



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE
LA JUNTA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BENITEZ,
CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: RONALDO ALEXANDER VELOZ LOZADA

DIRECTOR: Ing. IGOR EDUARDO ASTUDILLO SKLIAROVA, MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Ronaldo Alexander Veloz Lozada**

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

Yo, Ronaldo Alexander Veloz Lozada, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de mayo de 2023



Ronaldo Alexander Veloz Lozada

C.I. 180519421-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA BENITEZ, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**, realizado por el señor: **RONALDO ALEXANDER VELOZ LOZADA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello, Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-05-16
Ing. Igor Eduardo Astudillo Skliarova, MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2023-05-16
Bf. Mishell Carolina Moreno Samaniego, MSc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2023-05-16

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mí, por nunca renunciar y creer en mis capacidades. A mi hermana por su apoyo incondicional en todo momento. A mi madre por la motivación de seguir adelante. A todas las personas que de una u otra forma han sido importantes en mi vida.

Ronaldo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y a mi hermana por enseñarme a superarme cada día. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, especialmente a la Escuela de Ciencias Químicas, por inculcarme la formación académica necesaria para lograr ser un profesional de excelencia. Al Ing. Igor Eduardo Astudillo Skliarova, director de tesis y amigo quien brindo de su valioso tiempo y asesoría para que el presente trabajo sea un éxito. A la Dra. Gina Álvarez técnica docente encargada del laboratorio de calidad del agua de la ESPOCH, por orientarme y asesorarme con sus conocimientos técnicos durante la realización de los análisis físico-químicos y microbiológicos. A mis compañeros, amigos y personas que me ayudaron a lograr mis objetivos.

Ronaldo

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	3
1.3.	Justificación	3
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	<i>Objetivo general</i>	4
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEORICO	6
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	6
2.2.	Referencias Teóricas	7
2.2.1.	<i>Agua</i>	7
2.2.2.	<i>Fuentes de agua</i>	7
2.2.2.1.	<i>Aguas subterráneas</i>	7
2.2.2.2.	<i>Aguas superficiales</i>	8
2.2.3.	<i>Tipos de agua</i>	8
2.2.3.1.	<i>Agua cruda</i>	8
2.2.3.2.	<i>Agua potable</i>	8
2.3.	Calidad del agua.....	8
2.3.1.	<i>Calidad física</i>	9
2.3.1.1.	<i>Sabor y olor</i>	9
2.3.1.2.	<i>Color</i>	9

2.3.1.3.	<i>Temperatura</i>	10
2.3.1.4.	<i>pH</i>	10
2.3.1.5.	<i>Conductividad</i>	10
2.3.1.6.	<i>Sólidos totales disueltos</i>	10
2.3.1.7.	<i>Turbiedad</i>	10
2.3.2.	<i>Calidad química</i>	11
2.3.2.1.	<i>Dureza</i>	11
2.3.2.2.	<i>Hierro</i>	11
2.3.2.3.	<i>Nitratos y nitritos</i>	12
2.3.2.4.	<i>Fluoruros</i>	12
2.3.2.5.	<i>Fosfatos</i>	12
2.3.2.6.	<i>Amoníaco</i>	12
2.3.2.7.	<i>Sulfatos</i>	12
2.3.2.8.	<i>Cloruros</i>	13
2.3.2.9.	<i>Cianuro</i>	13
2.3.2.10.	<i>Arsénico</i>	13
2.3.2.11.	<i>Bario</i>	13
2.3.2.12.	<i>Cobre</i>	13
2.3.2.13.	<i>Manganeso</i>	14
2.3.2.14.	<i>Plomo</i>	14
2.3.3.	<i>Calidad microbiológica</i>	15
2.3.4.	<i>Tipos de coliformes</i>	15
2.3.4.1.	<i>Coliformes totales</i>	15
2.3.4.2.	<i>Coliformes fecales</i>	15
2.4.	Filtración por membrana	16
2.5.	Sistema de abastecimiento	17
2.6.	Tratamientos de agua	17
2.6.1.	<i>Aireación</i>	17
2.6.2.	<i>Coagulación y floculación</i>	17
2.6.3.	<i>Sedimentación</i>	18
2.6.4.	<i>Filtración lenta en arena</i>	18
2.6.5.	<i>Filtración rápida</i>	18

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	19
3.1.	Tipo de investigación	19
3.2.	Diseño de la investigación.....	19
3.2.1.	<i>Localización del estudio</i>	<i>19</i>
3.3.	Población de estudio.....	20
3.4.	Tamaño de muestra	20
3.5.	Flujograma de trabajo.....	22
3.5.1.	<i>Técnica de muestreo</i>	<i>22</i>
3.6.	Análisis de muestras.....	23
3.6.1.	<i>Análisis físicos</i>	<i>23</i>
3.6.1.1.	<i>Determinación de conductividad, pH y solidos totales disueltos.....</i>	<i>23</i>
3.6.1.2.	<i>Determinación de turbiedad</i>	<i>23</i>
3.6.2.	<i>Análisis químicos</i>	<i>23</i>
3.6.2.1.	<i>Determinación de dureza</i>	<i>23</i>
3.6.2.2.	<i>Determinación de cloruros</i>	<i>24</i>
3.6.2.3.	<i>Determinación de nitritos</i>	<i>24</i>
3.6.2.4.	<i>Determinación de nitratos</i>	<i>24</i>
3.6.2.5.	<i>Determinación de flúor</i>	<i>25</i>
3.6.2.6.	<i>Determinación de fosfatos</i>	<i>25</i>
3.6.2.7.	<i>Determinación de amonios</i>	<i>25</i>
3.6.3.	<i>Análisis microbiológico.....</i>	<i>26</i>
3.6.3.1.	<i>Determinación de coliformes totales por el método de filtración por membrana</i>	<i>26</i>

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	27
4.1.	Análisis físicos del agua	27
4.1.1.	<i>Análisis de pH según las muestras analizadas</i>	<i>27</i>
4.1.1.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de pH según la NTE INEN 1108:2014.....</i>	<i>28</i>
4.1.2.	<i>Análisis de conductividad según las muestras analizadas</i>	<i>29</i>
4.1.2.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de conductividad según la normativa OMS-1995</i>	<i>31</i>
4.1.3.	<i>Análisis de sólidos totales disueltos según las muestras analizadas</i>	<i>31</i>
4.1.3.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de STD según la NTE INEN 1108:2006</i>	<i>33</i>

4.1.4.	<i>Análisis de turbiedad según las muestras analizadas</i>	34
4.1.4.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de turbiedad según la NTE INEN 1108</i>	35
4.2.	Análisis químico del agua	36
4.2.1.	<i>Análisis de nitratos según las muestras analizadas</i>	36
4.2.1.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de nitratos según la NTE INEN 1108:2014</i>	37
4.2.2.	<i>Análisis de nitritos según las muestras analizadas</i>	38
4.2.2.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de nitritos según la NTE INEN 1108</i>	39
4.2.3.	<i>Análisis de amonios según las muestras analizadas</i>	40
4.2.3.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de amonios según la NTE INEN 1108:2014</i> ...	41
4.2.4.	<i>Análisis de cloruros según las muestras analizadas</i>	42
4.2.4.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de cloruros según la NTE INEN 1108:2014</i> ...	43
4.2.5.	<i>Análisis de flúor según las muestras analizadas</i>	44
4.2.5.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de flúor según la NTE INEN 1108:2014</i>	45
4.2.6.	<i>Análisis de fosfatos según las muestras analizadas</i>	46
4.2.6.1.	<i>Análisis de resultados obtenidos de fosfatos según la NTE INEN 1108:2014</i>	47
4.2.7.	<i>Análisis de dureza según las muestras analizadas</i>	48
4.2.7.1.	<i>Análisis de resultados obtenidos de dureza según la NTE INEN 1108:2014</i>	49
4.3.	Análisis microbiológicos del agua	50
4.3.1.	<i>Análisis de coliformes totales según las muestras analizadas</i>	50
4.3.1.1.	<i>Análisis de los resultados microbiológicos según la NTE INEN 1108:2014</i>	51

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1.	Conclusiones	52
5.2.	Recomendaciones	54

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Requisitos físicos y químicos del agua potable	14
Tabla 2-2:	Requisitos microbiológicos.....	16
Tabla 3-1:	Puntos de muestreo de la Junta de agua potable de la parroquia Benítez.	21
Tabla 4-1:	Resultados de pH de las muestras	27
Tabla 4-2:	Resultados de conductividad de las muestras	29
Tabla 4-3:	Resultados de Sólidos Totales Disueltos en las muestras	31
Tabla 4-4:	Resultados de turbiedad en las muestras	34
Tabla 4-5:	Resultados de nitratos en las muestras	36
Tabla 4-6:	Resultados de nitritos en las muestras.....	38
Tabla 4-7:	Resultados de amonios en las muestras	40
Tabla 4-8:	Resultados de cloruros en las muestras	42
Tabla 4-9:	Resultados de flúor según las muestras.....	44
Tabla 4-10:	Resultados de fosfatos según las muestras analizadas	46
Tabla 4-11:	Resultados de dureza según las muestras analizadas	48
Tabla 4-12:	Resultados de coliformes según las muestras analizadas.....	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 3-1:	Mapa de la división política de la parroquia Benítez	20
Ilustración 3-2:	Esquema de procedimiento de análisis.....	22
Ilustración 4-1:	Dispersión lineal del pH.....	28
Ilustración 4-2:	Dispersión lineal de conductividad	30
Ilustración 4-3:	Dispersión lineal de STD	33
Ilustración 4-4:	Dispersión lineal de turbiedad.....	35
Ilustración 4-5:	Dispersión lineal de nitratos	37
Ilustración 4-7:	Dispersión lineal de amonios	41
Ilustración 4-8:	Dispersión lineal de cloruros.....	43
Ilustración 4-9:	Dispersión lineal de flúor	45

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
- ANEXO E:** FOTOGRAFÍAS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano que proporciona la junta administradora de agua potable de la parroquia Benítez, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. Se realizó tres muestreos, en cada uno se obtuvo un total de treinta muestras de distintos puntos clave como la fuente, tanques de recepción, tanques de almacenamiento, tanques de distribución y de algunos domicilios de la parroquia. El muestreo se hizo de acuerdo a lo establecido en la INEN 2176:2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Para los análisis se empleó métodos estándar para análisis de agua, aguas residuales y el método Hach. Se consideró los parámetros físicos de pH, turbiedad, conductividad y sólidos totales disueltos dando resultados favorables debido a que todos se mantenían por debajo y en el límite máximo permitido por INEN 1108:2014. Agua potable. Requisitos. Los valores de los parámetros químicos como nitratos, nitritos, fosfatos, flúor, amonio, cloruro, amonio y dureza se encontraron dentro de la normativa, pero se halló que la concentración de flúor en el agua era alta lo cual puede provocar fluorosis y deterioro dental en las personas que la consumen constantemente, esto puede ser por una deficiencia en el proceso de coagulación-floculación. Se finalizó con el análisis microbiológico mediante el método de filtración por membrana donde se consideró coliformes totales y fecales, se halló la presencia de coliformes totales en las muestras tomadas en la fuente ya que no tenían ningún proceso de potabilización. Se concluye según los resultados obtenidos de cada parámetro, que el agua de la parroquia Benítez es apta para el consumo humano y su proceso de potabilización es el adecuado.

Palabras clave: <CONSUMO HUMANO>, < AGUA POTABLE>, <PARÁMETROS QUÍMICOS>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO>, <COLIFORMES TOTALES>.



1296-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

This study aimed to evaluate the physical-chemical quality and microbiology of water for human consumption provided by the drinking water management board of the Benítez parish, Pelileo canton, Tungurahua province. Three samplings were carried out; thirty samples were obtained from different vital points such as the source, reception tanks, storage tanks, distribution tanks and some homes in the parish. Sampling was done following the provisions of INEN 2176:2013. Water. Water quality. Sampling. Sampling techniques. Standard methods were used for the analysis of water, wastewater and the Hach method. The physical parameters of pH, turbidity, conductivity, and total dissolved solids were considered, giving favourable results because they all remained below and within the maximum limit allowed by INEN 1108:2014. Drinking water. Requirements. The values of chemical parameters such as nitrates, nitrites, phosphates, fluorine, ammonium, chloride, ammonium, and hardness were within the regulations. However, it was found that the fluoride concentration in the water was high, which can cause fluorosis and dental deterioration. This may be due to a deficiency in the coagulation-flocculation process in people who consume it constantly. It ended with the microbiological analysis using the membrane filtration method, where total and faecal coliforms were considered; the presence of total coliforms was found in the samples taken at the source since they did not have any purification process. It is concluded, according to the results obtained from each parameter, that the water of the Benítez parish is suitable for human consumption, and its purification process is adequate.

Keywords: <HUMAN CONSUMPTION>, <DRINKING WATER>, <CHEMICAL PARAMETERS>, <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>, <TOTAL COLIFORMS>.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paul Obregón', enclosed within a large, loopy blue oval stroke.

Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

El déficit de agua potable en los hogares con el transcurso del tiempo se ha convertido en una amenaza mundial donde se ve afectada la salud y el desarrollo de la humanidad, provocando pobreza sanitaria. Por este motivo, el agua es considerada como una base principal para que pueda progresar la vida de cualquier ser vivo.

El ser humano debe consumir agua que cumpla con ciertos estándares de calidad los cuales ayudan a conservar la integridad de los consumidores, se controla que el agua potable esté libre de cualquier tipo de agentes patógenos, químicos o fecales, debido a que estos pueden ser transportados por medio del agua.

Según el INEC, en el país solo 76,1% de los habitantes recibe agua que ha recibido un tratamiento para que sea potable, mientras que el 23,49% ingiere agua que carece de cualquier tipo de proceso de potabilización. Por lo tanto, el Ecuador con respecto a una escala de calidad de agua potable a nivel nacional del uno al cinco, posee una calificación de 3,5.

El ser humano es considerado el principal contaminador de los recursos hídricos, debido a las diversas actividades antropogénicas que realiza en todo el mundo. En ocasiones el agua puede contaminarse al salir de la planta de tratamiento a causa de otros factores como la ruptura del sistema de distribución en las tuberías, el material de las tuberías y las malas conexiones en cisternas, domicilios o tanques de almacenamiento.

Actualmente, se realizan investigaciones del ICA, enfocadas en evaluar los rangos permisibles para la salud del ser humano, de esta forma se garantiza la calidad e inocuidad del agua. La persona encargada de la distribución del agua potable debe regirse a los estándares de la NTE INEN 1108:2014, esta norma se encarga de asegurar agua potable apta para el consumo humano. La parroquia Benítez no posee información sobre el control de la calidad del agua potable, por esta razón se efectuó la presente investigación para conocer el estado de los estándares de la calidad del recurso hídrico a lo largo de la red de distribución en la parroquia, evaluando las fuentes, tanques de almacenamiento y varios domicilios. Todo esto tiene como finalidad facilitar información sobre las condiciones en las que se encuentra el agua de dicha comunidad y de esta manera aportar con el control en varios puntos críticos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Un estudio realizado por la OMS, en el 2012, sobre la calidad de las fuentes hídricas utilizadas para consumo humano con la aplicación de un plan de mitigación por contaminación doméstica, agroquímica menciona que las microcuencas andinas junto con otros recursos naturales son vulnerables debido al cambio climático que existe a nivel mundial, provocado por las grandes industrias, lo cual puede provocar repercusiones a nivel regional, local y en los domicilios rurales. La ONU en el 2015 planteó los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), donde propone que extender sus propuestas del pasado hacia el futuro en el Ecuador se obtendrá a finales del mismo año integrar su plan de objetivos garantizando el acceso a toda la población a los servicios de agua y saneamiento de calidad, midiendo la cobertura de estos servicios a nivel nacional obteniendo como resultados que solo un 65% de la población tiene acceso al agua potable en su domicilio con facilidad y de calidad, el resto de población consume agua de tanquero e incluso agua de dudosa procedencia (INEC, 2016. p 11).

Existe un grave problema de fluoración en la salud humana a causa de la concentración elevada en el agua potable, los ciudadanos consumen este químico en el agua de manera involuntaria pues no es requerido por el organismo. El flúor se encuentra en grandes cantidades en el océano y la corteza terrestre pero también está presente en barnices, mariscos, productos dentales, entre otros. El exceso de flúor puede provocar fluorosis en la población que es el deterioro y desgaste del esmalte en los dientes (Romero, 2017, p 6).

En la actualidad existen enfermedades que se transmiten a través del agua, las más comunes son la amebiasis, shigelosis, cólera, giardiasis, hepatitis, entre otras que acarrear graves problemas estomacales que pueden provocar la muerte (Rodríguez, 2018, p. 13).

1.2. Planteamiento del problema

El agua es uno de los recursos más importante para el desarrollo adecuado de la raza humana debido a que este líquido posee un sin número de propiedades únicas, por esta razón se debe precautelar este recurso no renovable, aplicando un cuidado eficiente para cumplir los estándares de calidad para el consumo humano (Tierra, 2015, p. 18).

Además, el agua, por sus múltiples propiedades se utiliza en actividades de agricultura, ganadería, industria, desarrollo y vivienda. Debido a estas características se convierte en el recurso más apreciable. Por ello, es importante el cuidado de su calidad, conservando sus fuentes naturales como todo el sistema de distribución que conduce al consumidor. En la mayoría de casos de contaminación el ser humano es el principal culpable, debido al desperdicio de desechos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos (Viteri, 2018, p. 44).

La OMS menciona que cerca de 4 millones de personas mueren cada año por enfermedades producidas por agua contaminada asociadas a su consumo, como la gastroenteritis, hepatitis A, cólera, tífus, sin contar con los decesos por deshidratación. El agua para consumo humano debe evitar la presencia de microorganismos y agentes químicos que puedan alterar de alguna forma la salud del hombre, entre otros percances (ONU, 2020, p. 1).

Tungurahua es una de las provincias con problemas en el agua de consumo, lo cual provoca molestias de salud en los habitantes tanto en adultos como en niños, tal es el caso de la parroquia Benítez del cantón Pelileo en donde no se cuenta con estudios previos sobre el índice de la calidad del agua, siendo necesaria una evaluación de los estándares de calidad que permita a los moradores de la comunidad conocer calidad del agua que están consumiendo (EMAPA, 2020, p.1).

1.3. Justificación

A nivel mundial se realizan estudios, análisis y evaluaciones sobre la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano, tratando de llevar una vigilancia sanitaria constante debido a que este líquido vital está sufriendo un proceso acelerado de pérdida de calidad y cantidad, puesto que a más de la mitad de fuentes naturales de agua están gravemente agotadas y contaminadas, por lo que se degradan y contaminan los ecosistemas y como resultado se convierte en una amenaza para la salud (Tierra, 2015, p. 15).

La Organización de las Naciones Unidas menciona que la disminución de la calidad del agua es alarmante convirtiéndose en un tema de relevancia y preocupación en todo el planeta ya que el incremento de la población afectara de manera directa a la cantidad de agua de calidad consumible para la raza humana (ONU, 2020, p. 1).

El Plan Nacional de Desarrollo en su Eje 1: “Derechos para Todos, trata de impulsar la protección y la preservación de áreas de abastecimiento de recursos hídricos”, los cuales deben considerarse como una prioridad para el gobierno, teniendo en cuenta que la cantidad y calidad del agua condicionan la vida en todas sus formas (Moreno, 2018, p. 25).

El agua que es consumida por los habitantes de la parroquia Benítez, 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 de la parroquia Benítez. 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 (Viteri, 2018, p. 55).

La investigación tiene un valor bibliográfico y metodológico, ya que se obtendrá un panorama de la situación en tomo a la calidad del agua consumida en esta zona, verificando que se cumpla con los parámetros establecidos en la norma INEN 1108:2014, esto permitirá brindar recomendaciones que ayuden a un adecuado tratamiento y manejo del recurso hídrico, debido a que la Junta Administradora de Agua Potable de la Parroquia Benítez es una organización independiente que distribuye agua a ocho caseríos con una población aproximada de 3975 habitantes según el último censo realizado por el INEC. Para el adecuado desarrollo de esta investigación se utilizarán fondos y recursos propios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar una evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia Benítez, Cantón Pelileo, Provincia Tungurahua.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físico-químicas del agua que consumen los habitantes de la parroquia Benítez.
- Determinar la calidad microbiológica del agua de consumo de la parroquia Benítez.
- Identificar los factores que influyen en la calidad del agua potable de la Junta Administradora de la comunidad de Benítez.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En la actualidad existe una gran cantidad a nivel mundial de investigaciones sobre la evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua potable, todas las fuentes hídricas son procedentes de agua subterránea, superficial, ríos y residual las cuales son abundantes ya que se tiene como prioridad la inocuidad debido a que es el líquido vital para un desarrollo adecuado de los seres vivos (Tierra, 2015, p.33).

Según una investigación realizada por la ONU (2019, p.1). América Latina y el Caribe cuentan con la cobertura más alta de agua potable de las regiones en desarrollo con un 94%, pero los estándares de cobertura varían ampliamente entre países y entre una zona rural y urbana de un mismo país. Cerca de 37 millones de personas carecen de acceso a agua potable, y casi 110 millones no tienen acceso a saneamiento. En América Latina los países como Ecuador, Haití, Perú, Bolivia y Republica Dominicana son los que tienen un acceso reducido al agua potable (El Pais, 2020, p.4).

En el Ecuador, se realizó un estudio por la Corporación de Lideres para Gobernar, donde se revela que el agua potable de la ciudad de Quito es la única del país con el sello de calidad INEN 1108 y la primera que demuestra el fiel cumplimiento de la norma ya que alcanza un 100% en cada uno de los parámetros de control establecidos (EPMAPS, 2020, p. 1).

Reascos et al., (2010, p. 3) realizaron una evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi, Ibarra, donde concluyeron que el recurso hídrico no cumplía con los estándares vigentes establecidos en las Normas de Calidad, INEN 1108, debido a que las vertientes, el tanque de tratamiento y domicilios no tenían la adecuada limpieza, un tratamiento adecuado de cloración y existía filtraciones en la red de distribución por malas conexiones.

Según la investigación del estudio hidrológico para el desarrollo sostenible de la intercuenca del río Ambato, esta provincia posee una baja disponibilidad de agua y un déficit hídrico la cual no ha mejorado sustancialmente con el paso de los años (Mendoza, 2016, p.87).

En una investigación desarrollada en la parroquia de Bolívar perteneciente al cantón Pelileo se realizó un estudio de la calidad del agua de consumo, ahí menciona que los parámetros de pH,

color y flúor se encontraron con valores fuera de los límites establecidos en la Norma INEN 1108, además de presencia microbiana superior a los límites permitidos. Se ha concluido que el agua resulta inadecuada para el consumo humano por el peligro potencial que representa la presencia de abundantes microorganismos (Viteri, 2018, p. 67).

Por lo antes mencionado, se ha considerado realizar la presente investigación en la parroquia Benítez debido a la ausencia de estudios y análisis del agua que consumen los habitantes y de esta manera conocer el estado de calidad del agua potable para los 4000 habitantes aproximadamente que existen en esta comunidad.

2.2. Referencias Teóricas

2.2.1. Agua

En química, el agua es la unión de dos moléculas de hidrógeno y una molécula de oxígeno que se unen por medio de enlaces covalentes, este líquido se lo puede encontrar en estado sólido, líquido y gaseoso esto va a depender de la presión y la temperatura que exista en la fuente. El agua es fundamental para el desarrollo de la vida además que el ser humano está constituido en su mayoría de agua. Con el transcurso de los años este líquido vital a reducido su disponibilidad y calidad (Fernandez, 2012, p. 26).

El agua para consumo humano debe ser tratada por medio de tratamientos los mismos que van a servir para modificar sus características a ciertos estándares de calidad, existen procesos eficientes para eliminar las impurezas del agua como la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El proceso que se utilice va a depender de la cantidad de impurezas que posee el agua de la fuente con la finalidad de garantizar la inocuidad hídrica para nuestro consumo y de generaciones futuras (Auge, 2017, p. 20).

2.2.2. Fuentes de agua

2.2.2.1. Aguas subterráneas

El agua subterránea se encuentra por debajo de la superficie terrestre, capas freáticas, formaciones geológicas, gracias a la porosidad y permeabilidad que existe en estas zonas donde se puede transmitir y producir agua. Por lo general estas aguas son cristalinas, frías, sin color y duras, además están libres de contaminantes microbiológicos convirtiéndose en adecuadas para el consumo

humano excepto si se produce una contaminación por actividades antropogénicas (IGRAC, 2020, p. 8).

2.2.2.2. Aguas superficiales

El agua superficial es aquella que se sitúa en la superficie del suelo como lagos, ríos, cuencas, océanos, etc. Estas aguas son las principales fuentes de abastecimiento para varias actividades socioeconómicas realizadas por el hombre, pero debido a su exposición a la intemperie es muy susceptible a la contaminación causando variaciones en la cantidad y calidad. Para el consumo humano se debe realizar análisis previos e implementar los tratamientos necesarios de purificación (Betancur et al, 2019, p. 67).

2.2.3. Tipos de agua

2.2.3.1. Agua cruda

Se considera como agua cruda aquel líquido que se lo encuentra en la naturaleza, sin que exista ninguna manipulación o se haya implementado algún tipo de tratamiento para modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas (BBC, 2020, p. 12).

2.2.3.2. Agua potable

Según la norma NTE INEN 1108:2014, el agua potable es aquella que posea características físicas, químicas y microbiológicas que garanticen la integridad del ser humano evitando cualquier tipo de alteración a la salud, además esta norma garantiza la inocuidad, tratamiento y conservación del agua, es decir el proceso de potabilización garantiza que el agua esté libre de cualquier tipo de contaminantes (Mora, 2020, p. 26).

2.3. Calidad del agua

Para que exista calidad del agua, esta debe cumplir ciertos estándares estipulados en normas, reglamentos, leyes, etc. En el Ecuador, el agua potable debe estar de acuerdo a los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1108:2014, ya que ahí se encuentran los límites permisibles con respecto a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. De esta manera, se garantiza la inocuidad hídrica, la salud y el bienestar de la población, previniendo enfermedades y cualquier tipo de riesgo sanitario (RCOA, 2015, p. 1).

2.3.1. Calidad física

Son las propiedades que resaltan en el agua a simple vista con nuestros sentidos como pueden ser el color, turbidez, olor y sabor (Silva et al, 2018, p. 29).

En el control de calidad se considera los siguientes parámetros:

- Color, olor, sabor
- Temperatura
- pH
- Conductividad
- Sólidos
- Turbiedad

2.3.1.1. Sabor y olor

Estas características son indicadores organolépticos con determinación subjetiva ya que aún no existe un instrumento de observación, ni unidades de medida con las que se pueda guiar. El agua potable debe ser inodora en su totalidad para que no exista cualquier tipo de olor o sabor ya que de lo contrario puede ser por causa de la presencia de restos industriales, por la formación de compuestos o la descomposición de materia orgánica. La presencia de sabor se da por una gran cantidad de sales disueltas en el agua en su mayoría sulfatos de magnesio y hierro. Estos parámetros pueden ser eliminados por tratamientos de aireación y carbón activo (Cirrelli, 2017, p. 8).

2.3.1.2. Color

El agua debe ser incolora para utilizarla, si existe presencia de color puede ser a causa de la presencia de sustancias orgánicas en descomposición, iones naturales de hierro y magnesio, además el color también se ve influido por la solubilidad de compuestos, el pH y la temperatura. Existen dos tipos de colores:

- Color aparente: es cuando el agua no ha sufrido ningún proceso para influir en su color manteniendo partículas suspendidas.
- Color verdadero: en el agua no existe la presencia de partículas suspendidas.

Para eliminar la presencia de color en el agua se utiliza el proceso de coagulación con sulfato férrico (Romero, 2002, p. 47).

2.3.1.3. Temperatura

La temperatura se determina en el instante en que la muestra es tomada, este parámetro influye en el pH, alcalinidad y conductividad del agua. Debido a que la solubilidad de sales se retrasa o a su vez se acelera interactuando con el tiempo de la precipitación de compuestos y la absorción de oxígeno (Díaz, 2022, p. 5).

2.3.1.4. pH

El pH es la medida de iones de hidrogeno presentes en una solución acuosa, mismo valor que va a determinar si la solución es acida o alcalina. El rango de pH de un agua natural no contaminada debe estar en un rango neutro y alcalino entre 6,5 y 8. Si el agua presenta acidez elevada puede considerarse corrosiva y si presenta alcalinidad elevada se produce una precipitación de las sales insolubles (Pérez, 2016, p. 13).

2.3.1.5. Conductividad

La conductividad es la cantidad de iones disueltos presentes en el agua que sirven como medida para calcular la capacidad para transportar corriente eléctrica en una solución acuosa. Este parámetro ayuda en el control del agua potable ya que puede existir un cambio por infiltraciones de aguas contaminadas, la conductividad es medida en microSiemens/centímetros ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Solís, 2018, p. 5).

2.3.1.6. Sólidos totales disueltos

Este parámetro evalúa la concentración de materia disuelta y en suspensión que existe, estos son sólidos y sales que se encuentran en estado coloidal. Cuando los valores permisibles en el agua se exceden pueden ocasionar daños fisiológicos graves al organismo de la persona (Solís, 2018, p. 9).

2.3.1.7. Turbiedad

Este parámetro se basa en características ópticas que provoca que los rayos de luz se dispersen y adsorban permitiendo identificar las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua. En

el agua potable, la turbiedad influye en la desinfección ya que los microorganismos se cubren entre las partículas. La unidad de medición es en unidades nefelométrías de turbiedad (UNT) (Montoya et al, 2011, p. 14).

2.3.2. Calidad química

Se trata de cualidades químicas que pueden ser disolventes de varios compuestos orgánicos e inorgánicos, por esta razón se debe tener conocimiento de los indicadores y cuáles son las alteraciones que puede provocar en la salud del ser humano, ya que existen varios problemas a causa de la contaminación química en el agua en su mayoría por causas antropogénicas como el uso excesivo de fertilizantes en la agricultura, actividades estacionales de industrias, mineras entre otras fuentes. Por ejemplo, los metales y derivados de Fe, As, U, Se, F, Cu, Pb, entre otros. Pueden incluirse al agua en el tratamiento y la distribución, provocando incrustaciones en las tuberías y graves enfermedades a las personas que la consuman en el agua (Estada et al, 2018, p. 35).

Se debe considerar los siguientes parámetros de: Dureza, Hierro, Nitratos, Nitritos, Fluoruros, Fosfatos, Amoniac, Sulfatos, Cloruro, Cianuro, Arsénico, Bario, Cobre, Manganeso y Plomo.

2.3.2.1. Dureza

La dureza va a depender de la concentración de Ca y Mg que estén disueltos en el agua, también influye el pH y la alcalinidad ya que de esto dependerá el sabor del agua, aún se desconoce los riesgos que puede provocar en la salud, si la dureza es superior a 200 mg/l forma incrustaciones en las tuberías (Soto, 2014, p. 4).

2.3.2.2. Hierro

Es considerado como uno de los elementos necesarios en la alimentación del ser humano, por lo general se encuentra en las fuentes de aguas naturales y en el agua de consumo ya que se utiliza como coagulante o a su vez debido a la corrosión en la red de distribución de tuberías de acero. No existe un valor específico con el cual afecte la salud humana, pero 0,3 mg/l de hierro es el valor que se tiene como referencia en el control de calidad del agua. Según la OMS si la concentración de hierro supera el 1 mg/l provocaría un sabor metálico en el agua (McFarland, 2019, p. 2).

2.3.2.3. *Nitratos y nitritos*

Las elevadas concentraciones de nitratos pueden ser consecuencia de la contaminación de desechos con materia orgánica provocando la oxidación del amoníaco, además el exceso de cloración en la red de distribución causa que este se oxide y forme nitritos. Los nitratos en la mayoría de aguas superficiales y subterráneas son de concentración baja. Para el agua potable, el valor de referencia para nitratos es de 50 mg/l y nitritos de 3 mg/l (Bolaños, 2017, p. 5).

2.3.2.4. *Fluoruros*

El fluoruro en una concentración baja ayuda a evitar las caries dentales el rango permisible por la normativa debe estar de 0,8 a 1,5 mg/L. Una elevada concentración del mismo produce fluorosis la cual afecta a la estructura ósea en los dientes y huesos. Para el agua potable se debe tener un control estricto de este elemento ya que es de origen natural y se encuentra en aguas superficiales y subterráneas (Boischio, 2017, p. 2).

2.3.2.5. *Fosfatos*

Se lo encuentra en concentraciones bajas en aguas naturales a causa de la filtración de fertilizantes derramados en el suelo, la descomposición de desechos humanos y animales. La presencia de contaminación en aguas superficiales se debe a la presencia de fosfatos en productos de aseo y limpieza (Bolaños, 2017, p. 7).

2.3.2.6. *Amoniaco*

Se encuentra en el ambiente debido a la mala disposición de residuos industriales, ganaderos, agropecuarios además que los procesos metabólicos con nitrógeno, proteínas y urea contienen alta cantidad de amoníaco por los microorganismos que se encuentran presentes, esto dificulta los tratamientos de desinfección, el límite permisible para agua potable es de 1,5 mg /L (Truque, 2015, p. 23).

2.3.2.7. *Sulfatos*

Se los encuentra de forma mineral en estado natural en aguas subterráneas. Son utilizados en grandes cantidades por industrias químicas, es considerado como no tóxico, pero en concentraciones elevadas provoca un efecto laxante gastrointestinal, causando diarrea,

deshidratación y pérdida de peso, el valor permisible para agua potable es de 500 mg/L (Bolaños, 2017, p. 9).

2.3.2.8. Cloruros

Son de origen natural y se los encuentra en todas las fuentes de agua, si su concentración es elevada provoca corrosión en la red de distribución de tuberías además de afectar el sabor agua, la presencia de sulfatos indica contaminación en el agua (Cabrera, 2017, p. 77).

2.3.2.9. Cianuro

Es considerado altamente toxico para la salud humana, se encuentra en el agua y en algunos alimentos a causa de contaminación por desechos industriales, el valor permisible por la normativa es de 0,07 mg/L (ATDSR, 2019, p. 21).

2.3.2.10. Arsénico

En concentraciones elevados es considerado toxico debido a que causa cáncer en los pulmones, vejiga y la piel. Se localiza de forma natural en la corteza terrestre pero también se lo obtiene por disolución con minerales, el valor permisible es de 0,01 mg/L (Aragones, 2021, p. 3).

2.3.2.11. Bario

Es de origen natural se localiza en las rocas sedimentarias de la corteza terrestre, fuentes hídricas naturales es considerado toxico en elevadas cantidades ya que produce trastornos vasculares, cardiacos y nerviosos, el valor permitido para agua potable es de 0,7 mg/L (Truque, 2015, p. 33).

2.3.2.12. Cobre

No es considerado como un peligro para la salud ya que es necesario en la alimentación diaria, pero en elevadas cantidades provoca corrosión en tuberías y un sabor desagradable en el agua, además se utiliza en la fabricación de tuberías y válvulas para el agua potable no debe superar los 2 mg/L (Rodriguez, 2020, p. 11).

2.3.2.13. Manganeso

Es fundamental para el desarrollo adecuado de los seres vivos, se lo encuentra en fuentes hídricas subterráneas y superficiales por condiciones anaerobias, tiene cierta relación con el hierro ya que en exceso puede causar daños neurológicos y un mal sabor en el agua, en el agua potable se acepta como máximo 0,4 mg/L (McFarland, 2019, p. 5).

2.3.2.14. Plomo

El agua se contamina por plomo a causa de las malas instalaciones de fontanería en los hogares, dependiendo de la exposición puede provocar intoxicaciones graves y leves. Además, corroe el metal si no se encuentra en un pH y temperatura adecuada, el límite permisible en la normativa para el plomo es de 0,01 mg/L (Truque, 2015, p. 58).

Tabla 2-1: Requisitos físicos y químicos del agua potable

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	No objetable
Sabor	No objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,07
Cloro residual libre	mg/l	0,3 a 1,5
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07

Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α^*	Bg/l	0,5
Radiación total β^{**}	Bg/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

Fuente: NTE INEN 1108, 2014.

Realizado por: Veloz, R., 2023.

2.3.3. Calidad microbiológica

Consiste en la depuración de microorganismos fecales y patógenos como pueden ser bacterias, parásitos y virus. El agua potable debe tener ausencia completa de cualquier tipo de microorganismos y bacterias patógenas. Para asegurar el bienestar del ser humano se debe realizar análisis de la fuente hídrica para evitar enfermedades causadas por la presencia de residuos fecales del hombre y animales (Estrada et al, 2018, p. 35).

2.3.4. Tipos de coliformes

2.3.4.1. Coliformes totales

Son bacterias facultativas aerobias y anaerobias con un periodo de incubación de 48 horas a una temperatura de 35 °C. La bacteria más representativa de este grupo es la *Escherichia Coli* debido a que se origina en las heces fecales, además también se considera a *Klebsiella spp*, *Enterobacter spp*, *Citrobacter spp* ya que se pueden localizar en el agua, suelo y algunos vegetales (Fernandez, 2017, p. 7).

2.3.4.2. Coliformes fecales

Son bacterias termotolerantes gramnegativas las cuales se las puede localizar en las heces fecales de seres vivos de sangre caliente, este grupo representa un 90% de coliformes totales. Si existe la presencia de *Escherichia Coli* en el agua, esto demuestra que la misma está contaminada por heces y bacterias patógenas. El reconocimiento y conteo de coliformes se lo puede realizar con la técnica del número más probable o a su vez realizar un recuento en placa con métodos selectivos (Fernandez, 2017, p. 9).

Tabla 2-2: Requisitos microbiológicos

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

Fuente: NTE INEN 1108, 2014.

Realizado por: Veloz, R., 2023.

***Cryptosporidium*:** es un parásito protozoo intracelular registrado como patógeno para el ser humano, se reproduce de forma sexual y asexual en un huésped y es eliminado al ambiente por ooquistes con un diámetro de 4 y 6 um, posee una alta resistencia a veinte procesos de potabilización, además que para ser eliminado se requiere una dosis de 80 mg/L de cloro, mismo valor que supera el permitido por la normativa que es de 0,2 a 1,5 mg/L. El agua es el medio principal de transporte de este patógeno que al ser ingerido puede ocasionar infecciones estomacales graves al ser humano. Los rayos ultravioletas desactivan los ooquistes de *Cryptosporidium*, por esta razón varias plantas de tratamientos de aguas implementan la desinfección del agua con rayos ultravioletas, además se puede implementar la filtración por membrana para mayor eficacia para eliminar los ooquistes. Para la detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* se utiliza pruebas de colorantes vitales para viabilidad, floculación inorgánica y filtración para aguas potables, todos estos procesos están avalados por la OMS (Palacios, 2019, p. 5).

***Giardia*:** este parásito se encuentra en el agua y alimentos que han sido contaminados, pero en el agua se propaga con mayor rapidez y frecuencia que con respecto a los alimentos. Por medio de investigaciones se conoce que al ingerir diez quistes de *Giardia* se produce una infección estomacal grave, en otros casos provoca diarrea e hipoabsorción intestinal. Este parásito es altamente resistente al cloro ya que requiere 1 mg/l por 30 minutos para ser eliminada (Palacios, 2019, p. 10).

2.4. Filtración por membrana

Este proceso consiste en pasar un volumen de un fluido a través de un filtro de membrana microporosa, donde se quedará retenido los microorganismos presentes en la muestra. Una vez

realizada la filtración se procede a colocar el filtro sobre una placa Petri con un medio de cultivo adecuado, posteriormente se lo incuba de 24 a 48 horas a una temperatura de 37 °C aproximadamente dependiendo el microorganismo que se desee analizar. Esta técnica es un método efectivo para la determinación de coliformes totales, coliformes fecales y *E. Coli* (Zelada, 2019, p. 33).

2.5. Sistema de abastecimiento

El sistema de abastecimiento es el conjunto de áreas para captación, conducción, tratamiento y distribución de agua obtenida de fuentes hídricas superficiales y subterráneas hasta que llegar a cada uno de los distintos domicilios de la comunidad. Para la construcción se debe considerar que los materiales no provoquen alteraciones a la salud y al medio ambiente (Coronel, 2017, p.167).

La planta de tratamiento de la parroquia Benítez posee:

- Zona de captación
- Planta de potabilización
- Tanques de almacenamiento
- Red de distribución subterránea
- Estación de bombeo

2.6. Tratamientos de agua

2.6.1. Aireación

Es el proceso que se emplea aire para incrementar el oxígeno en el agua y de esta manera disminuir el CO₂ para retirar los compuestos volátiles que existan, ya que estos alteran el sabor y olor del agua, por lo general se lo implementa cuando son aguas subterráneas (Chulluncuy, 2021, p. 44).

2.6.2. Coagulación y floculación

Este proceso tiene como finalidad formar flòculos de sustancias contaminantes que alteran la turbidez del agua. Los resultados obtenidos a través de este método son eliminados por filtración y sedimentación, comúnmente se emplea sulfato de aluminio (Perez, 2020, p. 98).

2.6.3. Sedimentación

Este proceso permite que las partículas suspendidas del agua se asienten en el fondo, formando una capa de sedimentos los cuales son retirados constantemente (Chulluncuy, 2021, p. 67).

2.6.4. Filtración lenta en arena

Este método manipula el paso del agua para que atraviese una capa superficial porosa “que en la mayoría es arena” con la finalidad de eliminar microorganismos patógenos. La desventaja de esto consiste en que se debe realizar una limpieza constante del filtro ya que se acumulan gran parte de sustancias del agua (Tibanquiza, 2019, p. 17).

2.6.5. Filtración rápida

En este proceso el agua pasa a través de una capa superficial de arena gruesa para que las partículas y sustancias como el manganeso, hierro entre otros elementos sean retenidos, posterior a esto implementa el proceso de aireación para mayor efectividad. Estos filtros pueden ser a presión, de flujo ascendente y de medios múltiples (Pizarro, 2017, p. 27).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

- Por el método de investigación se tiene un enfoque de estudio cualitativo y cuantitativo ya que evalúa la presencia de microorganismos y los resultados obtenidos son comparados con la Normativa para determinar si cumple o no con los requisitos.
- Según el objetivo, la investigación es aplicada ya que se tiene un fin directo e inmediato debido a que se emplea técnicas y metodologías estandarizadas para la toma de muestras, su almacenamiento y la obtención de los resultados.
- Según el nivel de profundización en el objeto de estudio, la investigación permite evaluar la calidad del agua potable y de esta manera analizar si existe algún tipo de contaminación o se encuentra en los estándares permisibles de la normativa.
- Según la manipulación de variables, esta investigación es no experimental, ya que se encamina a observar, medir y comparar los resultados obtenidos, más no se manipula un factor de estudio.
- Según el tipo de inferencia, es una investigación inductiva ya que a partir de los datos obtenidos por medio del análisis de muestras se podrá determinar la calidad físico-química y microbiológica del agua potable.
- Según el periodo temporal, es una investigación transversal ya que la recolección de la información se realizará en tres muestreos en el periodo junio-julio 2022.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Localización del estudio

La recolección de muestras se realizará en la vertiente, tanques de almacenamiento y domicilios de los distintos caseríos de la parroquia. Benítez se localiza al occidente del cantón San Pedro de Pelileo en la provincia de Tungurahua, la parroquia cuenta con una extensión de 847,67 hectáreas. Está conformada por los caseríos: San Blas, Bellavista, Mirador, La Unión, El Centro, Los tres Juanes, Los Laureles y El Carmen. Al norte está limitado con la parroquia Salasaca, al sur con el cantón Quero, al este con la parroquia La Matriz y al Oeste con el cantón Cevallos (GAD, 2016).

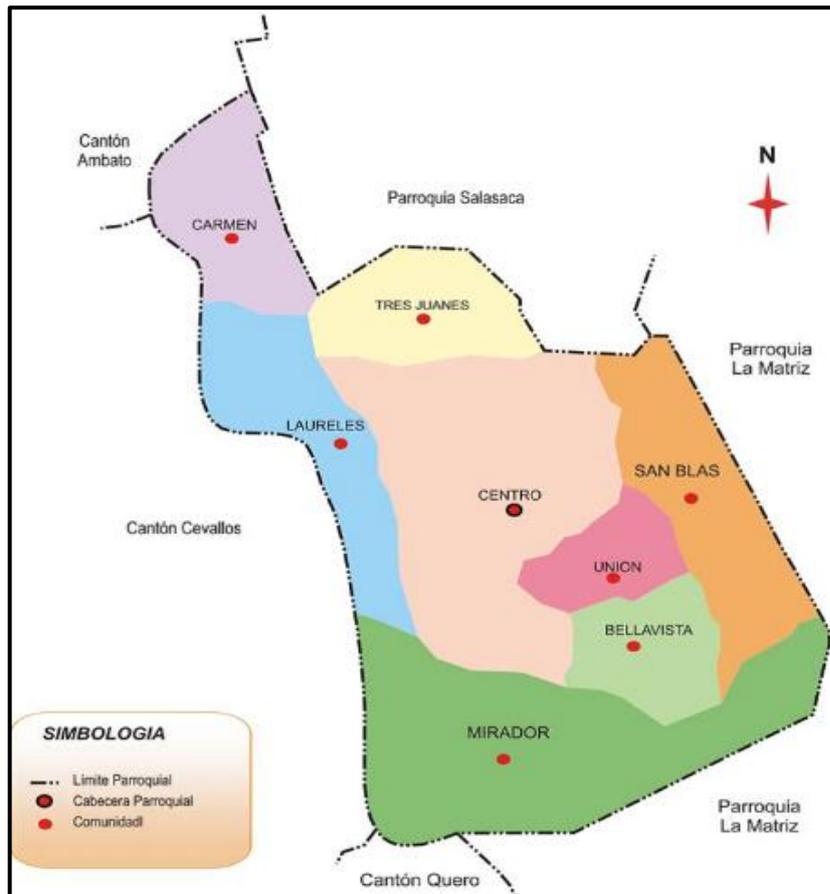


Ilustración 3-1: Mapa de la división política de la parroquia Benítez

Fuente: GAD-B, 2016.

3.3. Población de estudio

Para la población de estudio se ha considerado las diferentes muestras que se obtuvieron a conveniencia de varias ubicaciones estratégicas como de vertientes, tanques de tratamiento, tanques de admisión, tanques de almacenamiento además de algunos domicilios de la Parroquia de Benítez, del Cantón Pelileo Provincia de Tungurahua.

3.4. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra estará definido en función de 30 puntos de muestreo que se realizará por triplicado, tomando 500 ml de muestra en cada punto para realizar los respectivos análisis físicos-químicos y microbiológicos.

Tabla 3-1: Puntos de muestreo de la Junta de agua potable de la parroquia Benítez.

Punto de muestreo	Codificación	Lugar del punto de muestreo
Vertiente de Jun Jun	VJ1	Quebrada de Jun Jun
Tanque de recepción	TDR	Barrio el Centro
Tanques antes del tratamiento	TAT	Barrio el Centro
Tanque de distribución y almacenamiento Central	TDC	Barrio el Centro
Tanque de distribución y almacenamiento Mirador	TDM	Barrio el Mirador
Tanque de distribución y almacenamiento Bellavista	TDB	Barrio Bellavista
Domicilios de San Blas	DSB	Barrio San Blas
Domicilios de Bellavista	DBE	Barrio Bellavista
Domicilios de Mirador	DMI	Barrio El Mirador
Domicilios de La Unión	DLU	Barrio La Unión
Domicilios del Centro	DCE	Barrio el Centro
Domicilios de Los Tres Juanes	DTJ	Barrio Los Tres Juanes
Domicilios de Los Laureles	DLL	Barrio Los Laureles
Domicilios del Carmen	DCA	Barrio El Carmen

Realizado por: Veloz, R., 2023.

En el periodo de junio- julio de 2022, se llevó a cabo tres muestreos en varios puntos estratégicos de la red de distribución del agua, cada muestra se recolecto por duplicado y con los datos obtenidos se realizará una comparación con la norma INEN 1108:2014.

3.5. Flujoograma de trabajo

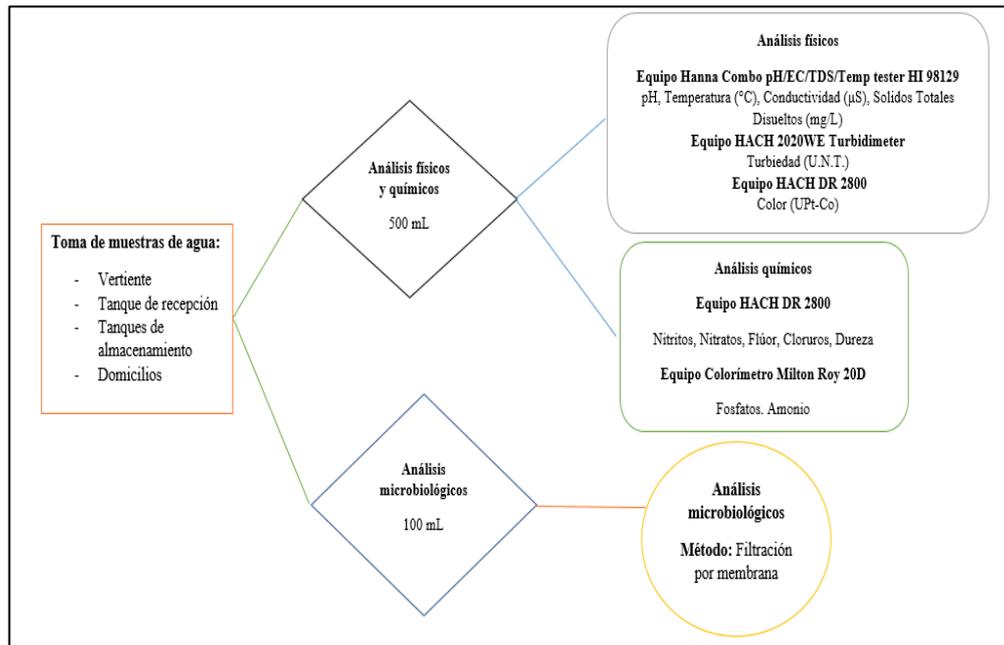


Ilustración 3-2: Esquema de procedimiento de análisis

Realizado por: Veloz, R., 2023.

3.5.1. Técnica de muestreo

Para la recolección de las muestras de agua se utilizó envases esterilizados de polietileno y que posean tapón y tapa para evitar cualquier tipo de alteración en la muestra, como lo recomienda la NTE INEN 2176:1998 “Agua. Calidad del agua. Técnicas de muestreo”. Cada recipiente es etiquetado con letra clara, ubicación y la fecha (Anexo C).

Para el tiempo de muestreo, las muestras se mantuvieron en una conservadora térmica ya que brinda un ambiente fresco y sin filtración de luz, aportando una temperatura adecuada de 4 a 5 °C, manteniéndolas en buenas condiciones hasta realizar los análisis de laboratorio, según lo estipula la NTE INEN 2169:1998 “para manejo y conservación de muestras” (Anexo B).

Para vertientes, tanques de recepción y almacenamiento las muestras deben ser recolectadas sigilosamente ya que los dedos no deben topar las paredes internas del recipiente, de igual manera se realiza para el muestreo en los domicilios, la muestra es tomada directamente del grifo de la red de distribución previamente desinfectando la boquilla del grifo con alcohol posterior a esto se abre y se dejar fluir el agua por 2 a 3 minutos para que la muestra de agua sea la más óptima.

Para el análisis bacteriológico no debe transcurrir más de 6 horas y la muestra se debe transportar en una conservadora térmica para mantener la temperatura de 4 a 5 °C, como lo estipula en la NTE INEN 1105:1984 “Aguas. Muestreo para examen microbiológico” (Anexo D). Se contó con un registro para llevar los datos que se midieron de forma in situ como: temperatura, pH y conductividad.

3.6. Análisis de muestras

3.6.1. Análisis físicos

3.6.1.1. Determinación de conductividad, pH y sólidos totales disueltos

- Para obtener datos de estos parámetros se empleó el multiparámetro PC2700
- Colocar 100 mL de la muestra de agua en un vaso limpio y esterilizado
- Lavar el electrodo del equipo con agua destilada
- Colocar el electrodo en el vaso con la muestra de agua y esperar unos segundos hasta que se estabilice
- Seleccionar y anotar los valores de conductividad (S/cm), pH, y sólidos totales disueltos (mg/L), una vez que se hayan estabilizados los valores de cada parámetro.

3.6.1.2. Determinación de turbiedad

- Se procede a encender el espectrofotómetro D2800.
- Se procede a llenar la celda del equipo hasta la señal marcada en la misma con agua destilada para que sirva como blanco y verificar que este calibrado el equipo
- Una vez calibrado el equipo se llena la celda y se introduce en el equipo
- Se espera unos segundos y se registra la cantidad obtenida en NTU.

3.6.2. Análisis químicos

3.6.2.1. Determinación de dureza

- Se añadió 25 mL de la muestra de agua en un Erlenmeyer limpio
- Se colocó 1 mL de cianuro de potasio, 2 mL de buffer pH 10 y una del indicador Negro de ericromo T.
- Se continua a titular con EDTA 0,02 M hasta obtener un cambio de color de rojo a azul

- Se registra la cantidad de titulante consumido.

3.6.2.2. *Determinación de cloruros*

- Colocar 25 mL de la muestra de agua en un Erlenmeyer limpio
- Añadir 4 gotas de K_2CrO_7 en el Erlenmeyer con la muestra
- Titular la muestra con 0,01 M de $AgNO_3$
- Registrar el valor de volumen consumido del titulante al momento de cambiar el color de amarillo a un tono ladrillo.

3.6.2.3. *Determinación de nitritos*

- Se utilizó el equipo HACH DR 2800, con ilustración en programas almacenados la opción de Test N Nitrito RB AV
- Se preparó 10 mL de la muestra de agua en vasos limpios y se agrega un sobre de reactivo Nitriver en cada una de las diferentes muestras
- Se procede agitar la muestra por 1 min para que se homogenice y obtener un tono rosado
- Se agregó 10 mL de agua destilada en otro vaso para que sea el blanco y calibrar el equipo
- Se introduce la muestra blanco en la celda y se calibra el equipo presionando la opción cero para que la concentración sea de 0,00 mg/L NO_2^-
- Se midió las muestras preparadas y se registró los valores obtenidos en mg/L NO_2^-
- Para mayor confianza en los resultados se debe calibrar el equipo cada 5 muestras.

3.6.2.4. *Determinación de nitratos*

- Se utilizó el equipo HACH DR 2800, con ilustración en programas almacenados la opción de Test N Nitrato RB
- Se preparó 10 mL de la muestra de agua en vasos limpios y se agrega un sobre de reactivo NitraVer 5 en cada una de las diferentes muestras
- Se procede agitar la muestra por 3 min para que se homogenice y obtener un tono ámbar
- Se agregó 10 mL de agua destilada en otro vaso para que sea el blanco y calibrar el equipo
- Se introduce la muestra blanco en la celda y se calibra el equipo presionando la opción cero para que la concentración sea de 0,00 mg/L NO_3^-
- Se midió las muestras preparadas y se registró los valores obtenidos en mg/L NO_3^-
- Para mayor confianza en los resultados se debe calibrar el equipo cada 5 muestras.

3.6.2.5. *Determinación de flúor*

- Se utilizó el equipo HACH DR 2800, con ilustración de programas almacenados la opción de Test 190 Flúor
- Se preparó 10 mL de la muestra de agua en vasos limpios y se agrega 2 mL de reactivo SPADNS Reagent en cada una de las diferentes muestras
- Se procede a esperar 20 min para que se homogenice y la reacción finalice.
- Se agregó 10 mL de agua destilada y 2 mL de SPADNS Reagent en otro vaso para que sea el blanco y de igual forma se espera 20 min.
- Se introduce la muestra blanco en la celda y se calibra el equipo presionando la opción cero para que la concentración sea de 0,00 mg/L F⁻
- Se midió las muestras preparadas y se registró los valores obtenidos en mg/L F⁻
- Para mayor confianza en los resultados se debe calibrar el equipo cada 5 muestras.

3.6.2.6. *Determinación de fosfatos*

- Se añadió 50 mL de la muestra de agua, 4 mL de amonio molibdato y 0,5 mL de cloruro estañoso en un balón aforado y se procede aforarlo a 100 mL
- Se preparó una solución patrón de 0,05 mg/mL partiendo de la solución madre, de esta solución se coloca 50 mL en un balón aforado y se añade 4 mL de amonio molibdato y 0,5 mL de cloruro y se afora a 100 mL
- Se ajustó la longitud de onda a 650 nm para la solución blanco que es el agua destilada a su vez se comprueba que la absorbancia sea 0 y la transmitancia 100
- Se ajustó la concentración a 0,05 mg/mL
- Se midió las muestras preparadas y se registró los valores obtenidos en mg/L

3.6.2.7. *Determinación de amonios*

- Se añadió 25 mL de la muestra de agua, 1 mL de reactivo NaK y 2 mL de solución Nessler y se procede aforar a 50 mL
- Se preparó una solución patrón de 0,03 mg/mL partiendo de la solución madre, de esta solución se coloca 25 mL en un balón aforado de 50 mL y se añade 1 mL de reactivo NaK y 2 mL de solución Nessler y se procede aforar a 50 mL
- Se ajustó la longitud de onda a 650 nm para la solución blanco que es el agua destilada a su vez se comprueba que la absorbancia sea 0 y la transmitancia 100 en el equipo Colorímetro Milton Roy 20D en mg/mL

- Se ajustó la concentración a 0,05 mg/mL
- Se midió las muestras preparadas y se registró los valores obtenidos en mg/L

3.6.3. Análisis microbiológico

3.6.3.1. Determinación de coliformes totales por el método de filtración por membrana

- Se armó el equipo de filtración una vez que todo este correctamente esterilizado
- Se colocó con la ayuda de unas pinzas una membrana de 0,45 en el centro del portafolios
- Se vertió 100 mL de la muestra de agua en el portafolio y se aplicó la técnica al vacío sin exceder las 15 libras de presión
- Se preparó una placa Petri con 2 mL de agar m-Endo y un pad absorbente
- Se extrae el filtro de la membrana con una pinza esterilizada y se la coloca en la placa Petri
- Se coloca las placas en la estufa en posición invertida a las placas a una temperatura de 37 °C en un tiempo de 24 a 48 horas.
- Se realizó un conteo después del periodo de incubación considerando como coliformes fecales a las colonias de tono rojizo y coliformes fecales a las que sean de tengan un tono verdoso
- El resultado se obtiene en UFC/100 mL

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis físicos del agua

Los parámetros físicos como temperatura, olor y sabor fueron medidos y considerados de manera *in situ*, el resto de parámetros se obtuvieron en el laboratorio de la facultad de ciencias de la ESPOCH, bajo la tutela y responsabilidad de la Ing. Gina Álvarez. Se utilizó un análisis descriptivo por medio de Ilustraciones de dispersión lineal en Microsoft Excel para realizar una comparación con la normativa vigente NTE INEN 1108:2014, para determinar la calidad del agua de la parroquia Benítez.

4.1.1. Análisis de pH según las muestras analizadas

Tabla 4-1: Resultados de pH de las muestras

pH								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-pH	Ultimo muestreo	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	8,53	8,55	8,51	8,53	8,30	8,5	X	
TDR	8,46	8,51	8,48	8,48	8,30	8,5	X	
TAT	8,46	8,39	8,47	8,44	8,30	8,5	X	
TDC	8,33	8,45	8,37	8,38	8,10	8,5	X	
TDM	8,41	8,47	8,43	8,44	8,20	8,5	X	
TDB	8,33	8,44	8,37	8,38	8,00	8,5	X	
DSB	8,45	8,41	8,43	8,43	8,10	8,5	X	
DSB1	8,47	8,49	8,42	8,46	8,00	8,5	X	
DSB2	8,45	8,34	8,46	8,42	8,20	8,5	X	
DBE	8,41	8,43	8,38	8,41	8,00	8,5	X	
DBE1	8,35	8,41	8,43	8,40	8,10	8,5	X	
DBE2	8,33	8,44	8,42	8,40	8,10	8,5	X	
DMI	8,43	8,48	8,41	8,44	8,00	8,5	X	
DMI1	8,45	8,36	8,45	8,42	7,90	8,5	X	

DMI2	8,45	8,42	8,33	8,40	8,00	8,5	X	
DLU	8,47	8,42	8,46	8,45	8,20	8,5	X	
DLU1	8,38	8,47	8,48	8,44	8,10	8,5	X	
DLU2	8,39	8,29	8,38	8,35	8,20	8,5	X	
DCE	8,35	8,44	8,41	8,40	8,10	8,5	X	
DCE1	8,33	8,44	8,43	8,40	8,10	8,5	X	
DCE2	8,35	8,41	8,46	8,41	8,10	8,5	X	
DTJ	8,38	8,45	8,35	8,39	8,00	8,5	X	
DTJ1	8,38	8,46	8,44	8,43	8,00	8,5	X	
DTJ2	8,41	8,31	8,44	8,39	8,00	8,5	X	
DLL	8,46	8,39	8,41	8,42	8,10	8,5	X	
DLL1	8,42	8,48	8,36	8,42	8,10	8,5	X	
DLL2	8,44	8,32	8,39	8,38	8,00	8,5	X	
DCA	8,43	8,48	8,37	8,43	8,00	8,5	X	
DCA1	8,45	8,39	8,31	8,38	8,10	8,5	X	
DCA2	8,45	8,49	8,35	8,43	8,10	8,5	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

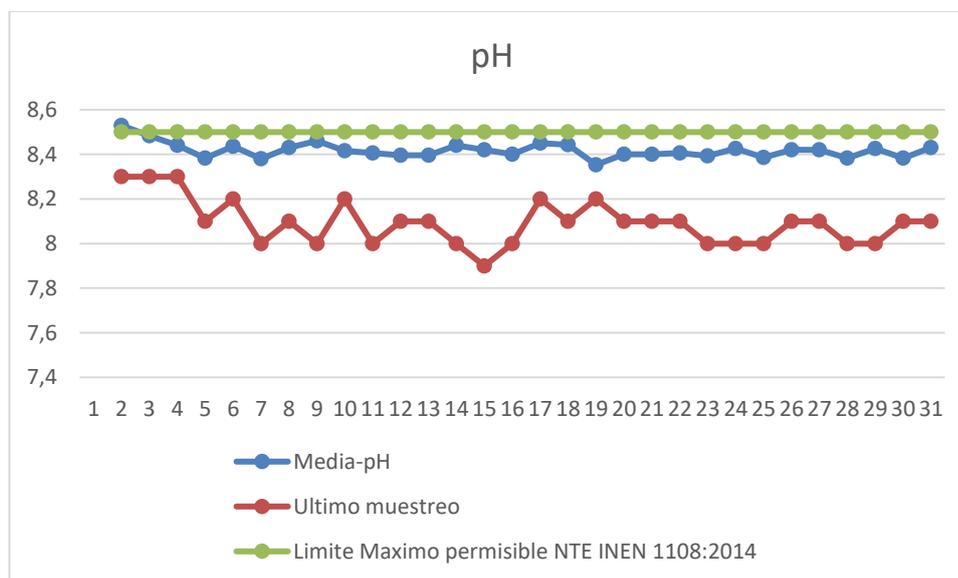


Ilustración 4-1: Dispersión lineal del pH

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.1.1.1. Análisis de los resultados obtenidos de pH según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-1, se observa los datos obtenidos con respecto al pH de las muestras analizadas en el periodo junio-julio 2022, todos los valores obtenidos de las muestras se encuentran cerca o

igual de 8,5 y en el muestreo realizado en febrero de 2023 el pH se mantiene por debajo de 8,5 mismo que viene siendo el valor máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014, Agua potable. Requisitos. Pese a que todos los valores se encuentran dentro de los rangos permitidos, en la investigación Quality control of water for human consumption in the region of the West in Costa Rica, realizada por Pérez, E. (2015, p. 2) se menciona que si el agua de consumo humano posee valores altos de alcalinidad puede provocar irritación en órganos internos, úlceras e irritación en las glándulas mucosas. Por esta razón se debe procurar no exceder estos límites ya que podría afectar a los habitantes de la parroquia, de igual manera si el agua está por debajo de 6,5 puede producir corrosión en tuberías, metales y causar un sabor desagradable al agua.

En la investigación realizada por Núñez, S. (2018, p. 1) en San José de Puñachizag del cantón Quero, se registró datos que coinciden con la presente investigación que el rango de 6,5-8.5 es el adecuado para evitar la proliferación de microorganismos en el agua. En la presente investigación el agua de fuente y los tanques de recepción poseen un pH cerca de 8,5 por lo que se debe procurar no exceder ese valor además a medida que los sectores se alejan de la planta de tratamiento su pH va disminuyendo y los sectores cercanos a la planta poseen valores cercanos a los medidos en la misma pero todas las muestras poseen valores superiores a 8 por lo que deberían tratar de regular y mantener estos valores para evitar diversos problemas en la salud de la comunidad.

4.1.2. Análisis de conductividad según las muestras analizadas

Tabla 4-2: Resultados de conductividad de las muestras

Conductividad (Us/cm)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Conductividad	Ultimo muestreo	Límite máximo permisible OMS-1995 (Us/cm)	OMS-1995	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	645,5	543,33	754,15	647,66	622,40	1500	X	
TDR	605,3	345,76	389,9	446,99	597,43	1500	X	
TAT	612,5	313,22	289,66	405,13	597,33	1500	X	
TDC	368,7	231,76	298,65	299,70	415,80	1500	X	
TDM	92,38	165,45	115,46	124,43	385,76	1500	X	
TDB	93,15	132,65	95,45	107,08	343,10	1500	X	
DSB	167,54	365,76	88,43	207,24	376,54	1500	X	
DSB1	97,33	105,34	95,45	99,37	389,98	1500	X	

DSB2	103,43	94,56	153,45	117,15	403,43	1500	X	
DBE	91,38	113,43	145,65	116,82	282,72	1500	X	
DBE1	89,09	99,65	104,65	97,80	296,32	1500	X	
DBE2	145,43	89,63	101,98	112,35	285,54	1500	X	
DMI	188,43	109,64	132,67	143,58	323,65	1500	X	
DMI1	143,54	97,54	117,54	119,54	355,65	1500	X	
DMI2	117,76	98,67	92,43	102,95	298,43	1500	X	
DLU	175,98	243,54	98,65	172,72	386,65	1500	X	
DLU1	88,76	99,65	123,76	104,06	366,43	1500	X	
DLU2	95,71	112,35	105,87	104,64	352,78	1500	X	
DCE	132,45	109,83	97,23	113,17	301,54	1500	X	
DCE1	99,23	104,78	116,76	106,92	345,76	1500	X	
DCE2	104,75	96,93	88,65	96,78	335,98	1500	X	
DTJ	135,65	93,65	157,54	128,95	297,54	1500	X	
DTJ1	173,54	105,78	95,87	125,06	301,54	1500	X	
DTJ2	93,66	146,65	104,54	114,95	283,43	1500	X	
DLL	88,54	97,34	82,54	89,47	243,76	1500	X	
DLL1	101,43	93,75	119,64	104,94	223,54	1500	X	
DLL2	96,88	89,34	82,42	89,55	233,65	1500	X	
DCA	132,43	163,43	94,65	130,17	215,50	1500	X	
DCA1	123,54	153,23	97,64	124,80	234,30	1500	X	
DCA2	82,54	129,54	113,54	108,54	231,43	1500	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

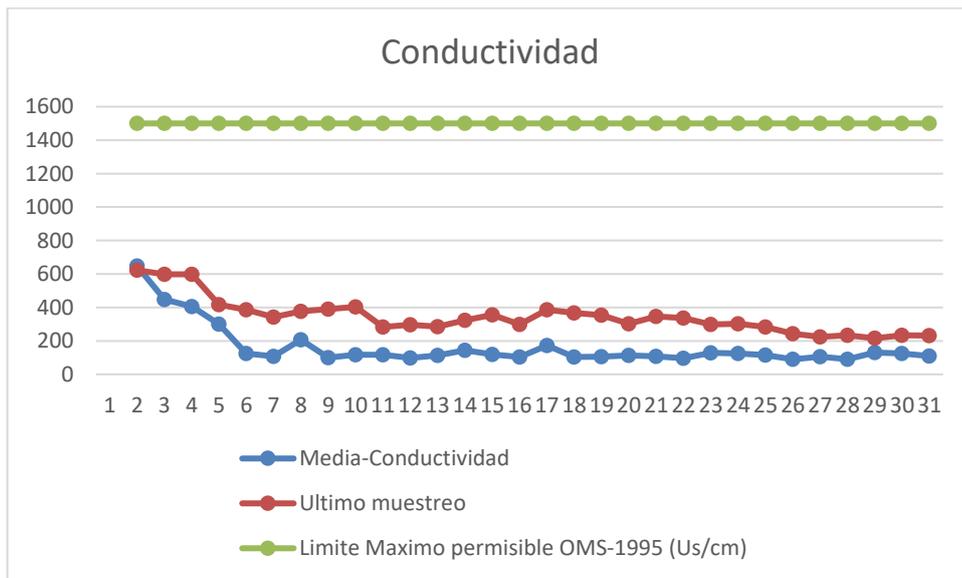


Ilustración 4-2: Dispersión lineal de conductividad

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.1.2.1. Análisis de los resultados obtenidos de conductividad según la normativa OMS-1995

En la tabla 4-2, se observa los valores obtenidos de la conductividad de las muestras tomadas en el periodo junio-julio 2022, en los muestreos realizados se obtuvo como valor máximo 647,66 mg/L en las fuentes y tanques de recepción a su vez se tiene como valor mínimo 89,47 mg/L en un domicilio alejado de la planta de potabilización, lo mismo sucede en los resultados obtenidos en el último muestreo realizado en febrero 2023 donde se obtiene un valor máximo 622 mg/L y un mínimo de 215 mg/L aunque difieren los resultados de los dos muestreos se mantienen por debajo del límite permisible en la normativa. Se debe tener en cuenta que la conductividad es un indicador que identifica el grado de mineralización que tiene el agua, se puede apreciar que los datos obtenidos están por debajo del límite permisible en la norma y demuestra que no posee altas cantidades de iones disueltos en el agua. Se puede evidenciar que las muestras de agua cruda y previas al tratamiento poseen un valor diferente a las muestras después del tratamiento y al llegar a los distintos domicilios en los diferentes sectores ya que su cantidad de iones va disminuyendo.

Estos valores tienen similitud con la investigación realizada por Velastegui, J. (2018) enfocada en el control del agua de consumo en Llanganates-Sangay, donde menciona que si los valores son menores a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la calidad del agua es excelente para consumo y si se encuentra en el rango de 250-700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el agua es buena ya que podría influir el cambio de clima en la red de recepción y distribución. Entonces los habitantes de la parroquia poseen agua cruda en estado bueno y consumen agua de calidad excelente con respecto a conductividad.

4.1.3. Análisis de sólidos totales disueltos según las muestras analizadas

Tabla 4-3: Resultados de Sólidos Totales Disueltos en las muestras

Sólidos Totales Disueltos (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-STD (mg/L)	Ultimo muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2006	NTE INEN 1108:2006	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	368,35	427,65	408,34	401,45	379,60	1000	X	
TDR	357,78	439,54	402,43	399,92	345,30	1000	X	
TAT	396,34	406,76	386,76	396,62	336,45	1000	X	
TDC	366,94	286,45	336,65	330,01	208,30	1000	X	
TDM	145,76	93,65	203,34	147,58	234,20	1000	X	
TDB	164,54	103,43	143,46	137,14	251,60	1000	X	

DSB	97,57	123,54	183,33	134,81	180,53	1000	X	
DSB1	101,87	103,54	95,65	100,35	172,43	1000	X	
DSB2	117,54	92,54	96,65	102,24	173,54	1000	X	
DBE	91,38	113,43	145,65	116,82	195,20	1000	X	
DBE1	265,43	196,75	322,54	261,57	166,32	1000	X	
DBE2	314,65	265,87	287,54	289,35	145,54	1000	X	
DMI	189,43	110,59	267,54	189,19	195,87	1000	X	
DMI1	209,54	178,51	297,88	228,64	167,43	1000	X	
DMI2	126,54	156,43	308,43	197,13	171,32	1000	X	
DLU	186,66	111,54	254,99	184,40	136,65	1000	X	
DLU1	243,54	184,77	267,87	232,06	149,21	1000	X	
DLU2	221,54	169,43	188,51	193,16	155,65	1000	X	
DCE	356,54	338,79	395,54	363,62	189,45	1000	X	
DCE1	331,93	294,65	325,61	317,40	175,65	1000	X	
DCE2	342,54	314,65	265,21	307,47	155,43	1000	X	
DTJ	142,31	183,53	223,45	183,10	132,54	1000	X	
DTJ1	176,87	128,48	203,65	169,67	145,10	1000	X	
DTJ2	127,97	96,54	182,83	135,78	140,00	1000	X	
DLL	103,65	163,54	231,54	166,24	163,65	1000	X	
DLL1	98,69	225,87	165,42	163,33	143,43	1000	X	
DLL2	94,82	223,65	162,54	160,34	148,75	1000	X	
DCA	133,43	187,92	123,54	148,30	165,87	1000	X	
DCA1	126,89	147,82	186,98	153,90	142,43	1000	X	
DCA2	104,67	98,11	243,66	148,81	144,60	1000	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

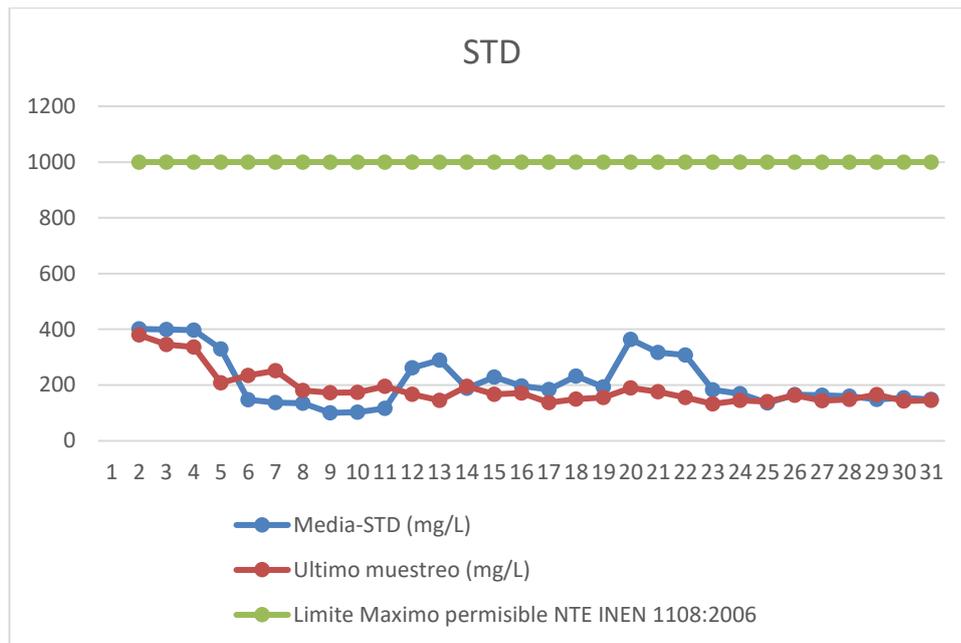


Ilustración 4-3: Dispersión lineal de STD

Realizado por: Veloz, R., 2023

4.1.3.1. Análisis de los resultados obtenidos de STD según la NTE INEN 1108:2006

En la tabla 4-3, se observa que los valores de STD en las muestras están por debajo de los 1000 mg/L ya que este valor es el máximo permitido en la normativa, la fuente es donde existe mayor cantidad de STD ya que se obtuvo 401,45 mg/L el mismo que viene siendo el valor máximo de todas las muestras y se tiene 100,35 mg/L como valor mínimo en un domicilio de la parroquia, en resultados obtenidos en el último muestreo en febrero de 2023 los valores se mantuvieron por debajo del rango permitido dando como valor máximo 379,60 mg/L y como mínimo 132,54 mg/L. Los valores bajos demuestran que no existe ningún tipo de alteración a lo largo de toda la red de distribución hasta su punto final en cada domicilio ya sea por metales, minerales y sales. La presencia de sólidos totales disueltos está relacionada con la existencia de compuestos de carbonatos, sulfatos, cloruros, magnesio y calcio, a su vez estos producen incrustaciones y corrosión en las tuberías de distribución del agua.

Los datos obtenidos concuerdan con la investigación realizada por la UTE, (2020) acerca de la influencia de los STD en el agua potable de Quito, donde menciona que si los STD son menores a 400 mg/L el agua de consumo es apta para el consumo humano y esta no puede provocar ningún tipo de alteración en la salud, es decir el agua de la parroquia Benítez con respecto al parámetro de STD es aceptable.

4.1.4. Análisis de turbiedad según las muestras analizadas

Tabla 4-4: Resultados de turbiedad en las muestras

Turbiedad NTU								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Turbiedad NTU	Ultimo muestreo (NTU)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	0,66	0,83	0,41	0,63	0,51	5	X	
TDR	0,67	0,82	0,42	0,64	0,32	5	X	
TAT	0,66	0,81	0,41	0,63	0,31	5	X	
TDC	0,34	0,45	0,32	0,37	0,20	5	X	
TDM	0,37	0,42	0,38	0,39	0,25	5	X	
TDB	0,21	0,35	0,27	0,28	0,25	5	X	
DSB	0,18	0,37	0,35	0,30	0,20	5	X	
DSB1	0,18	0,33	0,32	0,28	0,20	5	X	
DSB2	0,23	0,36	0,25	0,28	0,20	5	X	
DBE	0,27	0,25	0,19	0,24	0,22	5	X	
DBE1	0,21	0,25	0,21	0,22	0,22	5	X	
DBE2	0,23	0,27	0,16	0,22	0,21	5	X	
DMI	0,17	0,28	0,32	0,26	0,20	5	X	
DMI1	0,19	0,27	0,28	0,25	0,21	5	X	
DMI2	0,18	0,28	0,3	0,25	0,21	5	X	
DLU	0,22	0,33	0,34	0,30	0,20	5	X	
DLU1	0,24	0,27	0,31	0,27	0,20	5	X	
DLU2	0,28	0,31	0,35	0,31	0,20	5	X	
DCE	0,39	0,39	0,43	0,40	0,18	5	X	
DCE1	0,33	0,44	0,41	0,39	0,19	5	X	
DCE2	0,33	0,49	0,47	0,43	0,20	5	X	
DTJ	0,19	0,23	0,31	0,24	0,22	5	X	
DTJ1	0,21	0,23	0,28	0,24	0,20	5	X	
DTJ2	0,18	0,25	0,29	0,24	0,20	5	X	
DLL	0,28	0,21	0,26	0,25	0,21	5	X	
DLL1	0,26	0,21	0,24	0,24	0,19	5	X	
DLL2	0,23	0,18	0,26	0,22	0,20	5	X	
DCA	0,24	0,25	0,29	0,26	0,20	5	X	
DCA1	0,27	0,26	0,21	0,25	0,21	5	X	

DCA2	0,24	0,26	0,22	0,24	0,20	5	X
------	------	------	------	------	------	---	---

Realizado por: Veloz, R., 2023.

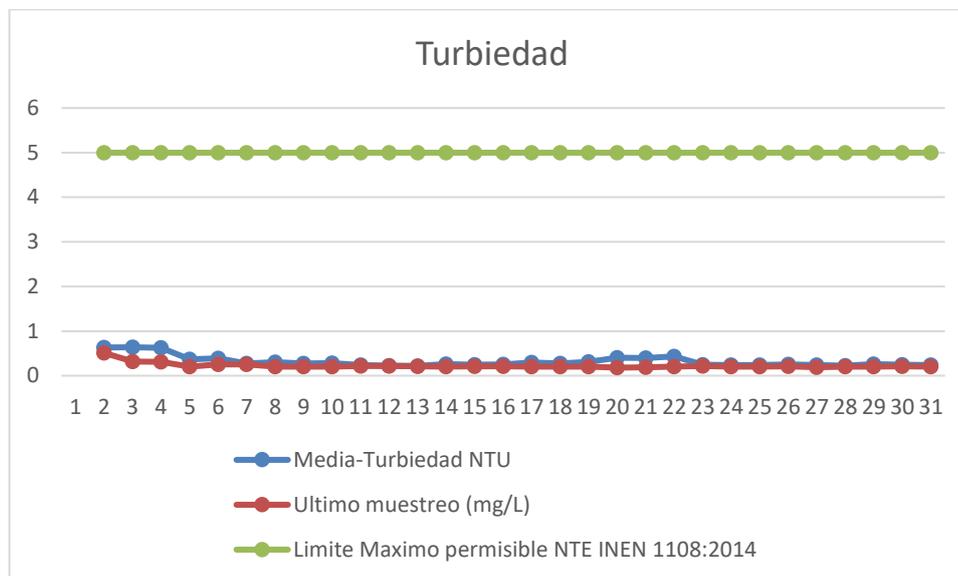


Ilustración 4-4: Dispersión lineal de turbiedad

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.1.4.1. Análisis de los resultados obtenidos de turbiedad según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-4, se observa que los valores de turbiedad en las muestras donde se puede constatar que están muy por debajo de los 5 mg/L ya que este valor es el máximo permitido en la normativa, las muestras se mantienen en el rango de 0,24-0,66 mg/L teniendo un máximo y un mínimo estable y constante desde que termina el proceso de potabilización hasta llegar a los diferentes domicilios de los habitantes. Según un estudio realizado por Baque. R. (2016) en un cantón de Quevedo menciona que existe una estrecha relación entre la turbidez elevada y enfermedades gastrointestinales, en su evaluación el valor más alto fue de 0,66 NTU lo que demuestra que con respecto a la presencia de turbiedad en el agua el resultado es altamente beneficioso.

Al realizar una comparación de datos entre la presente investigación y la realizada por Cuaspu, E. (2017) sobre la evaluación de calidad del agua del río Guáchala del cantón Cayambe, no concuerdan ya que sus datos superan los 30 NTU por la ausencia de una etapa de clarificación y desinfección en el proceso de potabilización y eso puede provocar que el agua sea susceptible para la proliferación de microorganismos.

4.2. Análisis químico del agua

4.2.1. Análisis de nitratos según las muestras analizadas

Tabla 4-5: Resultados de nitratos en las muestras

Nitratos (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Nitratos (mg/L)	Ultimo muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	7,7	8,1	7,8	7,87	6,60	50	X	
TDR	7,7	8,1	7,8	7,87	6,20	50	X	
TAT	7,7	8,1	7,8	7,87	6,20	50	X	
TDC	4,3	5,7	4,6	4,87	5,30	50	X	
TDM	4,3	5,7	4,7	4,90	4,92	50	X	
TDB	4,4	5,7	4,6	4,90	5,23	50	X	
DSB	4,4	5,5	4,6	4,83	4,90	50	X	
DSB1	4,5	5,5	4,6	4,87	4,85	50	X	
DSB2	4,4	5,4	4,6	4,80	4,66	50	X	
DBE	4,4	5,7	4,5	4,87	5,10	50	X	
DBE1	4,4	5,6	4,6	4,87	4,95	50	X	
DBE2	4,5	5,6	4,5	4,87	4,98	50	X	
DMI	4,5	5,4	4,5	4,80	4,81	50	X	
DMI1	4,4	5,4	4,5	4,77	4,80	50	X	
DMI2	4,5	5,4	4,5	4,80	4,80	50	X	
DLU	4,5	5,6	4,6	4,90	4,60	50	X	
DLU1	4,5	5,5	4,5	4,83	4,55	50	X	
DLU2	4,4	5,5	4,5	4,80	4,50	50	X	
DCE	4,4	5,6	4,6	4,87	5,10	50	X	
DCE1	4,5	5,7	4,7	4,97	4,90	50	X	
DCE2	4,5	5,7	4,7	4,97	4,91	50	X	
DTJ	4,5	5,5	4,5	4,83	4,80	50	X	
DTJ1	4,5	5,5	4,6	4,87	4,77	50	X	
DTJ2	4,5	5,4	4,6	4,83	4,70	50	X	
DLL	4,5	5,5	4,6	4,87	4,55	50	X	
DLL1	4,5	5,4	4,6	4,83	4,63	50	X	
DLL2	4,5	5,5	4,6	4,87	4,39	50	X	

DCA	4,5	5,4	4,5	4,80	4,88	50	X	
DCA1	4,4	5,5	4,6	4,83	4,66	50	X	
DCA2	4,5	5,4	4,5	4,80	4,47	50	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

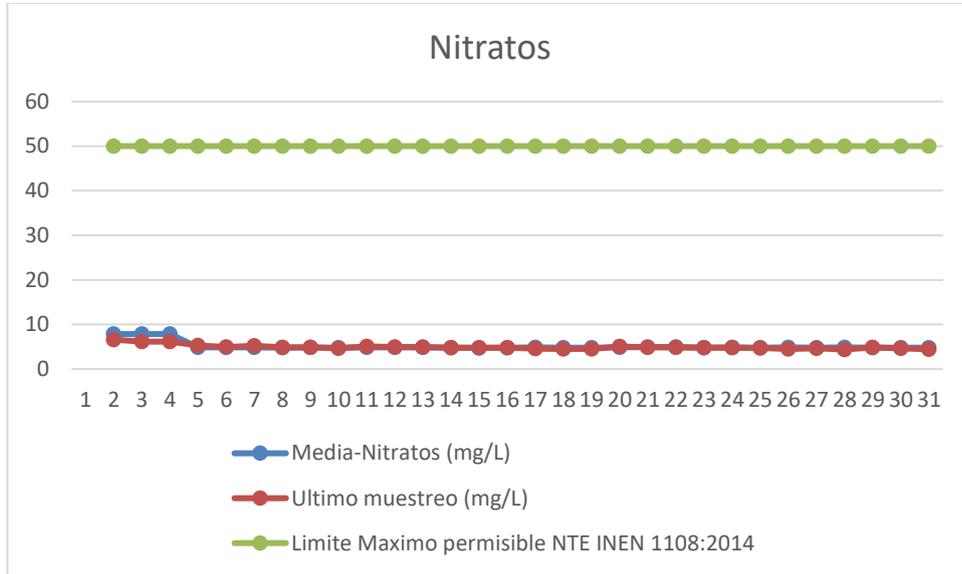


Ilustración 4-5: Dispersión lineal de nitratos

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.2.1.1. Análisis de los resultados obtenidos de nitratos según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-5, se observa que los valores de nitratos en las muestras donde se puede evidenciar que cumplen con la norma vigente en un 100% con respecto a este parámetro ya que se encuentran muy por debajo de los 50 mg/L que es el máximo permitido en la NTE INEN 1108:2014, las muestras tomadas en los diferentes periodos de la fuente y en el tanque de recepción son las únicas con mayor concentración de nitratos entre 6,60 a 7,87 mg/L el resto de muestras tomadas de los diferentes tanques de almacenamiento, distribución y de los domicilios se encuentran en entre 4,3- 5,7 mg/L. Con estos resultados, se tiene una opinión con respecto a la calidad del agua proveniente de la fuente ya que indica mínima influencia de factores externos como la lluvia que ayuda en la filtración de pesticidas por el uso excesivo en actividades agrícolas ya que los nitratos se obtienen como subproducto del ciclo del nitrógeno.

Los valores obtenidos son similares con el estudio realizado por Espinoza, V. (2013) en el caserío el Rosal perteneciente al cantón Mocha sobre el control físico, químico y microbiológico en la planta de potabilización de agua donde obtuvo valores mínimos de 4 mg/L y máximos de 12 mg/L los cuales están por debajo del límite permisible y poseen similitud con la presente investigación

y a su vez se asume que estas zonas son tierras agrícolas y el peligro de una contaminación por nitratos es muy baja.

4.2.2. Análisis de nitritos según las muestras analizadas

Tabla 4-6: Resultados de nitritos en las muestras

Nitritos (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Nitritos (mg/L)	Ultimo muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	0,001	0,021	0,001	0,01	0,010	3	X	
TDR	0,001	0,021	0,001	0,01	0,010	3	X	
TAT	0,001	0,021	0,001	0,01	0,010	3	X	
TDC	0,001	0,015	0,001	0,01	0,001	3	X	
TDM	0,001	0,015	0,001	0,01	0,001	3	X	
TDB	0,001	0,015	0,001	0,01	0,001	3	X	
DSB	0,018	0,029	0,011	0,02	0,002	3	X	
DSB1	0,018	0,029	0,013	0,02	0,001	3	X	
DSB2	0,019	0,029	0,013	0,02	0,001	3	X	
DBE	0,012	0,01	0,02	0,01	0,004	3	X	
DBE1	0,013	0,01	0,02	0,01	0,004	3	X	
DBE2	0,013	0,011	0,02	0,01	0,004	3	X	
DMI	0,012	0,019	0,017	0,02	0,001	3	X	
DMI1	0,012	0,019	0,017	0,02	0,001	3	X	
DMI2	0,011	0,02	0,018	0,02	0,001	3	X	
DLU	0,019	0,022	0,02	0,02	0,005	3	X	
DLU1	0,019	0,022	0,02	0,02	0,005	3	X	
DLU2	0,019	0,02	0,019	0,02	0,005	3	X	
DCE	0,001	0,02	0,001	0,01	0,001	3	X	
DCE1	0,001	0,02	0,001	0,01	0,001	3	X	
DCE2	0,001	0,02	0,001	0,01	0,001	3	X	
DTJ	0,01	0,019	0,011	0,01	0,001	3	X	
DTJ1	0,012	0,019	0,012	0,01	0,001	3	X	
DTJ2	0,012	0,019	0,12	0,05	0,001	3	X	
DLL	0,016	0,018	0,011	0,02	0,002	3	X	
DLL1	0,016	0,018	0,01	0,01	0,002	3	X	

DLL2	0,017	0,019	0,011	0,02	0,002	3	X	
DCA	0,011	0,02	0,017	0,02	0,001	3	X	
DCA1	0,011	0,019	0,017	0,02	0,001	3	X	
DCA2	0,011	0,02	0,018	0,02	0,001	3	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

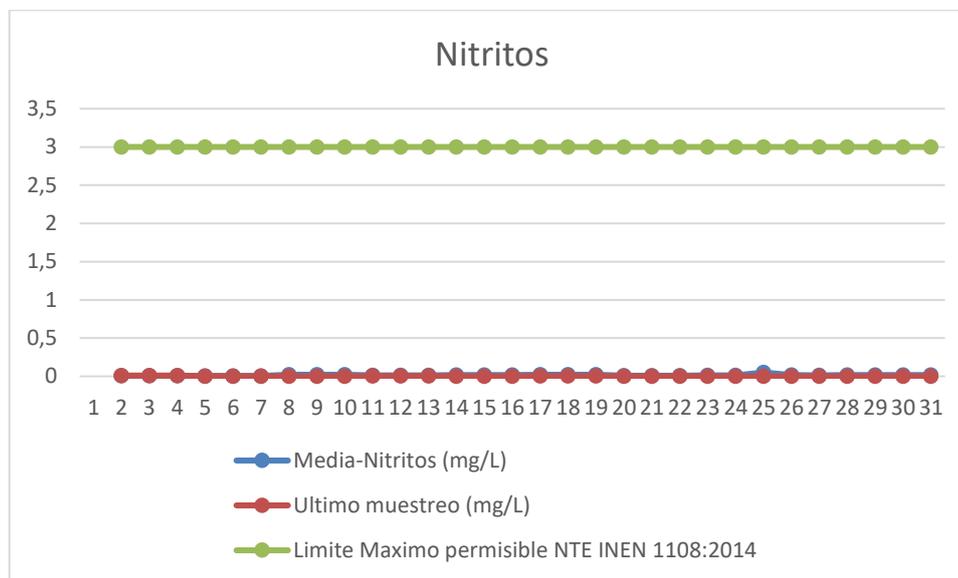


Ilustración 4-6: Dispersión lineal de nitritos

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.2.2.1. Análisis de los resultados obtenidos de nitritos según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-6, se observa que los valores obtenidos de nitritos se encuentran muy por debajo del límite permisible en la normativa que es 3 mg/L y en los valores obtenidos de los diferentes muestreos se obtuvo un rango de 0,1 a 0,2 mg/L como máximo, mismos valores permiten tener una idea de la calidad de agua con respecto a este parámetro descartando cualquier tipo de contaminación por nitrógeno en especial por nitritos. Al realizar una comparación con un estudio realizada por Viteri, D. (2018) en la parroquia Bolívar del cantón Pelileo sobre la calidad del agua potable de consumo donde obtiene valores de 0,001 mg/L hasta 0,05 mg/L los cuales son similares a los obtenidos en la presente investigación ya que como menor valor se obtuvo 0,001 mg/L y como máximo 0,05 mg/L, y se asume que el agua está libre de la presencia de sustancias químicas utilizadas en la agricultura y de contaminación por el ciclo del nitrógeno.

4.2.3. Análisis de amonios según las muestras analizadas

Tabla 4-7: Resultados de amonios en las muestras

Amonios (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Amonios (mg/L)	Ultimo muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	1	X	
TDR	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	1	X	
TAT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	1	X	
TDC	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
TDM	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
TDB	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DSB	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DSB1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DSB2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DBE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DBE1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DBE2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DMI	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DMI1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DMI2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DLU	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DLU1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DLU2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DCE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DCE1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DCE2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DTJ	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DTJ1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DTJ2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DLL	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DLL1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DLL2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DCA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DCA1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	
DCA2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

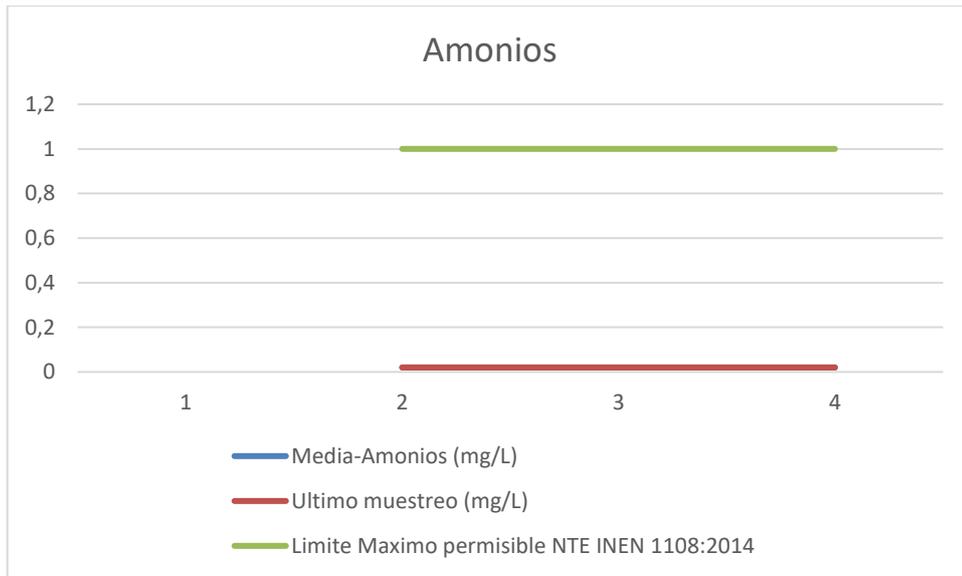


Ilustración 4-7: Dispersión lineal de amonios

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.2.3.1. Análisis de los resultados obtenidos de amonios según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-7, se observa que los valores obtenidos de amonio en el muestreo del periodo junio-julio 2022 y febrero 2023 cumplen en su totalidad con respecto a este parámetro con una concentración por debajo de 1 mg/L según lo estipula la NTE INEN 1108:2014, indicando que la cantidad de amonios es apta para el consumo de los habitantes ya que el mayor valor es de 0,1 mg/L perteneciente a la fuente y tanques de recepción los demás valores fueron < 0,01 mg/L. Al realizar una comparación con una investigación realizada por Landa, S. 2016 en la parroquia Totoras del cantón Ambato se encontró valores similares al presente estudio ya que los dos presentan valores máximos de 0,1 mg/L y valores mínimos de >0,01 mg/L, se asume que el agua es apta para el consumo de los diferentes sectores de la comunidad además se debe tener en cuenta que si existe un incremento drástico de este parámetro es un indicador de la presencia de contaminación microbiana.

4.2.4. Análisis de cloruros según las muestras analizadas

Tabla 4-8: Resultados de cloruros en las muestras

Cloruros (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Cloruros (mg/L)	Ultimo muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	4,25	4,33	4,26	4,28	24,10	250	X	
TDR	4,22	4,27	4,22	4,24	24,00	250	X	
TAT	4,21	4,27	4,21	4,23	24,00	250	X	
TDC	2,83	2,9	2,79	2,84	15,45	250	X	
TDM	2,85	2,96	2,8	2,87	11,50	250	X	
TDB	2,85	2,94	2,78	2,86	13,10	250	X	
DSB	2,45	2,39	2,42	2,42	9,29	250	X	
DSB1	2,43	2,35	2,34	2,37	10,10	250	X	
DSB2	2,43	2,36	2,34	2,38	12,54	250	X	
DBE	2,76	2,89	2,66	2,77	8,55	250	X	
DBE1	2,74	2,89	2,61	2,75	8,20	250	X	
DBE2	2,71	2,86	2,59	2,72	10,10	250	X	
DMI	2,52	2,43	2,68	2,54	8,45	250	X	
DMI1	2,48	2,41	2,63	2,51	9,20	250	X	
DMI2	2,47	2,34	2,63	2,48	9,16	250	X	
DLU	2,64	2,69	2,68	2,67	11,30	250	X	
DLU1	2,61	2,67	2,61	2,63	10,90	250	X	
DLU2	2,59	2,63	2,6	2,61	10,90	250	X	
DCE	2,81	2,89	2,78	2,83	13,20	250	X	
DCE1	2,79	2,86	2,76	2,80	11,20	250	X	
DCE2	2,77	2,84	2,76	2,79	11,60	250	X	
DTJ	2,56	2,61	2,59	2,59	8,30	250	X	
DTJ1	2,53	2,57	2,57	2,56	9,60	250	X	
DTJ2	2,54	2,58	2,55	2,56	9,30	250	X	
DLL	2,55	2,6	2,51	2,55	10,10	250	X	
DLL1	2,53	2,58	2,49	2,53	10,40	250	X	
DLL2	2,54	2,57	2,5	2,54	10,10	250	X	
DCA	2,65	2,67	2,71	2,68	9,20	250	X	
DCA1	2,62	2,63	2,63	2,63	9,50	250	X	
DCA2	2,6	2,63	2,58	2,60	9,30	250	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

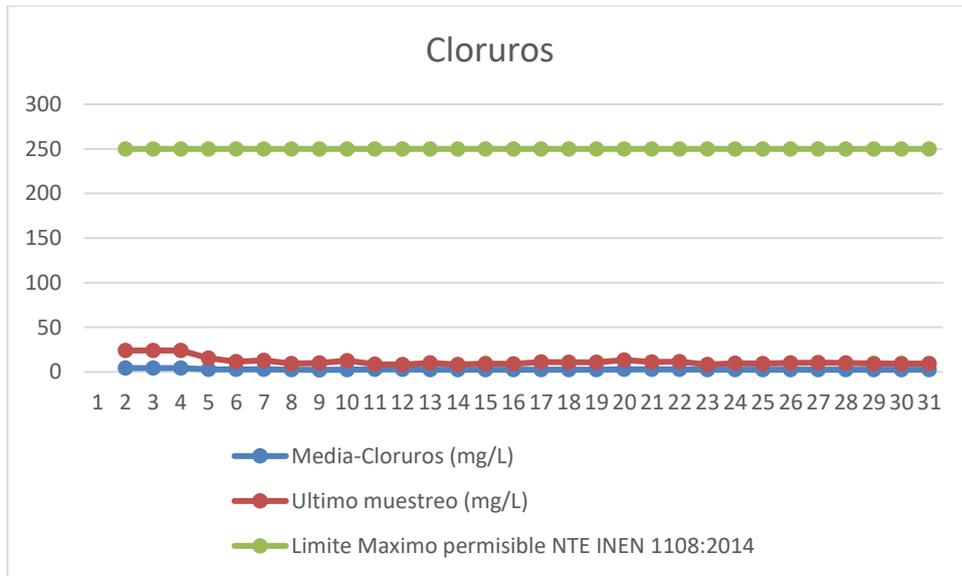


Ilustración 4-8: Dispersión lineal de cloruros

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.2.4.1. Análisis de los resultados obtenidos de cloruros según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-8, se observa que los valores de la concentración de cloruros en los muestreos de los periodos junio-julio 2022, febrero 2023 cumplen en su totalidad la normativa ya que el límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014 es de 250 mg/L, en la presente investigación se obtuvieron valores máximos en el último muestreo diferenciándose del primero, pero sin superar el límite máximo, teniendo como máximo 24,10 mg/L y un valor mínimo de 8,30 mg/L. Al realizar una comparación con un estudio realizado por Espinoza, V. (2013) en la parroquia el Rosal del cantón Mocha sobre el control de una físico-químico de la planta de potabilización de agua se encontró que los valores de las dos investigaciones son similares ya sus valores se encuentran en el rango de 2-5 mg/L, por lo cual se asume que el agua es apta para el consumo con respecto a cloruros. Se debe tener en cuenta que, si existen altas concentraciones de este compuesto, esto puede causar sabor desagradable en el agua.

4.2.5. Análisis de flúor según las muestras analizadas

Tabla 4-9: Resultados de flúor según las muestras

Flúor (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Flúor (mg/L)	Último muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	2,36	2,41	2,38	2,38	2,41	1,5		X
TDR	2,36	2,41	2,38	2,38	2,40	1,5		X
TAT	2,36	2,41	2,38	2,38	2,40	1,5		X
TDC	1,43	1,48	1,45	1,45	1,35	1,5	X	
TDM	1,43	1,48	1,45	1,45	1,40	1,5	X	
TDB	1,43	1,48	1,45	1,45	1,68	1,5		X
DSB	1,42	1,47	1,44	1,44	1,25	1,5	X	
DSB1	1,42	1,47	1,44	1,44	1,26	1,5	X	
DSB2	1,42	1,47	1,44	1,44	1,28	1,5	X	
DBE	1,43	1,48	1,45	1,45	1,45	1,5	X	
DBE1	1,43	1,48	1,45	1,45	1,39	1,5	X	
DBE2	1,43	1,48	1,45	1,45	1,45	1,5	X	
DMI	1,42	1,48	1,44	1,45	1,25	1,5	X	
DMI1	1,42	1,47	1,44	1,44	1,29	1,5	X	
DMI2	1,42	1,47	1,44	1,44	1,27	1,5	X	
DLU	1,43	1,48	1,45	1,45	1,32	1,5	X	
DLU1	1,43	1,48	1,45	1,45	1,35	1,5	X	
DLU2	1,43	1,48	1,45	1,45	1,28	1,5	X	
DCE	1,43	1,48	1,45	1,45	1,46	1,5	X	
DCE1	1,43	1,48	1,45	1,45	1,50	1,5	X	
DCE2	1,43	1,48	1,45	1,45	1,45	1,5	X	
DTJ	1,43	1,48	1,45	1,45	1,43	1,5	X	
DTJ1	1,43	1,48	1,45	1,45	1,38	1,5	X	
DTJ2	1,43	1,48	1,45	1,45	1,39	1,5	X	
DLL	1,43	1,48	1,45	1,45	1,45	1,5	X	
DLL1	1,43	1,48	1,45	1,45	1,39	1,5	X	
DLL2	1,43	1,48	1,45	1,45	1,38	1,5	X	
DCA	1,43	1,48	1,45	1,45	1,39	1,5	X	
DCA1	1,43	1,48	1,45	1,45	1,29	1,5	X	
DCA2	1,43	1,48	1,45	1,45	1,28	1,5	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023

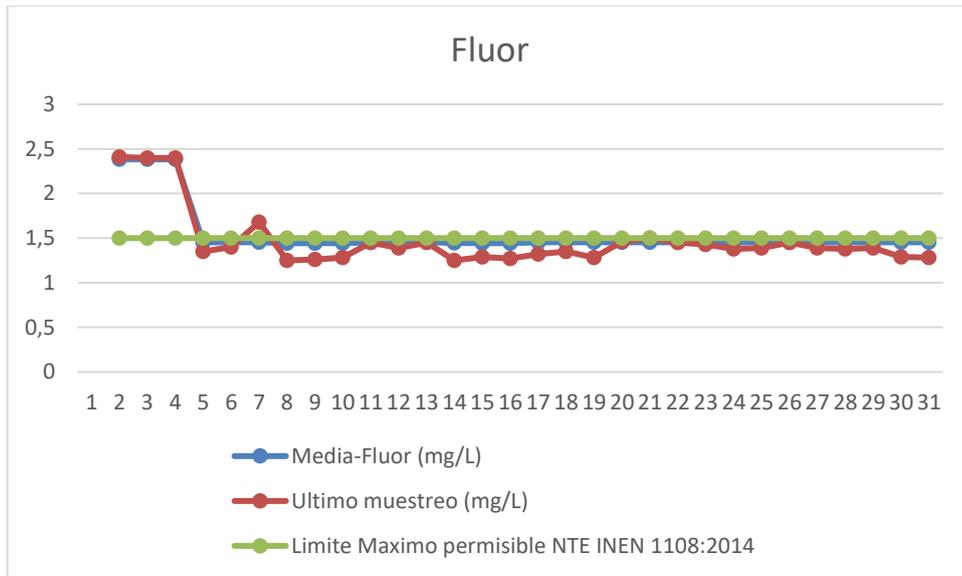


Ilustración 4-9: Dispersión lineal de flúor

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.2.5.1. Análisis de los resultados obtenidos de flúor según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-9, se observa los valores de la concentración de flúor presente en las muestras de agua del periodo junio-julio 2022, se evidencia los datos de la fuente, tanques de recepción exceden el 1,5 mg/L mismo que es el límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014, estos puntos llegaron a tener un valor medio de 2,38 mg/L. En el muestreo del periodo febrero 2023 de igual forma los valores de la fuente, tanques de recepción y un tanque de distribución de Bellavista incumplen lo estipulado en la normativa, en el resto de puntos de muestreo en los diferentes tanques después del tratamiento de potabilización, domicilios de los diferentes sectores se observó que no superan el límite máximo pero la concentración de flúor es elevada manteniéndose en todos los muestreos realizados en el rango de 1,2-1,5 mg/l, esto demuestra que aunque la concentración de flúor en el agua es apta para el consumo humano, en la fuente debe existir grandes concentraciones de este elemento de forma natural en la corteza terrestre a causa de infiltraciones por medio de rocas y el suelo.

Al realizar una comparación con una investigación realizado por Viteri, D. (2018) en la parroquia Bolívar en el cantón Pelileo sobre la evaluación físico-química del agua de consumo, los datos no coinciden con la presente investigación ya que los valores obtenidos en la parroquia Bolívar son bajos el valor minino se obtuvo en los domicilios y fue de 0,09 mg/L mientras como máximo fue de las fuentes con 0,7 mg/L estos resultados son beneficios ya que al consumir el agua están previniendo caries dentales a diferencia de la parroquia Benítez su consumo con esas concentraciones de flúor puede provocar fluorosis y deterioro dental en los habitantes.

4.2.6. Análisis de fosfatos según las muestras analizadas

Tabla 4-10: Resultados de fosfatos según las muestras analizadas

Fosfatos (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Fosfatos (mg/L)	Ultimo muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2014	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	1,15	1,07	1,01	1,08	0,91	0,3		X
TDR	1,11	1,07	1,01	1,06	0,88	0,3		X
TAT	1,11	1,07	1,01	1,06	0,88	0,3		X
TDC	0,41	0,36	0,4	0,39	0,30	0,3	X	
TDM	0,39	0,36	0,4	0,38	0,28	0,3	X	
TDB	0,4	0,37	0,38	0,38	0,31	0,3	X	
DSB	0,38	0,38	0,38	0,38	0,29	0,3	X	
DSB1	0,37	0,39	0,38	0,38	0,28	0,3	X	
DSB2	0,38	0,4	0,39	0,39	0,29	0,3	X	
DBE	0,4	0,37	0,37	0,38	0,24	0,3	X	
DBE1	0,39	0,38	0,37	0,38	0,24	0,3	X	
DBE2	0,39	0,38	0,38	0,38	0,29	0,3	X	
DMI	0,4	0,38	0,37	0,38	0,30	0,3	X	
DMI1	0,38	0,38	0,37	0,38	0,28	0,3	X	
DMI2	0,37	0,37	0,37	0,37	0,28	0,3	X	
DLU	0,37	0,38	0,37	0,37	0,22	0,3	X	
DLU1	0,37	0,38	0,37	0,37	0,26	0,3	X	
DLU2	0,37	0,38	0,37	0,37	0,27	0,3	X	
DCE	0,4	0,36	0,38	0,38	0,31	0,3	X	
DCE1	0,39	0,36	0,37	0,37	0,30	0,3	X	
DCE2	0,39	0,36	0,38	0,38	0,30	0,3	X	
DTJ	0,37	0,37	0,39	0,38	0,22	0,3	X	
DTJ1	0,36	0,37	0,38	0,37	0,19	0,3	X	
DTJ2	0,36	0,37	0,39	0,37	0,25	0,3	X	
DLL	0,37	0,38	0,38	0,38	0,26	0,3	X	
DLL1	0,37	0,37	0,38	0,37	0,23	0,3	X	
DLL2	0,38	0,38	0,37	0,38	0,17	0,3	X	

DCA	0,38	0,38	0,37	0,38	0,24	0,3	X	
DCA1	0,37	0,37	0,38	0,37	0,20	0,3	X	
DCA2	0,38	0,37	0,38	0,38	0,28	0,3	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

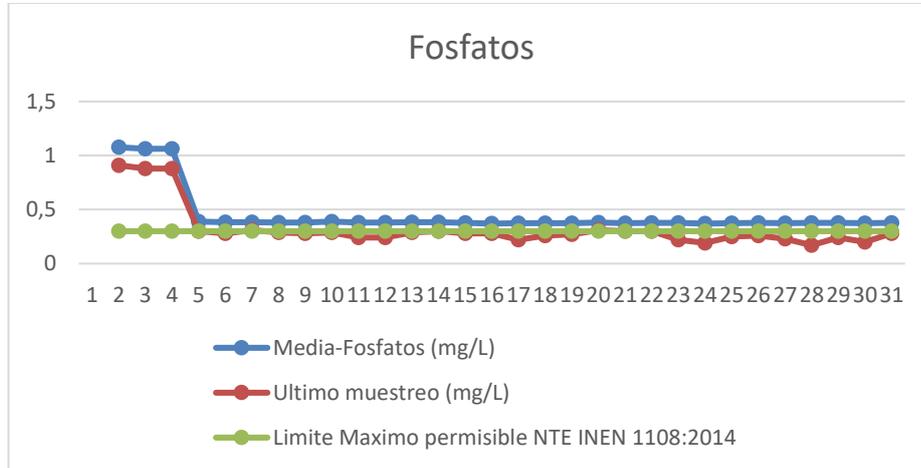


Ilustración 4-10: Dispersión lineal de fosfatos

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.2.6.1. Análisis de resultados obtenidos de fosfatos según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-10, se observa los valores de la concentración de fosfatos del muestreo en los periodos junio-julio 2022 y febrero 2023, las muestras de la fuente, tanques de recepción poseen valores de 0,91-1,08 mg/L mismos que exceden los 0,3 mg/L que es el límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014, esto puede ser que en la fuente existe gran producción de algas como sedimentos. En el resto de puntos de muestreo los resultados se mantienen en los 0,3 mg/L, pero se debe tener cuidado que superen ese valor ya que si existen altas concentraciones de fosfatos puede ser debido a la presencia de agroquímicos, excreciones de seres vivos en el agua ya sea por rupturas e infiltraciones en la tubería de distribución de la planta de tratamiento.

Al realizar una comparación con un estudio realizado por Escobar, E. (2016) en la parroquia Quinchibana en el cantón Pelileo sobre la evaluación físico-química del agua de consumo, los resultados obtenidos fueron de 0,2-0,3 mg/L mismos que poseen una similitud con los valores de la presente investigación se mantuvieron en los 0,3 mg/L manteniéndose dentro del límite permisible en la normativa, se asume que el agua está libre de contaminación y es apta para el consumo humano.

4.2.7. Análisis de dureza según las muestras analizadas

Tabla 4-11: Resultados de dureza según las muestras analizadas

Dureza (mg/L)								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Dureza (mg/L)	Ultimo muestreo (mg/L)	Límite máximo permisible NTE INEN 1108:2006	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	195	221	201	205,67	232,00	300	X	
TDR	191	213	188	197,33	225,00	300	X	
TAT	191	213	188	197,33	225,00	300	X	
TDC	188	201	175	188,00	192,00	300	X	
TDM	185	194	170	183,00	185,00	300	X	
TDB	185	193	171	183,00	195,00	300	X	
DSB	122	132	102	118,67	176,00	300	X	
DSB1	115	127	100	114,00	173,00	300	X	
DSB2	113	120	95	109,33	175,00	300	X	
DBE	165	175	154	164,67	152,00	300	X	
DBE1	157	163	145	155,00	152,00	300	X	
DBE2	152	161	166	159,67	155,00	300	X	
DMI	135	153	129	139,00	166,00	300	X	
DMI1	137	141	129	135,67	174,00	300	X	
DMI2	126	145	132	134,33	167,00	300	X	
DLU	155	149	169	157,67	144,00	300	X	
DLU1	157	149	155	153,67	148,00	300	X	
DLU2	146	155	161	154,00	143,00	300	X	
DCE	174	180	175	176,33	153,00	300	X	
DCE1	172	176	166	171,33	158,00	300	X	
DCE2	157	176	162	165,00	151,00	300	X	
DTJ	153	142	159	151,33	176,00	300	X	
DTJ1	153	140	158	150,33	166,00	300	X	
DTJ2	149	141	151	147,00	155,00	300	X	
DLL	166	150	159	158,33	143,00	300	X	
DLL1	157	149	150	152,00	139,00	300	X	
DLL2	152	149	146	149,00	142,00	300	X	
DCA	130	120	123	124,33	133,00	300	X	
DCA1	123	110	119	117,33	136,00	300	X	
DCA2	122	104	110	112,00	149,00	300	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

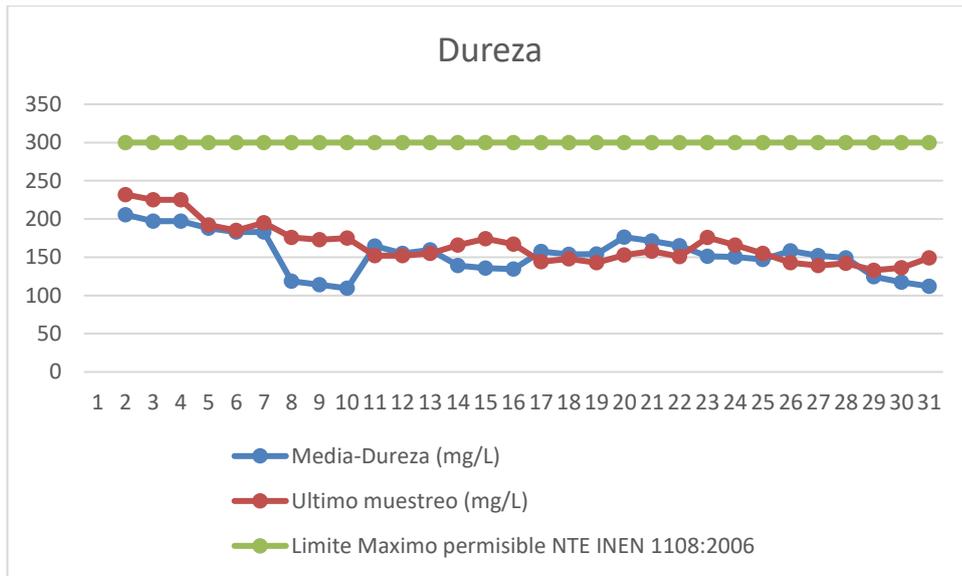


Ilustración 4-11: Dispersión lineal de dureza

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.2.7.1. Análisis de resultados obtenidos de dureza según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-11, se observa los valores de la concentración de dureza del muestreo en los periodos junio-julio 2022 y febrero 2023, todas las muestras no superan los 300 mg/L este valor es el límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014, se obtuvo 232,67 mg/L como valor máximo en el punto de muestreo en la fuente, un valor mínimo de 95 mg/L en un domicilio alejado de la planta de tratamiento, se asume que el agua es apta para el consumo humano con respecto a este parámetro. Al realizar una comparación con un estudio realizado por Caiza, W. (2014) en la parroquia Simiatug en el cantón Guaranda sobre la evaluación de la dureza del agua de consumo humano, se encontró resultados similares ya que tuvieron como valor máximo 215 mg/L y como mínimo 103 mg/L, considerando estos antecedentes se puede asumir que el tipo de agua es dura, pero apta para el consumo humano sin provocar ningún tipo de alteración en la salud.

4.3. Análisis microbiológicos del agua

4.3.1. Análisis de coliformes totales según las muestras analizadas

Tabla 4-12: Resultados de coliformes según las muestras analizadas

Coliformes UFC/ 100 mL								
Lugar de muestreo	Muestreo			Media-Coliformes UFC/100 mL	Ultimo muestreo UFC/100mL	Limite máximo permisible NTE INEN 1108:2014 <1,1**	NTE INEN 1108:2014	
	M1	M2	M3				Si cumple	No cumple
VJ1	0,22	0,25	0,24	0,24	0,31	1,1		X
TDR	0,21	0,25	0,23	0,23	0,28	1,1		X
TAT	0,21	0,25	0,23	0,23	0,28	1,1		X
TDC	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
TDM	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
TDB	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DSB	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DSB1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DSB2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DBE	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DBE1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DBE2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DMI	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DMI1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DMI2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DLU	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DLU1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DLU2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DCE	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DCE1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DCE2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DTJ	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DTJ1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DTJ2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DLL	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DLL1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DLL2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DCA	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DCA1	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	
DCA2	0	0	0	0,00	0,00	1,1	X	

Realizado por: Veloz, R., 2023.

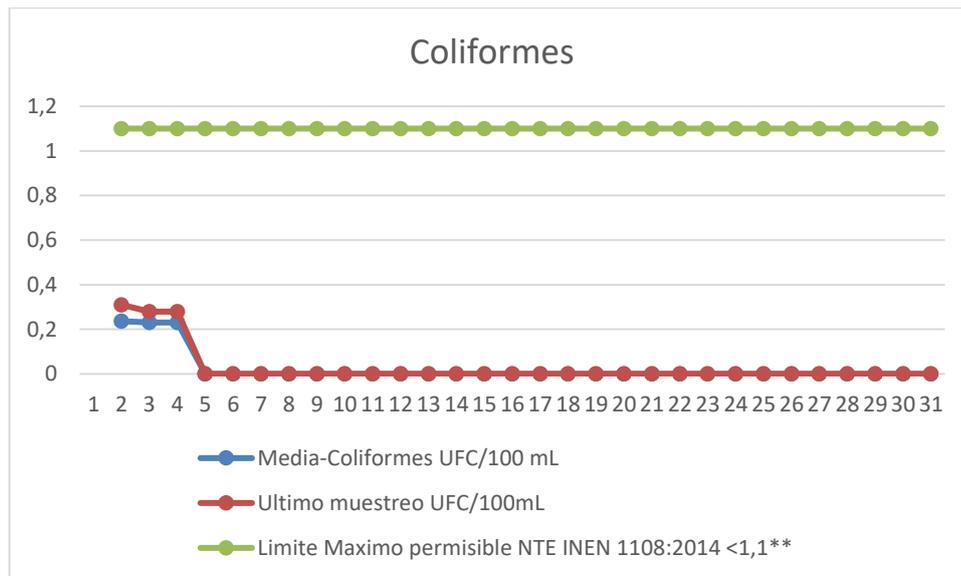


Ilustración 4-12: Dispersión lineal de coliformes

Realizado por: Veloz, R., 2023.

4.3.1.1. Análisis de los resultados microbiológicos según la NTE INEN 1108:2014

En la tabla 4-12, se observa los resultados microbiológicos en el muestreo de los periodos junio-julio 2022 y febrero 2023, se evidenció presencia de coliformes en las muestras tomadas de la fuente, los tanques de recepción debido a que no tienen ningún tratamiento dando valores de 0,21-0,31 UFC/100 mL pero no excedían el 1,1 UFC/100 mL estipulado como límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2014, en el resto de muestras hubo ausencia total para coliformes totales lo que significa que el tratamiento de potabilización es efectivo y se obtiene agua de calidad para el consumo humano de la comunidad. Al realizar una comparación con un estudio realizado por Viteri (2018, p. 1) en la parroquia Bolívar en el cantón Pelileo sobre la evaluación físico, químico del agua de consumo humano, no existen resultados similares ya que en la parroquia Bolívar si hubo la presencia de coliformes en un 71% de sus muestras las cuales superaban el máximo permitido por la normativa y decretando como agua no apta para el consumo humano, la presencia de microorganismos puede ser por la falta de limpieza en los tanques, ausencia de protección en las cámaras de presión y la deficiencia en el tratamiento de potabilización. En cambio, datos de la parroquia Benítez afirman que la población está consumiendo agua de calidad que no afecta la salud de los individuos que la ingieren.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se evaluó la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia Benítez tomando muestras de 30 puntos estratégicos este proceso se lo realizo en dos periodos dando un total de 120 muestras, los diferentes análisis se realizaron siguiendo la metodología NTE INEN 1108:2014. Agua potable. Requisitos, NTE INEN 1108:2006, OMS 1995, métodos HACH, filtración por membrana y normas ISO 690.

Para los análisis físicos se consideró el pH, conductividad, temperatura, turbiedad y solidos totales disueltos, donde se encontraron que todos los parámetros están con valores por debajo de los límites establecidos en la normativa, pero se debe poner atención en el pH ya que sus valores están cercanos al límite máximo permitido y si excede este valor puede alterar el sabor del agua y la salud de los habitantes que la consumen.

Para los parámetros químicos se consideró nitratos, nitritos, amonios, flúor, fosfatos, cloruros y dureza; todos los resultados obtenidos cumplen con los estándares de calidad estipulados en la normativa, pero se debe tener mucha cautela con los valores de flúor y fosfatos, ya que, aunque no sobrepasen el límite máximo están cercanos hacerlo, en el caso del flúor debido a que el agua se consume diariamente la concentración actual en el agua puede provocar fluorosis acompañado de un deterioro dental en niños y adultos. El consumo de fosfato en concentraciones elevadas puede provocar enfermedades respiratorias y problemas sanitarios a la población.

La calidad microbiológica del agua de consumo de la parroquia la parroquia Benítez es de calidad ya que solo se encontraron coliformes en las muestras de la fuente y tanques de recepción debido a que no tenían ningún tratamiento a diferencia de las muestras tomadas después del tratamiento de potabilización donde existió ausencia de coliformes, es decir que el tratamiento que implementa la junta administradora de agua potable de Benítez es aceptable y se concluye que el agua es apta para para el consumo humano ya que cumple todos los estándares estipulados en la normativa.

La calidad del agua potable de la parroquia es buena debido a que se cumple un riguroso control de factores como la limpieza de tanques de almacenamiento, cámaras de presión en cada cambio

de temporada para evitar la acumulación de cualquier tipo de material exterior que pueda afectar la calidad del agua, se lleva un control adecuado de las cantidades de compuestos y el tiempo requerido para el tratamiento de potabilización, además se realiza monitoreos de agua y mantenimiento de la planta anualmente.

5.2. Recomendaciones

Realizar la limpieza constante de la planta de tratamiento de agua para evitar la acumulación de escombros y estos a su vez provoquen accidentes o lesiones a los trabajadores.

Al terminar el proceso de potabilización, el agua se debe almacenar por 12 a 24 horas para que la desinfección con cloro sea efectiva y se garantice la calidad del agua.

Llevar un control de las concentraciones de cloro y los intervalos de tiempo para asegurar que se aplique la dosis correcta de acuerdo a la cantidad de agua que se almacena en los tanques para garantizar la seguridad sanitaria.

Realizar un control de la calidad del agua por lo menos una vez al año para que se garantice el cumplimiento de los parámetros establecidos en la NTE INEN 1108:2014.

Mejorar el proceso de floculación y coagulación con la finalidad de disminuir la concentración de flúor en el agua y no afecte a la población que la consume.

Realizar anualmente monitores de control de calidad en la fuente, tanques de tratamientos, tanques de almacenamiento, red de distribución, domicilios con la finalidad de garantizar la calidad y salud de los consumidores.

Emplear filtros de carbón activado para disminuir el mal sabor a causa del cloro.

GLOSARIO

Aireación: Este proceso consiste en incrementar el O₂ para reducir el CO₂, para remover los compuestos volátiles que alteran las propiedades del agua.

Cloruros: Se presentan en el agua en mínimas cantidades por fuentes naturales, también puede ser por causa de desechos industriales o aguas residuales. Si supera los 250 mg/ml afecta al sistema de distribución y si excede los 600 mg/ml altera el sabor.

Coagulación y floculación: Aquí se forman los flóculos partiendo de material coloidal contaminado, de esta manera se eliminan las sustancias que causan turbiedad y olor.

Conducción: Se trata del transporte del agua dirigido desde la fuente hacia los tanques de tratamiento por medio de una línea de conducción.

Conductividad: Es la propiedad que posee el agua para conducir corriente debido a los iones que se encuentran disueltos.

Dureza: Es la cantidad de minerales presentes en el agua como los carbonatos y bicarbonatos. Este parámetro influye en el sabor del agua además evita que se forme espuma.

Fosfatos: son concentraciones derivadas del fósforo, que pueden ser a causa de fertilizantes, productos de limpieza y excreciones. Además, modifica las características organolépticas del agua.

Línea De Alimentación: Es el tramo de tuberías que ayudan al transporte del agua desde los tanques hacia la red de distribución.

Nitritos: Por lo general aparecen en pequeñas concentraciones en el agua si existe valores elevados puede ser por contaminación de heces y desechos.

Olor y sabor: Se relaciona con la presencia de sustancias contaminantes ya que el agua debería ser inodora e incolora.

pH: Es la cantidad de iones hidronio presentes en el agua, esta medida determina si la sustancia es alcalina, acida o neutral. El valor adecuado para agua potable debe estar en el rango de 6,5 y 8,5.

Red De Distribución: Es el sistema que se encarga de llevar a diario el agua a todos los domicilios, fabricas, industrias, etc.

Regularización: Es el control rutinario del proceso de abastecimiento de agua.

Sedimentación: Las partículas suspendidas en el agua se asientan en el fondo del tanque, donde se forma una capa de lodo la cual es removida constantemente.

Sólidos: Es la cantidad de materia suspendida o disuelta presente en el en el agua.

Tratamiento: Consiste en el conjunto de diversos procesos que aseguran la calidad del agua para el consumo de la humanidad.

Temperatura: Es una propiedad que influye en la descomposición de la materia orgánica, la absorción de oxígeno, la precipitación de partículas y la desinfección.

Turbidez: Es la percepción óptica que se asemeja al grado de transparencia del agua.

BIBLIOGRAFÍA

ARAGONES, N., 2021. “Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de madrid”. *Scielo* [en línea], 2021, 1(2), p.1. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 1212-3232. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v75n5/a03v75n5.pdf>

ATDSR, 2019. “Resúmenes de Salud Pública - Cianuro (Cyanide)”. *Scielo* [en línea] 2019, 1(2), p.1. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 1232-6543. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs8.html#:~:text=La%20EPA%20establece%20normas%20para,%2FL%20%20C3%B3%200.2%20ppm).

AUGE, M., 2017. *Agua fuente de vida. En: ciencias hidrológicas*. Buenos Aires: uba, 2019, pp. 27-28.

BBC, N., 2020. *La peligrosa moda de tomar agua cruda*. [En línea]. Inglaterra: Book, 2019. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42584760#:~:text=En%20su%20lugar%2C%20toman%20%22agua,sin%20tratarse%20qu%20%20admicamente%20ni%20filtrarse>.

BETANCUR, J., 2019. “Calidad de las aguas superficiales de bahía Málaga”. *Scielo* [en línea] 2019, 2(1), p.1. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 5432-1211. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008014.pdf>

BOISCHIO, A., 2017. *OPS, Flúor en el agua de consumo*. [En línea] Ecuador: Andes Books, 2017. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8193:2013-fluor-agua-consumo&Itemid=39798&lang=es

BOLAÑOS, J., 2017. *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación*. [En línea] 2017. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: 10.18845/tm.v30i4.3408.

CABRERA, A., 2017. *Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán*. [En línea]. Ecuador: Santillan Editorial, 2017. p.1. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780214.pdf>

CHULLUNCUY, N., 2021. Tratamiento de agua para consumo. *Redalyc* [En línea] 2021, 12(13), p.12. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 0020-3211. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>

CIRRELLI, A., 2017. “Química Viva, Agua: un recurso esencial”. *Redalyc* [En línea] 2017, 1(2), p.1. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 0101-2012. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

CORONEL, W., 2017. “Un sistema de abastecimiento de agua potable”. *Scielo* [En línea] 2017, 11(2), p.1. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 1021-2111. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>

DÍAZ, S., 2022. *La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento.* Ecuador: Genesis Ediciones, 2022, p.3.

EL PAIS, I., 2020. *América Latina: la región con más agua, la más castigada por la sed.* Ecuador: Libros Green, 2020, p.12..

EMAPA, 2020. *Sistema de Agua Potable.* Ecuador: Emapa, 2020, p.4.

ESTADA, J. & PADILLA, A., 2018. Libro Blanco de Agua. Madrid: Espigal, 2018, pp. 195-210.

FERNADEZ, A., 2012. *El agua: un recurso esencial, Química viva.* [En línea]. Ecuador: Books Andes, 2012. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.

GAD, B., 2016. *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de laparroqui rural benitez pachanlica 2015-2020.* [En línea] Ecuador: Books Andes, 2016. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865015270001_PDOT%20BENITEZ%202105-2020_16-05-2015_18-44-33.pdf

IGRAC, 2020. *Qué es el agua subterránea.* [En línea] Ecuador: Nuevo amanecer, 2020. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <https://www.un-igrac.org/es/es/que-es-agua->

Filtro%20r%C3%A1pido%20de%20arena%20para%20remoci%C3%B3n%20de%20protozoos%20en%20agua.pdf

ROCOA, 2015. *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.*

RODRIGUEZ, O., 2020. *Remoción de cobre de aguas contaminadas empleando ramnolípidos.* [En línea] Ecuador: Lago Yambo, 2020. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000300511

ROMERO, J., 2002. *Calidad del agua.* Tercera ed. Mexico: Alfaomega. p.4.

SILVA, T. & MONCAYO, R., 2018. “Calidad química del agua subterránea y superficial en la cuenca del río Duero”, *Scielo*. [En línea] 2018, 3(5), p.6. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 1011-2211. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000500009

SOLIS, Y., 2018. “La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes”. *Scielo* [En línea], 2018, 3(2), p.5. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 1021-2321. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>.

SOTO, J., 2014. “*La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias*”. Scielo [En línea] 2014, 1(2), p.4. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN 1165-7655. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432010000200004 [Consulta: 20 junio 2022].

TIBANQUIZA, R., 2019. *Potabilizacion del agua, FILTROS LENTOS DE ARENA.* [En línea] Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/751/1/ti878.pdf> [Consulta: 20 junio 2022].

TIERRA, F., 2015. Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia san luis, cantón riobamba, provincia de chimborazo. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 2015. p.8. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4438/1/56T00562%20UDCTFC.pdf>

TRUQUE, A., 2015. Armonización de los estándares de agua potable en las Américas. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 2015. p.8. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4438/1/&%&\\$\\$GHYH.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4438/1/&%&$$GHYH.pdf).

VITERI, D., 2018. Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano de la junta de agua potable de la parroquia Bolívar, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 2018. p.8.

ZELADA, M., 2019. Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado Pachapiriana, distrito de Chontalí, provincia de Jaén– 2019. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 2019. p.84. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/220/1/236T0001.pdf>



1296-DBRA-UPT-2023

ANEXOS

ANEXO A: NTE INEN 1108:2014. QUINTA REVISIÓN. AGUA POTABLE. REQUISITOS



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1108
Quinta revisión
2014-01

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

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

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

1. OBJETO

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

2. CAMPO DE APLICACIÓN

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

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

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

Ministerio de salud Pública *REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS* Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 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 **ufc/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5. REQUISITOS

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

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

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰ Po, ²²⁶ Ra, ²²⁸ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰ Co, ⁹⁰ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁵ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁶ Ra		

TABLA 2. Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
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
Acrylamida	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 Nitrilotriacético	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
Aldrín y Dieldrín	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
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	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: 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
• Bromodichlorometano	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): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

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

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

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

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

APÉNDICE Z

BIBLIOGRAFÍA

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

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: 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. 11 135 de 2011-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30 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)

Dra. Zoila Novillo
Dr. Carlos Espinosa

Dr. Edgar Pazmiño

Dr. Luis Cazar Ubilla
Ing. María José Pineda
Dra. Enith Bravo
Ing. Andrea Celi

Dr. Juan Mora
Dra. Giomara Quizphe
Ing. Natazha Valarezo
Ing. Michelle Maldonado
Ing. Gabriela Chacón
Ing. Maritza Farinango
Ing. María E. Dávalos (Secretaria técnica)

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
SECRETARIA DEL AGUA
EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
INTERAGUA
MIPRO – SCA
ARCSA
MSP – DIRECCIÓN DE VIGILANCIA Y CONTROL SANITARIO
ARCSA
ARCSA
MSP – DIRECCIÓN SALUD AMBIENTAL
INEN – NORMALIZACIÓN
INEN – NORMALIZACIÓN
INEN – NORMALIZACIÓN
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

ANEXO B: NTE INEN 2176:2013 AGUA. CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO



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: 13.080.01

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO	NTE INEN 2176:2013 Primera revisión 2013-06
<p>1. OBJETO</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>2. ALCANCE</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>3. DEFINICIONES</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>4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>4.1 Tipos de muestra. 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 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).</p> <p>4.1.2 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.</p> <p>4.1.3 Las técnicas de muestreo varían de acuerdo a situaciones específicas. Los diferentes tipos de muestreo son descritos en el capítulo 5.</p> <p>4.1.4 Es necesario diferenciar el muestreo para agua estancada y el muestreo para agua corriente.</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 periodo 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 periodo de muestreo, pero en muchos casos no proporciona información de la variación de la concentración de parámetros específicos durante el periodo 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 m³. 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 2169 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 radionucléidos.
 - 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 sensitivos, 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 cm³. 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 esta 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 alícuotas dentro de las botellas.
- p) Para el muestreo en el campo debe ser capaz de: operar en corriente acídica, 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)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169	<i>Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras para análisis.</i>
ISO 5667-4:1987	<i>Water quality - Sampling - y partes siguientes.</i>
ISO 6107-2:2006	<i>Water quality - Vocabulary - Part 2.</i>
ISO 7828:1985	<i>Water quality - Methods of biological sampling - Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macroinvertebrates.</i>
ISO 8265:1988	<i>Water quality - Design and use of quantitative samplers for benthic macro-invertebrates on stony substrata in shallow freshwaters.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ISO 5667-1 *Water Quality - Sampling - Part 1: Guidance on design of sampling programmes and sampling techniques*. Second Edition. Ginebra, 2006.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2176 Primera revisión	TÍTULO: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TECNICAS DE MUESTREO	Código: AL 01.06-203
---	---	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1998-06-18 Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Acuerdo Ministerial No. 323 de 1998-07-23 publicado en el Registro Oficial No. 376 de 1998-08-05 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 2176:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2176:1998

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

ANEXO C: NTE INEN 1105:1983 AGUAS. MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO



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 01.06-201
CDU: 649.61
ICS: 13.060.20

Norma Técnica Ecuatoriana	AGUAS MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO	NTE INEN 1105 1983-12
0. INTRODUCCION		
<p>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.</p>		
1. OBJETO		
<p>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.</p>		
2. EQUIPO		
<p>2.1 Frascos adecuados para la recolección de la muestra, esterilizables y protegidos convenientemente.</p>		
<p>2.2 Aparato de muestreo. Que permita sujetar la botella y extraer mecánicamente el tapón bajo el agua.</p>		
<p>2.3 Aparato de esterilización; uno de los siguientes:</p>		
<p>a) estufa de aire caliente, con temperatura regulable entre 160 a 180°C; b) autoclave para esterilizar a 121°C; c) esterilizador a gas.</p>		
3. REACTIVOS		
<p>3.1 Tiosulfato de sodio. Solución al 10% de Na₂S₂O₃.</p>		
<p>3.2 Sal tetrasódica del ácido etilendiamino tetra acético. EDTA. Solución al 15%.</p>		
4. CONSIDERACIONES GENERALES		
<p>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.</p>		
<p>4.2 Decloración. Los frascos que se destinan para la recolección de muestras de agua con cloro residual deben llevar un agente declorador, a no ser que contenga caldo para la siembra directa. El tiosulfato de sodio es un agente de decloración 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.</p>		
<p>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 cm³ de solución de tiosulfato al 10% en un frasco de 120 cm³. A continuación, se tapa el frasco, se recubre y se esteriliza en calor seco o húmedo.</p>		
<p>(Continúa)</p>		
<p>DESCRIPTORES: Agua potable, muestreo examen microbiológico.</p>		

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 cm³ de una solución al 15% en una botella de 120cm³) 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 cm³.

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.

(Continua)

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*. 14th Edition, 1975.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

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

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

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

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

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

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

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

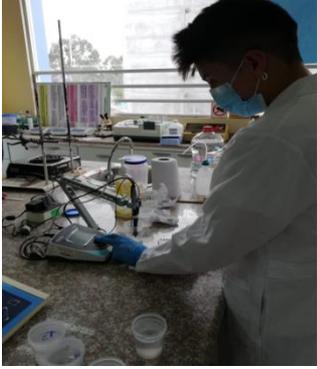
Registro Oficial No. 744 del 1984-05-15.

ANEXO D: FOTOGRAFÍAS DEL MUESTREO

<p>a. Fuente hídrica Jun jun</p>	<p>b. Toma de muestra del agua cruda de llegada</p>
	
<p>c. Toma de muestra en los tanques de recepción</p>	<p>d. Toma de muestra antes del tratamiento</p>
	
<p>e. Toma de muestra después del tratamiento de potabilización</p>	<p>f. Toma de muestra en tanques de almacenamiento de la planta</p>
	

<p>g. Tanque de almacenamiento bellavista</p>	<p>h. Toma de muestra del tanque de almacenamiento Bellavista</p>
	
<p>i. Tanque de almacenamiento Mirador</p>	<p>j. Toma de muestra del tanque de almacenamiento Mirador</p>
	
<p>k. Instalaciones de tanques de almacenamiento</p>	<p>l. Instalaciones de tanques de almacenamiento</p>
	

ANEXO E: FOTOGRAFÍAS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

a. Análisis físico-químicos	b. Análisis físico-químicos
	
c. Análisis físico-químicos	d. Análisis físico-químicos
	
e. Análisis físico-químicos	f. Análisis físico-químicos
	

g. Análisis físico-químicos



h. Análisis físico-químicos



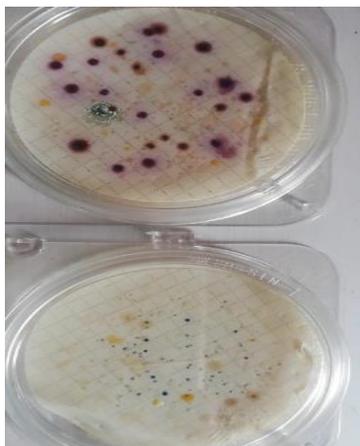
i. Análisis físico-químicos



j. Análisis microbiológico

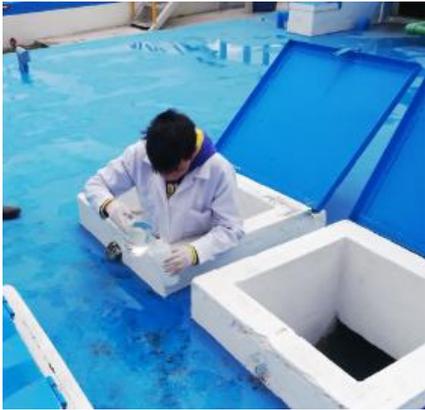


k. Análisis microbiológico

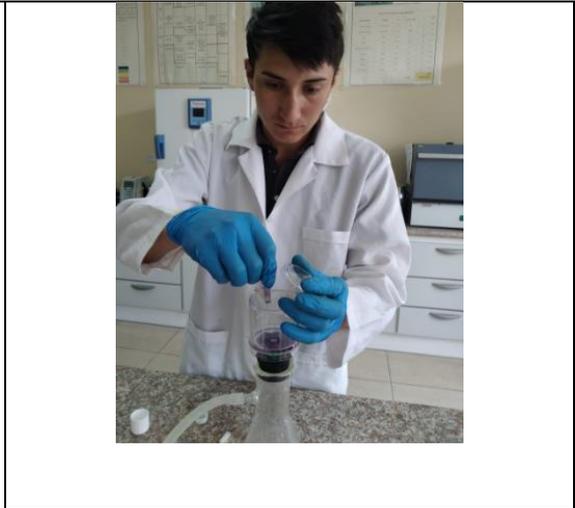


l. Análisis microbiológico



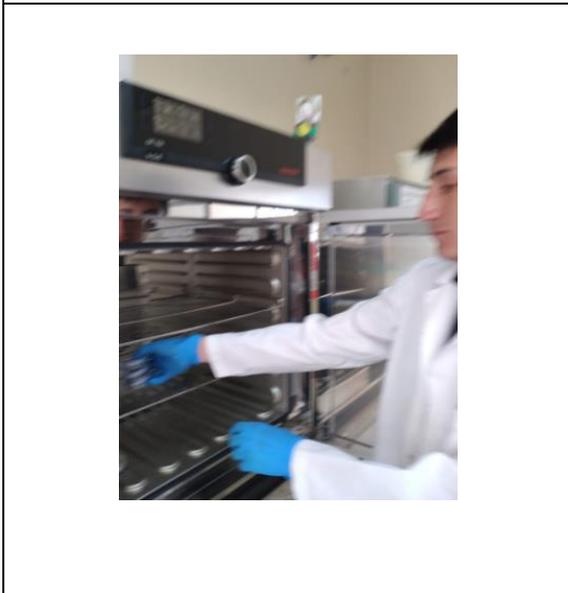
<p>m. Toma de muestra de agua cruda en el periodo febrero 2023</p>	<p>n. Planta de potabilización</p>
	
<p>o. Toma de muestras de los diferentes tanques de almacenamiento de la planta</p>	<p>p. Toma de muestras de los diferentes tanques de almacenamiento de la planta</p>
	
<p>q. Transporte de muestras en una nevera térmica</p>	<p>r. Toma de muestras de los tanques de distribución</p>
	

<p>s. Toma de muestras de los tanques de distribución</p>	<p>t. Toma de muestras en domicilios</p>
	
<p>u. Toma de muestras en domicilios</p>	<p>v. Medición de parámetros físicos en el laboratorio</p>
	
<p>w. Medición de parámetros químicos en el laboratorio</p>	<p>x. Cultivo de las muestras para análisis microbiológico</p>



y. Cultivo de las muestras para análisis microbiológico

z. Revisión de cultivos





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 06 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Ronaldo Alexander Veloz Lozada
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería En Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero En Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1296-DBRA-UPT-2023

