanzados tomando las siguientes acciones:

4.9.3.1 Adoptar una ideología de maximizar el grado de aislamiento de la botella de cualquier fuente de contaminación.

4.9.3.2 Tomar medidas para evitar perturbaciones durante el muestreo.

4.9.3.3 Enjuagar el equipo antes de conservar una muestra.

4.9.3.4 Guardar las tapas y coberturas protegidas de contaminación.

4.9.3.5 Escurrir y secar las cuerdas, cadenas y manijas extensibles entre muestras y antes de guardarlas.

4.9.3.6 Evitar tocar la muestra directamente con los dedos, manos o guantes. Es importante en la toma de muestras para análisis microbiológicos que no haya contacto con el interior de la botella o tapas.

## 5. INSPECCIÓN

### 5.1 Muestreo

#### 5.1.1 Características del equipo de muestreo

5.1.1.1 Se debe consultar la NTE INEN 2189 Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras para el muestreo en situaciones específicas; los lineamientos dados aquí ayudan en la selección de materiales de aplicación general. Los constituyentes químicos (determinantes) en el agua, que son analizados para evaluar la calidad del agua, en un rango de concentración desde nanogramos o trazas hasta grandes cantidades. Los problemas que con mayor frecuencia se presentan son la adsorción en las paredes del equipo para toma de muestra o en los recipientes, la contaminación anterior al muestreo causada por un inadecuado lavado del equipo para toma de muestra o de los recipientes y la contaminación de la muestra por el material del que está hecho el equipo para toma de muestra o el recipiente.

- a) El recipiente tiene que proteger la composición de la muestra de pérdidas debidas a adsorción y volatilización, o de la contaminación por sustancias extrañas. El recipiente usado para recoger y guardar la muestra se debe elegir luego de considerar, por ejemplo: su resistencia a temperaturas extremas, resistencia a la rotura, facilidad para cerrar y reabrir, tamaño, forma, peso, disponibilidad, costo, facilidad para el lavado y la reutilización.
- b) Se deben tomar precauciones cuando las muestras se conservan por congelación, especialmente si se usan recipientes de vidrio. Se recomienda el uso de recipientes de polietileno de alta densidad para la determinación en el agua de: silicio, sodio, alcalinidad total, cloruro, conductancia específica, pH y dureza. Para los elementos sensibles a la luz, se debe usar vidrio absorbente de luz. El acero inoxidable se debe usar para muestras con temperaturas y/o presión altas, o cuando se muestree para concentraciones de trazas de material orgánico.
- c) Los recipientes de vidrio son recomendados para la determinación de compuestos químicos orgánicos y de especies biológicas, y los recipientes plásticos para la determinación de radionucléidos. Es importante anotar que el equipo de muestreo disponible tiene muchas veces relleno de neopreno y válvulas lubricadas con aceite. Este material no es adecuado para recolectar muestras que sean usadas para el análisis orgánico y microbiológico.

(Continúa)

- d) Aparte de estas características físicas deseables, descritas anteriormente, los recipientes usados para recolectar y guardar las muestras, se deben seleccionar tomando en cuenta los siguientes criterios predominantes (especialmente cuando los constituyentes a ser analizados están presentes como trazas):
- d.1) Reducir la contaminación en la muestra de agua causada por el material del que está hecho el recipiente y la tapa, por ejemplo: la migración de los constituyentes inorgánicos del vidrio (especialmente del vidrio suave), de los compuestos orgánicos de los materiales plásticos y de los elastómeros (de las tapas de vinilo plastificado, y de las envolturas de neopreno).
  - d.2) Facilidad para limpiar y tratar las paredes de los recipientes, a fin de reducir la superficie de contaminación por trazas de metales pesados o radionucleídos.
  - d.3) El material del cual están hechos los recipientes debe ser inerte química y biológicamente, para prevenir o reducir la reacción entre los constituyentes de la muestra y el recipiente.
  - d.4) Los recipientes pueden ser causa de errores debido a la adsorción de los constituyentes. Las trazas de metales son particularmente propensas a este efecto; pero otros constituyentes (detergentes, pesticidas, fosfatos) también pueden estar sujetos a error (Ver nota 2).

#### 5.1.1.2 Líneas de muestreo

- a) Las líneas de muestreo son generalmente usadas en muestreos automáticos para proporcionar muestras a los analizadores continuos o monitores. Durante el tiempo de permanencia, la muestra puede considerarse como almacenada en un recipiente acoplado a la línea de muestreo. Por eso, las guías para la selección del material de los recipientes se aplican también a las líneas de muestreo.

#### 5.1.2 Tipos de recipiente para muestras

##### 5.1.2.1 Recipientes normales

- a) Son adecuadas las botellas de polietileno y las de vidrio de borosilicato para la toma de muestras en las que se realizará el análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas naturales. Otros materiales químicamente más inertes, por ejemplo: politetrafluoroetileno (PTFE), son preferidos pero su uso no está muy extendido en los análisis de rutina. La tapa de tornillo, en las botellas de boca angosta y ancha se debe acoplar con tapas y tapones de plástico inerte o tapones de vidrio esmerilado (propenso a trabarse con las soluciones alcalinas). Si las muestras son transportadas en caja al laboratorio para los análisis, la tapa de la caja debe ser construida para prevenir el aflojamiento de los tapones, lo que puede producir derramamientos y/o contaminación de la muestra.

##### 5.1.2.2 Recipientes especiales

- a) A las consideraciones ya mencionadas se suma el almacenamiento de muestras que contienen materiales foto sensibles, incluidas las algas, que requieren ser protegidas de la exposición a la luz. En estos casos, se recomiendan los recipientes de materiales opacos o de vidrio no actínico, y deben ser colocados en cajas a prueba de luz durante el almacenamiento por largos períodos. La recolección y el análisis de las muestras que contengan gases disueltos o constituyentes que puedan alterarse por aireación plantea un problema específico. Las botellas de boca angosta para análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) deben tener tapones de vidrio esmerilado para minimizar la inclusión de aire, y se requiere de un sellante especial durante el transporte.

NOTA 2 Se recomienda que las sugerencias sobre el material de los recipientes sean conocidas por el analista antes de seleccionar los recipientes y el equipo de muestreo.

(Continúa)

### 5.1.2.3 Recipientes para el análisis de contaminantes orgánicos, en trazas

- a) Las botellas para muestras en las que se analizarán contaminantes orgánicos en trazas, deben ser de vidrio, debido a que los recipientes plásticos interfieren con la alta sensibilidad del análisis. La tapa debe ser de vidrio o de politetrafluoroetileno (PTFE).

### 5.1.2.4 Recipientes para el análisis microbiológico

- a) Los recipientes para las muestras en las que se realizará el análisis microbiológico deben resistir las altas temperaturas de esterilización. Durante la esterilización o en el almacenamiento de muestras los materiales no deben producir o liberar químicos que puedan inhibir la viabilidad microbiológica, liberar químicos tóxicos o químicos que aceleren el crecimiento. Las muestras deben permanecer selladas hasta que sean abiertas en el laboratorio y deben estar tapadas para prevenir la contaminación.
- b) Los recipientes deben ser de vidrio o de plástico de la mejor calidad y estar libres de sustancias tóxicas. Para análisis de rutina es suficiente que tengan una capacidad de 300 cm<sup>3</sup>. Los recipientes se deben tapar con tapas de vidrio esmerilado o tapas de tornillo, y si es necesario con bandas elásticas de silicona, que resistan esterilizaciones repetidas a 160°C.

### 5.1.3 Equipo de muestreo para el análisis de características físicas o químicas

5.1.3.1 El volumen de muestra recogida debe ser suficiente para los análisis requeridos, y para cualquier repetición del análisis. El uso de volúmenes muy pequeños de muestra puede ser causa de que no sean representativos, y del incremento de los problemas de adsorción debido a la relación de volúmenes relativamente pequeños al área. El muestreo para la determinación de gases disueltos, se debe realizar según 5.1.7.

- a) Las personas que realizan el muestreo deben:

- a.1) Reducir el tiempo de contacto entre la muestra y la persona.
- a.2) Usar materiales que no permitan la contaminación en la muestra;
- a.3) Ser de diseño simple para facilitar la limpieza, ser de superficies lisas y que eviten la modificación del flujo como los recodos y con tan pocas tapas y válvulas como sea posible (todas las personas que realizan el muestreo deben ser chequeados para asegurar que no introduzcan errores);
- a.4) Ser diseñados luego de considerar que el sistema es apropiado con relación al análisis de la muestra de agua (por ejemplo: físico, químico, biológico o microbiológico).

5.1.3.2 Equipo para el muestreo puntual, las muestras puntuales son usualmente tomadas manualmente de acuerdo a las condiciones descritas en 4.2.

- a) Equipo para el muestreo puntual en superficie, el equipo elemental para tomar muestras en superficie es una cubeta o botella de boca ancha que se sumerge dentro del cuerpo de agua y se retira luego de haberse llenado.
- b) Equipo para muestreo puntual a profundidad escogida, en la práctica se usa una botella con lastre tapada que se sumerge dentro del cuerpo de agua. A una profundidad preestablecida la tapa se retira, la botella se llena y se recupera. Los efectos que el aire u otros gases pudieran tener, deben considerarse ya que estos pueden cambiar el parámetro a ser analizado (por ejemplo: oxígeno disuelto). Se recomienda botellas especiales para evitar este problema (por ejemplo: botellas a las que se les ha evacuado el aire). Para cuerpos de agua estratificados, se sumerge una probeta graduada de vidrio, plástico o acero inoxidable, abierta en ambos extremos, para obtener un perfil vertical del cuerpo de agua. En el punto de muestreo, la probeta se cierra por ambos extremos mediante un mecanismo antes de sacarla a la superficie (botella operada por mensajero).

c) *Tenazas o dragas para muestrear sedimentos*, los sedimentos se muestrean por medio de tenazas o dragas diseñadas para penetrar el sustrato como resultado de su propio peso o por la acción de palancas. Hay varios diseños que incluyen: un resorte activado, un peso, o una cerradura en forma de mordaza. También varían en la forma de atrapar el sustrato, en la exactitud del ángulo, en el área y en el tamaño de la muestra tomada. Para seleccionar la draga es necesario considerar: la región, el movimiento del agua, el área de muestreo, y el equipamiento del bote. Por lo tanto, la muestra obtenida es afectada por factores como:

a.1) La profundidad de penetración en el sustrato;

a.2) El ángulo de la mordaza de la cerradura;

a.3) La eficiencia de la cerradura (posibilidad de evitar la obstrucción por objetos);

a.4) La creación de una onda de "choque" y la pérdida resultante o el lavado de los constituyentes u organismos de la interfase agua-lodo;

a.5) La estabilidad de las muestras en corrientes de movimiento rápido.

d) *Cucharones de mordazas (excavadoras)*, los cucharones de mordaza (excavadoras) se asemejan al equipo usado en excavaciones de tierra. Usualmente se operan desde una grúa, y se introducen en el lugar de muestreo elegido para obtener una muestra de componentes sólidos. La muestra resultante está definida con más precisión respecto al lugar de muestreo que cuando se ha utilizado la draga.

e) *Equipo para toma de muestra de núcleo*, son usados cuando la información proveniente del perfil vertical de un sedimento es de interés. A menos que la muestra obtenida tenga fuerza mecánica, proceder cuidadosamente en la remoción del mecanismo saca núcleos para conservar su integridad longitudinal.

#### 5.1.3.3 Equipo de muestreo automático

a) Los criterios para la selección del equipo adecuado están indicados en el Anexo A. El equipo necesario es para proteger, llenar, calentar, enfriar, etc.

b) Dos tipos de equipos para toma de muestra automáticos están disponibles: tiempo dependientes y volumen dependientes; los equipos para toma de muestra tiempo dependientes recolectan muestras individuales, compuestas o continuas pero ignoran las variaciones del flujo; en cambio los equipos de volumen dependientes también recogen ese tipo de muestra pero tomando en cuenta las variaciones del flujo. La selección del tipo de equipo para toma de muestra depende del propósito del estudio.

c) Los instrumentos usados para investigación, por ejemplo, para monitorear o controlar flujos de ríos, pueden usarse para guiar el muestreo automático.

d) Bajo ciertas circunstancias, particularmente cuando la sustancia está presente en trazas en la muestra, se puede necesitar una muestra de grandes volúmenes de agua. En este caso es más conveniente usar, en el sitio de muestreo, un sistema que concentre a los constituyentes. Sistemas con esa autonomía tienen ciertos tipos de centrifugas que permiten una recolección continua de microorganismos en resinas macro-reticulares, y aparatos con espacio libre para la recolección de organismos microcontaminantes.

e) En condiciones de congelamiento, es importante asegurar la eficiencia del trabajo del mecanismo de toma de muestra y del equipo asociado.

5.1.4 *Equipo de muestreo para análisis biológico*, como en el caso del muestreo para los análisis físicos y químicos, algunas determinaciones deben ser ejecutadas "in situ", sin embargo, la mayoría de muestras son trasladadas al laboratorio para su análisis. Varios instrumentos han sido desarrollados para permitir la recolección y observación manual (por medio de un sumergidor) o automática y la observación a distancia, de ciertas especies biológicas o grupos de organismos. Para muestras destinadas al análisis biológico, es indispensable utilizar una botella de boca ancha, el diámetro ideal de la boca debe ser similar al del recipiente mismo. Este recipiente puede ser de plástico o de vidrio.

(Continúa)



#### 5.1.4.1 Plancton

- a) *Fitoplancton*, las técnicas y los equipos usados son similares a los descritos para tomar muestras puntuales para el análisis de sustancias químicas en el agua. Para la mayoría de las investigaciones limnológicas, se recomienda una botella de 0,5 litros a 2 litros de capacidad, sin embargo, se deben considerar los requerimientos analíticos. Se requiere de un mecanismo para abrir la botella a la profundidad de muestreo deseada y para poder cerrarla inmediatamente. No se recomienda, para los análisis cuantitativos, recolectar la muestra usando redes.
- b) *Zooplancton*, para este grupo de análisis se recomiendan muestras grandes, de hasta 10 litros. Para la botella operada con mensajero se recomienda una red de nylon medidora de plancton. Se usan diferentes tamaños de redes dependiendo de las especies a ser estudiadas.

#### 5.1.4.2 Fauna y flora de profundidad

- a) *Perifiton*, en el muestreo para el análisis cuantitativo, se recomienda, una lámina de vidrio para microscopio (porta objetos de: 25 mm x 75 mm). Las láminas deben permanecer expuestas en el agua mínimo dos semanas. Si se requiere resultados inmediatos (por ejemplo del hábitat natural) se debe recoger el perifiton del fondo. Se requiere de dos tipos de soporte de láminas para dos situaciones acuáticas diferentes:

- a.1) en ríos pequeños y poco profundos o en áreas del borde de los lagos, donde la turbiedad no es problema, la lámina debe estar adherida a un rastrillo anclado al fondo.
- a.2) en ríos largos o lagos, donde la turbiedad es un problema, las láminas deben estar suspendidas de un rastrillo de plástico transparente flotante sobre la superficie.

#### b) *Macrofitos*

- b.1) en el muestreo para el análisis cualitativo, el equipo de muestreo varía de acuerdo a la situación específica, dependiendo de la profundidad del agua. En aguas poco profundas, un rastrillo de jardín será suficiente. Para aguas profundas se puede emplear una draga; se debe considerar el buceo de exploración, usando un equipo completo para respirar bajo el agua siempre que se cumpla las regulaciones de seguridad.

- b.2) en el muestreo para el análisis cuantitativo, se puede aplicar técnicas similares, para determinar el crecimiento o masa por unidad de área; excepto cuando las áreas a ser muestreadas estén delimitadas y los macrofitos estén medidos o asignados de otro modo.

- c) *Macro invertebrados*, en el estudio de la forma comparativa de los macrobentos, se debe anotar el efecto de las diferencias en el hábitat físico entre las varias estaciones de muestreo seleccionadas. Sin embargo, por la gran variedad de técnicas de muestreo y de equipo disponible, el tipo de hábitat a estudiarse es relativamente ilimitado. El tipo específico de equipo de muestreo a usarse dependerá de muchos parámetros: profundidad del agua, velocidad de la corriente, propiedades físicas y químicas del sustrato, etc.

#### 5.1.4.3 Peces

- a) Los peces se puede recoger de forma activa o pasiva, dependiendo del hábitat y del propósito del muestreo. En arroyos y ríos de hasta 2 m de profundidad, la pesca eléctrica usando corriente d.c.; pulsadores d.c. o a.c. son generalmente las técnicas activas más usadas. Algunos ríos extensos se pueden muestrear usando juegos de aperos múltiples. En los grandes ríos de movimiento suave y en aguas quietas, se usan de preferencia las técnicas de pesca con red. La pesca activa se recomienda cuando el agua está libre de obstrucciones. La pesca pasiva (agallas y redes para obstaculizar o redes de pescador y otras trampas) se recomienda cuando hay maleza u obstrucción. Las trampas especiales construidas dentro de una represa se usan particularmente para peces migratorios.

- b) Las técnicas de muestreo para peces están limitadas por la selectividad del mecanismo (tamaño de la malla, características del campo eléctrico), por el comportamiento de los peces y si el pez se requiere vivo o muerto. Tales factores deben, por lo tanto, tomarse en cuenta antes de decidir sobre las técnicas de muestreo.

### 5.1.5 Equipo de muestreo para análisis microbiológico

5.1.5.1 Para la mayoría de muestras, son adecuadas las botellas de vidrio o de plástico esterilizado (ver 5.1.2.4). Para recoger muestras bajo la superficie del agua, como en lagos y reservorios, están disponibles varios mecanismos para muestreo de profundidad y son convenientes los equipos de muestreo descritos en 5.1.3.2.b.

5.1.5.2 Todos los equipos que se usen, incluida la bomba y el equipo de bombeo, deben estar libres de contaminación y no deben introducir nuevos microorganismos.

### 5.1.6 Equipo y técnicas de muestreo para análisis de radioactividad

5.1.6.1 Dependiendo del objetivo y de las regulaciones legales nacionales, la mayoría de las técnicas de muestreo y el equipo disponible para el muestreo de aguas y aguas residuales para análisis químico se aplican generalmente para la medición de radioactividad.

5.1.6.2 Las muestras se deben recoger en botellas plásticas, previamente lavadas con detergente y enjuagadas con agua destilada y ácido nítrico diluido (1 + 1).

### 5.1.7 Equipo de muestreo para gases disueltos (y material volátil)

5.1.7.1 Las muestras adecuadas para la determinación exacta de gases disueltos, se deben obtener solamente con un equipo que recoja la muestra por desplazamiento de agua, antes que de aire, desde el equipo de muestreo.

5.1.7.2 Si se usan sistemas de bombeo para la recolección de muestras de gases disueltos, es indispensable que el agua sea bombeada en la misma dirección que la presión aplicada, para que no haya una caída significativa más abajo de la presión atmosférica. La muestra debe ser bombeada directamente dentro de la botella de almacenamiento o análisis, dejándola sifonar con una cantidad igual de por lo menos tres veces su volumen antes de tapar la botella o de iniciar el análisis.

5.1.7.3 Si se aceptan resultados aproximados, las muestras para la determinación de oxígeno disuelto se pueden recoger usando una botella o una cubeta. El error introducido a estas determinaciones debido al contacto entre la muestra y el aire varía con el grado de saturación del gas en el agua.

5.1.7.4 Cuando las muestras son recogidas en una botella desde un grifo o a la salida de la bomba, se recomienda el uso de un tubo flexible e inerte, el cual introduzca directamente el líquido al fondo de la botella, para asegurar que el líquido sea desplazado desde el fondo y que ocurra una mínima aireación.

## 6. ROTULADO

6.1 El origen de las muestras, las condiciones bajo las cuales han sido recogidas deben ser anotadas y esta información ser adherida a la botella inmediatamente luego de ser llenada. Un análisis de agua es de valor limitado si no está acompañado por la identificación detallada de la muestra.

6.2 Los resultados de cualquier análisis realizado en el sitio, también se deben incluir en un informe anexo a la muestra. Las etiquetas y los formatos deben llenarse al momento de la recolección de la muestra.

6.3 Debe incluirse al menos los siguientes datos en el informe de muestreo:

- a) localización (y nombre) del sitio del muestreo, con coordenadas (lagos y ríos) y cualquier información relevante de la localización;
- b) detalles del punto de muestreo;
- c) fecha de la recolección;
- d) método de recolección;
- e) hora de la recolección;

- f) nombre del recolector;
- g) condiciones atmosféricas;
- h) naturaleza del pretratamiento;
- i) conservante o estabilizador adicionado;
- j) datos recogidos en el campo.

(Continúa)

**ANEXO A  
(Normativo)****Características de un equipo de muestreo automático**

A.1 Los siguientes datos son una guía para el diseño o selección del equipo de muestreo automático o para los componentes del sistema de muestreo. El usuario debe determinar la importancia relativa de cada característica estableciendo las necesidades para su aplicación en un muestreo específico.

- a) Construcción rígida y con los componentes funcionales necesarios para realizar el muestreo.
- b) Mínimo número de partes expuestas o sumergidas en el agua.
- c) Resistencia al agua y a la corrosión.
- d) Relativamente de diseño simple y de fácil mantenimiento y operación.
- e) Fácil de purgar los recipientes de muestra y las líneas de abastecimiento para recibir agua fresca.
- f) Libre de atascamiento por sólidos.
- g) Precisión en el volumen suministrado.
- h) Proveer de una buena correlación de los datos analíticos con los de las muestras recogidas manualmente.
- i) Recipientes para muestras fáciles de destapar, limpiar y volver a tapar.
- j) Cuando se recogen separadamente muestras representativas individuales, el volumen debe ser de 0,5 litros. Todas las muestras deben almacenarse en la oscuridad, las muestras sensibles al tiempo/temperatura deben almacenarse a 4°C por un período no menor a 24 h.
- k) En el caso de equipos de muestreo portátiles estos deben ser: herméticos, ligeros, fáciles de ser asegurados, resistentes a las inclemencias del ambiente y estar en condiciones de operar bajo un amplio rango de condiciones ambientales.
- l) Capaz de proveer muestras compuestas o integradas.
- m) Velocidad de entrada del líquido ajustable para prevenir la separación de fases, cuando sea necesario.
- n) Una entrada base con un diámetro interno mínimo de 12 mm y un tabique aerodinámico para prevenir atascamientos y acumulación de sólidos.
- o) Capacidad de dispensar repetidamente alicuotas dentro de las botellas.
- p) Para el muestreo en el campo debe ser capaz de: operar en corriente ac/dc, tener una fuente de energía para proveer de al menos una hora de trabajo de muestreo. Tener garantía en caso de explosión, descarga neumática y de los elementos de control que tienen que ser utilizados.

(Continúa)

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| Documento:<br>NTE INEN 2169<br>Primera revisión | TÍTULO: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO.<br>MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS | Código:<br>AL.01.06-202 |
|---|--|-------------------------|

|   |  |
|---|--|
| ORIGINAL:<br>Fecha de iniciación del estudio:<br>1997-06-09 | REVISIÓN:<br>Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1998-10-08<br>Oficialización con el Carácter de Voluntaria<br>por Acuerdo Ministerial No. 980137 de 1998-11-11<br>publicado en el Registro Oficial No. 70 de 1998-11-19<br><br>Fecha de iniciación del estudio (consultoría): 2012-08-06 |
|---|--|

Fechas de consulta pública: de 2012-12-03 a 2013-01-02

Subcomité Técnico:

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación:

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un período de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.

---

Otros trámites: Esta NTE INEN 2169:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2169:1998

---

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

---

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 19 de 2013-06-20

Por Resolución No. 13116 de 2013-05-16



Quito • Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1105:1983**

---

**FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2012-10-29**

## **AGUAS. MUESTREO PARA EXÁMEN MICROBIOLÓGICO**

*Primera edición*

WATERS. SAMPLE FOR MICROBIOLOGICAL EXAMINATION

First edition

---

DESCRIPTORES: Agua potable, muestreo examen microbiológico  
AL: 01.08-201  
CUL: 649.61  
ICS: 13.060.20

Norma Técnica  
Ecuatoriana

**AGUAS  
MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO**

**NTE INEN  
1105  
1983-12**

## 6. INTRODUCCION

0.1 El muestreo necesita una serie de cuidados y precauciones que se requieren observar minuciosamente, para que los resultados finales sean lo más exactos posible, teniendo tanta importancia la recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra como el análisis mismo.

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece criterios generales que deben observarse en el proceso de recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra de agua para análisis microbiológico.

### 2. EQUIPO

2.1 Frascos adecuados para la recolección de la muestra, esterilizables y protegidos convenientemente.

2.2 Aparato de muestreo. Que permita sujetar la botella y extraer mecánicamente el tapón bajo el agua.

2.3 Aparato de esterilización; uno de los siguientes:

- a) estufa de aire caliente, con temperatura regulable entre 160 a 180°C;
- b) autoclave para esterilizar a 121°C;
- c) esterilizador a gas.

### 3. REACTIVOS

3.1 Tiosulfato de sodio. Solución al 10% de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

3.2 Sal tetrasódica del ácido etilendiamino tetra acético. EDTA. Solución al 15%.

### 4. CONSIDERACIONES GENERALES

4.1 Recipientes. Las muestras para exámenes bacteriológicos deben recogerse con sumo cuidado; el enjuague final debe ser con agua destilada y luego esterilizada como se indica en el Anexo A.

4.2 Decoloración. Los frascos que se destinan para la recolección de muestras de agua con cloro residual deben llevar un agente decolorador, a no ser que contenga caldo para la siembra directa. El tiosulfato de sodio es un agente de decoloración satisfactorio. Su presencia en el momento de la recolección de la muestra de agua clorada neutraliza el cloro durante el tiempo que la muestra se encuentra en tránsito al laboratorio.

En tales condiciones, es probable que el examen bacteriológico indique el verdadero contenido bacteriano de la muestra al momento del muestreo. El tiosulfato de sodio se debe agregar al frasco de muestra, limpio y seco antes de la esterilización, en una cantidad que proporcione una concentración aproximada de 100 mg/l. Esta se puede conseguir agregando 0,1  $\text{cm}^3$  de solución de tiosulfato al 10% en un frasco de 120  $\text{cm}^3$ . A continuación, se tapa el frasco, se recubre y se esteriliza en calor seco o húmedo.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Agua potable, muestreo examen microbiológico.

**4.3 Reducción de la toxicidad de aguas contaminadas con metales.** Las muestras de agua que contienen alta concentración de cobre, zinc y metales pesados, deben recogerse en botellas de muestreo que contengan un agente complexométrico que reduzca la toxicidad metálica. Esto es significativo si el período de tránsito al laboratorio es de 24 horas o más. La sal tetrasódica del ácido etiléndiamino tetraacético es un agente complexométrico conveniente. Una concentración adecuada es de 375 mg/l. El EDTA puede añadirse a la botella sólo antes de la esterilización (0,3 cm<sup>3</sup> de una solución al 15% en una botella de 120cm<sup>3</sup>) o junto con el tiosulfato de sodio mezclados antes de la adición.

**4.4** El volumen de la muestra debe ser suficiente para realizar todos los ensayos que se requieren, de preferencia no menor de 100 cm<sup>3</sup>.

**4.5 Datos de identificación.** Todas las muestras deben ir acompañadas de datos completos y exactos de identificación y descripción. No se debe aceptar muestras que no se identifiquen de esta forma.

## 5. PROCEDIMIENTO

**5.1** Procurar que las muestras sean, en realidad, representativas del agua en estudio, que no se contaminen en forma alguna después del muestreo antes del examen.

**5.2** No destapar el frasco de muestra sino hasta el momento del muestreo. Quitar el tapón con todo cuidado para evitar que se ensucie; durante el muestreo no tocar el interior, el tapón ni la boca del frasco; debiéndose protegerlos de la contaminación. Tomar el frasco cerca de su base y la muestra sin enjuagar, volviendo a taparlo inmediatamente.

**5.3** Cuando se toma la muestra, dejar un espacio de aire en el frasco, para facilitar el mezclado de la muestra por agitación, como paso previo al examen.

**5.4 Muestra de una red de distribución.** Si se trata de tomar una muestra de un grifo del sistema de distribución, comprobar primero que el grifo escogido suministra agua directamente de una tubería de la red, a través de una línea de servicio, que no abastece, por ejemplo, de una cisterna o de un tanque de almacenamiento. Abrir completamente el grifo y dejar que el agua fluya al drenaje por 2 o 3 minutos, o por el tiempo suficiente para permitir la purga de la línea de servicio. En el momento del muestreo, restringir el flujo de la llave, para que pueda llenarse el frasco sin salpicaduras. Evitar como puntos de muestreo grifos con fugas.

**5.5** En muestreos directos de ríos, arroyos, lagos, reservorios, manantiales o pozos poco profundos, el propósito debe ser obtener una muestra representativa, tomada a una profundidad conveniente. No es recomendable captar las muestras demasiado cerca de las márgenes. La localización de los sitios y la frecuencia del muestreo son factores críticos para obtener información real sobre la población bacteriana en cualquier cuerpo de agua. Una toma simple o sin un plan de muestreo, de un río, arroyo o lago, puede recolectarse a menudo para satisfacer requerimientos u obtener datos de control. La muestra debe tomarse cerca de la superficie. Las muestras de ríos, arroyos, lagos o reservorios, pueden tomarse asiendo con la mano el frasco, cerca de su base, y sumergiéndolo abajo de la superficie, con la boca hacia abajo. En este momento, se invierte el frasco para que la boca quede ligeramente hacia arriba y en sentido opuesto a la corriente; si no existe corriente como en los reservorios, crearla artificialmente empujando el frasco en dirección opuesta a la de la mano. Si no es posible la recolección de muestras en estas condiciones, se puede fijar un lastre a la base del frasco, al que se hace descender en el agua. En cualquier caso, procurar no alterar las márgenes y el lecho; pues, en otra forma, se ensucia el agua. Para tomar muestras profundas en lagos o reservorios se necesitan aparatos especiales que permitan la remoción mecánica de la tapa debajo de la superficie. El muestreo de sedimento del fondo también requiere aparatos especiales.

**5.6** Si va a muestrearse un pozo provisto con una bomba de mano, se debe bombear el drenaje, por unos 5 minutos, antes de tomar la muestra. Si el pozo se encuentra provisto de una bomba mecánica, tomar la muestra de una llave de descargue. Si no se cuenta con un equipo de bombeo, tomar la muestra directamente del pozo por medio de un frasco estéril lastrado; en este caso, evitar la contaminación de la muestra por las natas superficiales.

(Continúa)



5.7 Para estudios amplios en los cuales va a determinarse la fuente y el grado de contaminación, tomar muestras representativas, considerando el sitio, el método y el tiempo de muestreo. En muchos casos, el número de puntos de muestreo depende de las limitaciones físicas del laboratorio, detección del máximo de contaminación y frecuencia del muestreo. El número de muestras depende de si el objetivo es medir el ciclo de la contaminación, la duración o el promedio de la contaminación. Los puntos para medir la contaminación máxima o el ciclo de ella deben estar ubicados bajo el sitio donde se origina la contaminación. El muestreo debe hacerse tan frecuentemente como sea posible. El punto para tomar muestras para evaluar la contaminación media, debe ser agua abajo, lo suficiente para asegurar la mezcla completa de la contaminación y el agua, muestreando sin excluir todas las variaciones que pueden ocurrir, pero, minimizando cualquier fluctuación estrecha en la calidad. En este caso, el muestreo no necesita ser tan frecuente como cuando va a determinarse el ciclo de contaminación. Las muestras deben tomarse en todo lo ancho del arroyo en puntos que dependen del objetivo del análisis. Evitar zonas de remansos. Puede tomarse una sola muestra superficial en todo el cause.

5.8 **Preservación y almacenamiento.** El examen bacteriológico de las muestras de agua, iniciar inmediatamente después de su recolección para evitar cambios impredecibles. Si la muestra no se puede procesar dentro de una hora después de la recolección, transportarla en un porta muestras con hielo. La temperatura de toda muestra de agua contaminada debe ser inferior a 10°C durante un tiempo máximo de 6 horas de transporte. Estas muestras deben ser refrigeradas, una vez recibidas, en el laboratorio procesadas en dos horas. Cuando, por las condiciones locales, el tiempo de envío al laboratorio es mayor de 6 horas, debe considerarse el análisis de campo, localizado en el sitio de la recolección, o por el uso de un método tentativo de incubación diferida para el grupo coliforme. El lapso entre la recolección de la muestra y el análisis en ningún caso debe ser mayor de 30 horas. El tiempo y la temperatura de almacenamiento de todas las muestras deben registrarse y tomarse en cuenta en la interpretación de los resultados.

(Continúa)

**ANEXO A****LAVADO Y ESTERILIZADO**

**A.1 Lavado.** Lavar todo el material de vidrio con un detergente conveniente y agua caliente; enjuagar con agua caliente para remover todas las trazas de residuos de los materiales que se hayan utilizado en el lavado y, finalmente, enjuagar con agua destilada. Si se utiliza una máquina de lavar, la instalación de cañerías de entrada deberá ser preferentemente de acero inoxidable u otro material no tóxico. No se debe usar cañerías de cobre para la distribución de agua destilada.

**A.2 Esterilización.** Excepto cuando se encuentre en recipientes metálicos, la cristalería se debe esterilizar mínimo por 60 minutos a una temperatura de 170°C, a menos que se conozca con certeza, por medio de termómetros registradores que la temperatura es uniforme en la estufa, en cuyo caso se puede aplicar una temperatura de 160°C. La cristalería en recipientes metálicos debe esterilizarse a 170°C por lo menos dos horas. Los frascos de muestreo, con excepción de los plásticos, pueden esterilizarse como se señaló antes, o pueden tratarse en autoclave a una temperatura de 120°C por 15 minutos. Las botellas plásticas pueden esterilizarse en autoclave, a una temperatura de 121°C, por un intervalo mínimo de 10 minutos.

**APÉNDICE Z****Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

Standard Methods for the examination of water and wastewater. *900 Microbiological Examination*. 14<sup>th</sup> Edition, 1975.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: AGUAS. MUESTREO PARA EXÁMEN Código:  
NTE INEN 1105 MICROBIOLÓGICO AL 01.06-201

|   |   |
|---|---|
| ORIGINAL:<br>Fecha de iniciación del estudio: | REVISIÓN:<br>Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo<br>Oficialización con el Carácter de<br>por Acuerdo No.<br>publicado en el Registro Oficial No.<br><br>Fecha de iniciación del estudio: |
|---|---|

Fechas de consulta pública: 1982-03-08-14 a 1982-04-21

Subcomité Técnico de: AL 01.06 AGUA POTABLE

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1983-02-24

Integrantes del Subcomité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Dr. Hernán Riofrío  
Dr. José E. Marcos  
Sra. Rita de Meneses  
Dra. Ligia de Arcantales  
Dra. Carlota Naranjo  
Dra. Mercedes Reyes Vera

INERHI  
EMAP-GUAYAQUIL  
CERVECERIA ANDINA  
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE-QUITO  
UNIVERSIDAD CATOLICA-QUITO  
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE-  
GUAYAQUIL  
EMAP-QUITO  
CENDES  
INEN

Dr. Gonzalo Sandoval  
Dr. Hernán Miño  
Dr. Ramiro Gallegos

Otros trámites: \*4 Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA** a **VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

Esta NTE INEN 1105:1984, ha sido confirmada en 2012-10-29

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1983-12-15

Oficializada como: OBLIGATORIA  
Registro Oficial No. 744 del 1984-05-15.

Por Acuerdo Ministerial No. 251 del 1984-04-18

**ANEXO D** Fotografías del muestreo y análisis del proyecto de investigación

**LUGAR Y TOMA DE MUESTRAS**

**Vertientes**



**Tanques Tratamiento y Almacenamiento**



**Domicilios**



**TIPO DE ENVASES PARA MUESTRAS**

**Microbiológico**



**Físico-Químico**



**ANÁLISIS FÍSICOS**

**Temperatura,pH,STD,Conductividad**



**Turbiedad**



**Color**

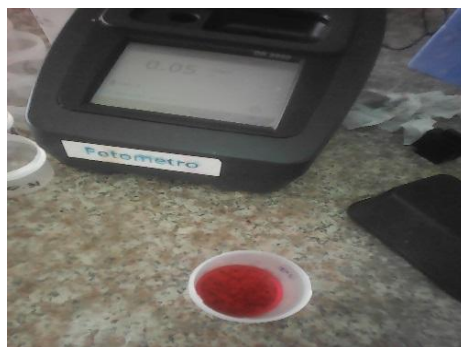


**ANÁLISIS QUÍMICO**

**Nitratos y Nitritos**



**Fluor**



**Cloruros**



**Fosfatos**

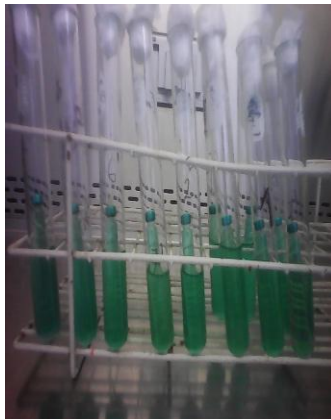


**Amonio**

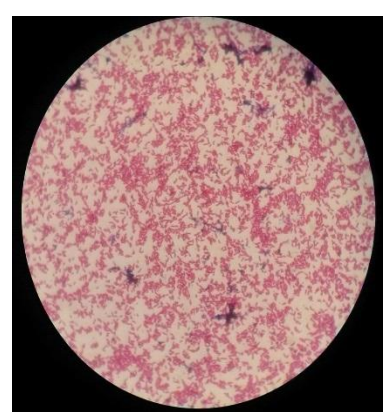
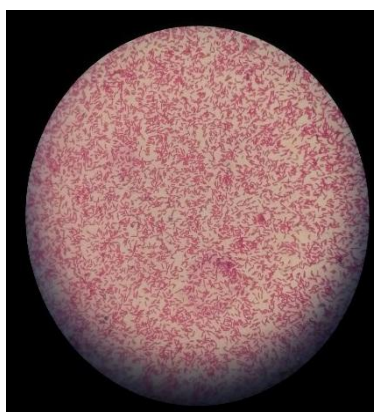
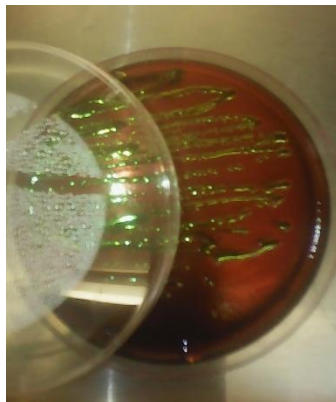
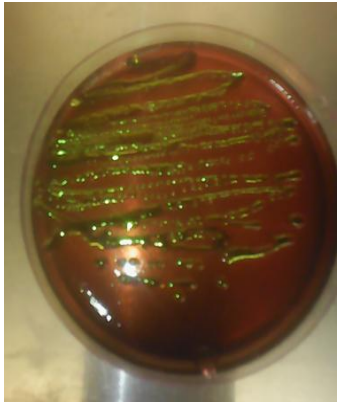


## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

### Prueba presuntiva (NMP)



### Pruebas confirmativas (EAM y Tinción Gram)





**Socialización de los resultados del análisis físico, químico y microbiológico a los miembros directivos de la junta administradora de agua potable de la comunidad de Puñachizag**

