



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA  
DEL AGUA PROCEDENTE DE VERTIENTES SUBTERRÁNEAS  
PARA CONSUMO HUMANO EN DOS COMUNIDADES DE LA  
PARROQUIA SAN LUIS.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORA:** NADIA SILVANA YUMISACA QUISHPE

**DIRECTORA:** ING. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES, MSc

Riobamba-Ecuador

2024

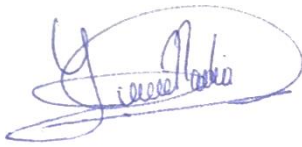
© 2024, **Nadia Silvana Yumisaca Quishpe**

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

Yo, Nadia Silvana Yumisaca Quishpe, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de mayo del 2024

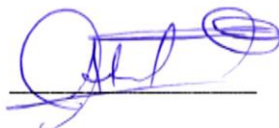




**Nadia Silvana Yumisaca Quishpe**

**065023620-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA PROCEDENTE DE VERTIENTES SUBTERRANÉAS PARA CONSUMO HUMANO EN DOS COMUNIDADES DE LA PARROQUIA SAN LUIS**, realizado por la señorita: **NADIA SILVANA YUMISACA QUSHPE**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Adriana Monserrath Monge Moreno, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2024-05-16
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, MSc. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-05-16
Ing. Hugo Javier Sánchez Moreno, MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-05-16

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor y cariño quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su constante apoyo y guía en cada paso de mi vida. El presente trabajo es fruto de vuestro ejemplo, enseñanza, sabiduría y valores que ha sido mi luz en momentos difíciles. Gracias por inculcarme la importancia del esfuerzo, honestidad, respeto y dedicación. Sé que nada de esto sería posible sin su presencia en mi vida, son el regalo más bonito que tengo y por eso quiero dedicarles este trabajo como muestra de amor y agradecimiento para Dios y ustedes querida familia.

Nadia

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme experimentar cada momento de esta vida, así como a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por otorgarme la oportunidad de perseguir mis estudios en esta carrera. Además, quiero expresar mi gratitud por las nuevas amistades que he cultivado durante este viaje, las cuales se han convertido en pilares fundamentales en mi vida. Extender un agradecimiento sincero a todos mis docentes que me han ayudado en el enriquecimiento intelectual a lo largo de mi trayectoria académica, en especial a la Ing. Violeta Dalgo y al Ing. Hugo Sánchez cuya conocimiento y dedicación han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Estoy verdaderamente agradecido por su inestimable contribución a mi desarrollo personal y profesional.

Nadia

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.2.1. <i>Limitaciones</i> .....	3
1.2.2. <i>Delimitaciones</i> .....	3
1.3. Problema general de investigación.....	4
1.4. Problemas específicos de investigación.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.6. Justificación.....	5
1.6.1. <i>Justificación teórica</i> .....	5
1.6.2. <i>Justificación metodológica</i> .....	6
1.6.3. <i>Justificación práctica</i> .....	6

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.2. Referencias teóricas.....	10
2.2.1. <i>Agua</i> .....	10
2.2.2. <i>Agua potable</i> .....	11
2.2.3. <i>Agua de consumo humano</i> .....	11

<b>2.2.4. Fuentes de agua</b> .....	11
2.2.4.1. Aguas superficiales.....	11
2.2.4.2. Aguas subterráneas .....	11
2.2.4.3. Aguas pluviales.....	11
2.2.4.4. Agua de desalinización .....	12
<b>2.2.5. Tipos de agua</b> .....	12
2.2.5.1. Agua dulce .....	12
2.2.5.2. Agua salada .....	12
2.2.5.3. Agua subterránea .....	12
2.2.5.4. Agua mineral .....	12
2.2.5.5. Agua de manantial.....	13
2.2.5.6. Agua destilada .....	13
2.2.5.7. Agua desionizada.....	13
2.2.5.8. Agua residual.....	13
<b>2.2.6. Características físicas del agua</b> .....	13
2.2.6.1. Color.....	13
2.2.6.2. Sólidos totales disueltos.....	14
2.2.6.3. Turbiedad.....	14
<b>2.2.7. Características químicas del agua</b> .....	14
2.2.7.1. Arsénico.....	14
2.2.7.2. Cadmio.....	14
2.2.7.3. Cloro.....	15
2.2.7.4. Cobre.....	15
2.2.7.5. Cromo.....	15
2.2.7.6. Flúor.....	15
2.2.7.7. Mercurio.....	15
2.2.7.8. pH.....	16
2.2.7.9. Nitritos y nitratos .....	16
<b>2.2.8. Características microbiológicas del agua</b> .....	16
2.2.8.1. Contenido microbiano .....	16
2.2.8.2. Recuento total de bacterias .....	17
2.2.8.3. Patógenos transmitidos .....	17
2.2.8.4. Patógenos transmitidos por el agua .....	17
2.2.8.5. Análisis microbiológico .....	17
2.2.8.6. Coliformes fecales .....	17
2.2.8.7. <i>Cryptosporidium spp</i> .....	18



2.2.8.8.	<i>Giardiasis</i> .....	18
2.2.9.	<b>Calidad del agua</b> .....	18
2.2.10.	<b>Normativas para evaluar la calidad de agua</b> .....	19
2.2.10.1.	<i>NTE INEN 1108:2020</i> .....	19
2.2.10.2.	<i>NTE INEN 2169:2013</i> .....	19
2.2.10.3.	<i>NTE INEN 1105:2012</i> .....	19
2.2.11.	<b>Contaminación del agua</b> .....	19
2.2.12.	<b>Efectos que causan la contaminación del agua</b> .....	20
2.2.12.1.	<i>Impacto en la biodiversidad Acuática</i> .....	21
2.2.12.2.	<i>Problemas de salud pública</i> .....	21
2.2.12.3.	<i>Impacto en la agricultura</i> .....	21
2.2.12.4.	<i>Perjuicios económicos</i> .....	21
2.2.12.5.	<i>Escasez de agua potable</i> .....	21

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	23
3.1.	<b>Enfoque de investigación</b> .....	23
3.2.	<b>Nivel de investigación</b> .....	23
3.3.	<b>Diseño de investigación</b> .....	23
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i> .....	23
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	23
3.4.	<b>Tipo de estudio</b> .....	24
3.5.	<b>Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	24
3.5.1.	<i>Población y planificación</i> .....	24
3.5.2.	<i>Selección y cálculo del tamaño de muestra</i> .....	24
3.5.3.	<i>Muestra</i> .....	25
3.5.4.	<i>Criterios de inclusión</i> .....	25
3.5.5.	<i>Criterios de exclusión</i> .....	25
3.5.6.	<i>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</i> .....	25
3.5.7.	<i>Metodología</i> .....	26
3.5.7.1.	<i>Equipos y materiales de muestreo</i> .....	26
3.5.7.2.	<i>Recolección de muestras para análisis fisicoquímico</i> .....	27
3.5.7.3.	<i>Recolección de muestras para análisis microbiológico y parasitológico</i> .....	27
3.5.7.4.	<i>Equipos, reactivos y materiales para determinación de parámetros fisicoquímicos</i> ..	28
3.5.7.5.	<i>Determinación de arsénico</i> .....	28

3.5.7.6.	<i>Determinación de cadmio</i> .....	29
3.5.7.7.	<i>Determinación de cobre</i> .....	30
3.5.7.8.	<i>Determinación de color aparente</i> .....	30
3.5.7.9.	<i>Determinación de cromo</i> .....	31
3.5.7.10.	<i>Determinación de cloro residual</i> .....	31
3.5.7.11.	<i>Determinación de flúor</i> .....	32
3.5.7.12.	<i>Determinación de mercurio</i> .....	33
3.5.7.13.	<i>Determinación de nitratos</i> .....	33
3.5.7.14.	<i>Determinación de nitritos</i> .....	34
3.5.7.15.	<i>Determinación de plomo</i> .....	35
3.5.7.16.	<i>Determinación de la turbiedad</i> .....	36
3.5.7.17.	<i>Equipos, materiales y reactivos para parámetros microbiológico y paraistológico</i> ... 36	
3.5.7.18.	<i>Determinación de coliformes fecales</i> .....	36
3.5.7.19.	<i>Determinación de Cryptosporidium y Giardia</i> .....	37

#### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	38
4.1.	<b>Parámetros de recolección de muestras</b> .....	38
4.1.1.	<i>pH</i> .....	39
4.1.2.	<i>Temperatura</i> .....	41
4.2.	<b>Análisis fisicoquímicos de agua</b> .....	42
4.2.1.	<i>Arsénico</i> .....	42
4.2.2.	<i>Cadmio</i> .....	44
4.2.3.	<i>Cloro libre residual</i> .....	45
4.2.4.	<i>Cobre</i> .....	47
4.2.5.	<i>Color aparente</i> .....	48
4.2.6.	<i>Cromo total</i> .....	50
4.2.7.	<i>Fluoruros</i> .....	52
4.2.8.	<i>Mercurio</i> .....	53
4.2.9.	<i>Nitratos</i> .....	55
4.2.10.	<i>Nitritos</i> .....	56
4.2.11.	<i>Plomo</i> .....	58
4.2.12.	<i>Turbiedad</i> .....	59
4.3.	<b>Análisis microbiológicos del agua</b> .....	61
4.3.1.	<i>Coliformes fecales</i> .....	61

4.4.	<b>Análisis parasitológico del agua</b> .....	62
4.4.2.	<i>Cryptosporidium spp</i> .....	62
4.4.3.	<i>Giardia spp</i> .....	63
4.4.	<b>Análisis comparativo parámetro fisicoquímico, microbiológico, parasitológico</b> .	64
4.5.1.	<i>Parámetros fisicoquímicos</i> .....	65
4.5.2.	<i>Parámetros microbiológicos</i> .....	66
4.5.2.	<i>Parámetros parasitológicos</i> .....	66

## **CAPÍTULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	68
5.1.	<b>Conclusiones</b> .....	68
5.2.	<b>Recomendaciones</b> .....	68

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b>	Codificación de los puntos de muestreo.....	24
<b>Tabla 3-2:</b>	Equipos, materiales y reactivos de muestreo.....	26
<b>Tabla 3-3:</b>	Equipos, reactivos y materiales utilizados para parámetros fisicoquímicos.....	28
<b>Tabla 3-4:</b>	Equipos, materiales y reactivos que se utilizan para parámetros microbiológicos.....	36
<b>Tabla 4-1:</b>	pH de agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”. .....	39
<b>Tabla 4-2:</b>	Temperatura de agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”. .....	41
<b>Tabla 4-3:</b>	Arsénico de agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”. .....	42
<b>Tabla 4-4:</b>	Cadmio en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”. .....	44
<b>Tabla 4-5:</b>	Cloro residual en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”. .....	45
<b>Tabla 4-6:</b>	Cobre en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”. .....	47
<b>Tabla 4-7:</b>	Color aparente en agua analizada en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	48
<b>Tabla 4-8:</b>	Cromo total en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria. ....	50
<b>Tabla 4-9:</b>	Flúor en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria. ....	52
<b>Tabla 4-10:</b>	Mercurio en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria. ....	53
<b>Tabla 4-11:</b>	Nitratos en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria. ....	55
<b>Tabla 4-12:</b>	Nitritos en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.....	56
<b>Tabla 4-13:</b>	Plomo en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.....	58
<b>Tabla 4-14:</b>	Turbiedad en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.....	59
<b>Tabla 4-15:</b>	Coliformes fecales en las muestras de agua analizadas en las comunidades.....	61
<b>Tabla 4-16:</b>	Cryptosporidium en muestras de agua analizadas en las comunidades.....	62
<b>Tabla 4-17:</b>	Giardia en muestras de agua analizadas en las comunidades .....	63
<b>Tabla 4-18:</b>	Comparación de análisis fisicoquímicos de comunidades con INEN 1108:2020 .	65
<b>Tabla 4-19:</b>	Comparación de análisis microbiológicos de comunidades INEN 1108:2020.....	66
<b>Tabla 4-20:</b>	Comparación de análisis parasitológicos de comunidades INEN 1108:2020 .....	66

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Estructura del agua.....	10
<b>Ilustración 3-1:</b>	Procedimiento general de caracterización del agua de consumo. ....	26
<b>Ilustración 4-1:</b>	Zonas de muestreo de la comunidad "San Antonio de Padua". ....	38
<b>Ilustración 4-2:</b>	Diagrama de zonas de muestreo de la comunidad "La Candelaria". ....	39
<b>Ilustración 4-3:</b>	Análisis del pH en comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. ...	41
<b>Ilustración 4-4:</b>	Análisis de arsénico en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	43
<b>Ilustración 4-5:</b>	Análisis de cadmio en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	45
<b>Ilustración 4-6:</b>	Análisis de cloro libre residual en San Antonio de Padua y La Candelaria..	47
<b>Ilustración 4-7:</b>	Análisis de cobre las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria.	48
<b>Ilustración 4-8:</b>	Análisis de color en comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria..	50
<b>Ilustración 4-9:</b>	Análisis del cromo total en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	51
<b>Ilustración 4-10:</b>	Análisis de flúor en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	53
<b>Ilustración 4-11:</b>	Análisis de mercurio en San Antonio de Padua y la Candelaria. ....	54
<b>Ilustración 4-12:</b>	Análisis de nitratos en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	56
<b>Ilustración 4-13:</b>	Análisis de nitritos en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	57
<b>Ilustración 4-14:</b>	Análisis de plomo en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	59
<b>Ilustración 4-15:</b>	Análisis de turbiedad en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	60
<b>Ilustración 4-16:</b>	Análisis de coliformes fecales en San Antonio de Padua y La Candelaria. ...	62
<b>Ilustración 4-17:</b>	Análisis de <i>Cryptosporidium</i> en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	63
<b>Ilustración 4-18:</b>	Análisis de <i>Giardia spp.</i> en San Antonio de Padua y La Candelaria. ....	64

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** TOMA DE MUESTRAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO

**ANEXO B:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA

**ANEXO C:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA

**ANEXO D:** NTE INEN 1108:2020. AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**JUST** Universidad de Ciencia y Tecnología de Jashore

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** Nitrato

**Na<sup>+</sup>** Sodio

**K<sup>+</sup>** Potasio

**Ca<sup>2+</sup>** Calcio

**Mg<sup>2+</sup>** Magnesio

## RESUMEN

Dos comunidades de la parroquia San Luis dependen del agua de las vertientes subterráneas “Algodón Pogio”, “Sanblag” y “Urpiunga”. La cloración ayuda a la desinfección, pero persisten riesgos de contaminación por tuberías descuidadas, presencia de animales y actividades agrícolas, por lo tanto, el objetivo de la siguiente investigación busca caracterizar fisicoquímica, microbiológica y parasitológicamente el agua consumida en las comunidades “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”. La metodología implementada en esta investigación posee un enfoque cuantitativo, con diseño descriptivo, no experimental, longitudinal y alcance observacional, puesto que no se manipuló variables y fue desarrollado en el periodo noviembre-diciembre 2023. La población de estudio fue muestras de agua obtenidas de las vertientes subterráneas, tanques de recolección, tanques de distribución, y redes domiciliarias de la zona alta, media y baja. Se analizaron parámetros físicos como: pH, color aparente y turbiedad; parámetros químicos como: concentración de arsénico, cadmio, cobre, cloro libre residual, cromo, flúor, mercurio, nitratos, nitritos y plomo, utilizando técnicas de HACH y Standard Methods for examination of wáter and wastewatery. Además, se manejó la técnica de filtración de membrana para medir parámetros microbiológicos: coliformes fecales, técnica de centrifugación para analizar los parásitos *cryptosporidium spp.*, y *giardia spp.* De acuerdo con resultados obtenidos se concluyó que la calidad de agua de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana INEN 1108:2020 la mayoría de parámetros analizados cumplen, sin embargo, el pH, cloro libre residual y coliformes fecales incumplen esta normativa. Por niveles bajos de cloro libre residual, niveles altos de pH y presencia de coliformes fecales. Es aconsejable instalar un sistema de tratamiento de aguas, identificar *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*. Además, evitar la presencia de animales en los puntos de recolección para asegurar que esta población tenga acceso a un agua segura, adecuada para consumir y realizar diferentes actividades diarias.

**Palabras clave:** <ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO>, <CALIDAD DE AGUA>, <AGUA DE CONSUMO>, <VERTIENTES SUBTERRÁNEAS>, <REDES DOMICILIARIAS>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>.

0745-DBRA-UPT-2024





## ABSTRACT

The main objective of the following instigation seeks to characterize physicochemically, microbiologically and parasitologically the water consumed in the communities of "San Antonio de Padua" and "La Candelaria". The two communities in San Luis parish depend on water from the subway springs "Algodón Poggio", "Sanblag" and "Urpiunga". Chlorination aids disinfection, but contamination risks persist due to neglected pipes, presence of animals and agricultural activities, therefore. The methodology implemented in this research has a quantitative approach, with a descriptive design, non-experimental, longitudinal and observational scope, since no variables were manipulated and it was developed in the period November-December 2023. The study population consisted of water samples obtained from subway springs, collection tanks, distribution tanks, and home networks in the upper, middle and lower zones. Physical parameters were analyzed, such as pH, apparent color and turbidity; chemical parameters such as arsenic, cadmium, copper, free residual chlorine, chromium, fluoride, mercury, nitrates, nitrites and lead, using HACH and Standard Methods for examination of water and wastewater. In addition, the membrane filtration technique was used to measure microbiological parameters: fecal coliforms, centrifugation technique to analyze the parasites *cryptosporidium spp*, and *giardia spp*. According to the results obtained, it was concluded that the water quality according to the Ecuadorian technical standard INEN 1108:2020 most of the parameters analyzed comply, however, pH, free residual chlorine and fecal coliforms do not comply with this standard. The low levels of free residual chlorine, high pH levels and the presence of fecal coliforms. It is advisable to install a water treatment system, identify *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*. In addition, avoid the presence of animals at the collection points to ensure that this population has access to safe water, suitable for consumption and different daily activities.

**Keywords:** <PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>, <WATER QUALITY>, <CONSUMPTION WATER>, <UNDERGROUND WATER SPRINGS>, <DOMICILE PIPING>, <RIOBAMBA (CANTON)>.



---

Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva  
C.I 0603239070

## INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido esencial para todos los seres vivos en este mundo y es el componente más abundante de nuestro cuerpo. Por ende, la calidad y la salubridad del agua son esenciales para el bienestar humano porque participa en muchas funciones del organismo, como en la lubricación de las articulaciones, protección de los órganos y tejidos, en la regulación de metabolismo y de las funciones cerebrales, el funcionamiento adecuado de los riñones, vías urinarias y la prevención de infecciones, entre otros (Salas et al., 2020, pág. 15).

En Ecuador, la agenda 2030 para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), el agua es el elemento central a tratar, debido al aumento de la población mundial, urbanización y desarrollo económico (Tirado et al., 2022, pág. 8), puesto que 256 millones de personas en América Latina viven con falta de agua potable, afectando a personas pobres y vulnerables, como pequeños agricultores, pescadores, pastores, pueblos indígenas y mujeres (UAE, 2020, pág. 15). Por ello establecieron en el artículo 12 de la Constitución Ecuatoriana que el derecho humano al agua potable es fundamental e irrenunciable y constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Por este motivo, el objetivo de este trabajo es caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente el agua de consumo proveniente de vertientes subterráneas, además como expone (Salas et al., 2020, pág. 15) el agua de origen subterráneo es caracterizada por su pureza y composición constante. Se examinó minuciosamente si el sistema cumple con los requisitos establecidos en la norma técnica ecuatoriana 1108:2020. Requisitos. Agua de consumo. Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos servirán de contribución para evaluar la calidad del agua de consumo, más no al diseño de implementación de tratamientos de agua.

El estudio consta de cinco capítulos, en ello tratamos la problemática de agua a nivel mundial, nacional y local (capítulo I), fundamentos teóricos básicos, científicos, tecnológicos y normativas que sustentan el estudio (capítulo II), metodología de la recopilación y análisis de muestras de agua en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) (capítulo III), presentación de resultados y discusión comparados con investigaciones anteriores y con la norma técnica ecuatoriana 1108:2020 (capítulo IV), y finalmente las conclusiones, recomendaciones y anexos del trabajo (capítulo V).

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

La problemática mundial de la escasez del agua frecuentemente hace referencia a regiones caracterizadas por tierras áridas y la falta de acceso al mar, como África y Medio Oriente, que tiene comunidades con problemas de desnutrición y deshidratación a causa del clima abrasador por el sol (Neira et al., 2023, pág. 22).

América Latina, sin embargo, presenta una paradoja irónica en cuanto al suministro de agua: a pesar de la abundancia de fuentes hídricas, aproximadamente 36 millones de personas carecen de acceso a agua potable y según World Water Council (WWC) 100 millones de personas no disponen de acceso a servicios sanitarios considerado que 256 millones dependen de letrinas y fosas sépticas teniendo en cuenta que las aguas residuales no tratadas contaminan acuíferos, ríos y lagos subterráneos. Las reservas subterráneas de agua en la región están siendo explotadas de manera continua. En México, 102 de los 653 acuíferos, que pertenecen fuentes de aguas subterráneas, se catalogan como sobreexplotados, poniendo en peligro la principal fuente de agua para dos tercios de la población (UAE, 2020, pág. 15).

En Ecuador, durante el periodo 2022-2023, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) proporcionó datos de la Encuesta Nacional sobre Desnutrición Infantil (ENDI), donde reveló que, en hogares con niños menores de 5 años de edad que consumen agua de fuente, el 72,6% no tenían cloro residual y el 24,4% presentaron *Escherichia coli* (*E. coli*). Además, en dicha localidad se ha observado que el 66,3% de los domicilios es en entornos urbanos y el 87,0% de los domicilios en entornos rurales no tenían cloro residual, con presencia de *E.coli* el 12,9% y el 46,0% respectivamente (INEC, 2023, pág. 43), siendo un factor preocupante puesto que como explica (Márquez, 2023, pág. 1) el consumo de agua contaminada frecuente ocurre en la población indígena reduciendo la esperanza de vida especialmente en niños pequeños y personas de la tercera edad. En la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia San Luis, un estudio del 2022 indica que el 54% de la población padece de parasitosis, lo que constituye una preocupación significativa. Se estima que el 40% de estos casos se deben a la convivencia diaria con animales, el 39% al tipo de agua que consumen y el 21% al tipo de piso en sus viviendas, así como a la falta de visitas médicas y la ausencia de tratamientos antiparasitarios (Villaroel, 2022, pág. 64).

En las comunidades de San Luis, específicamente en "San Antonio de Padua" y "La Candelaria", el agua para consumo humano es extraída del suelo subterráneo a través de vertientes como "Algodón Poggio", "Sanblag" y "Urpiunga". En ambas comunidades el agua se transporta por medio de un sistema de tuberías y se utiliza el método de cloración para desinfectarla. En "San Antonio de Padua" se realiza cada tres meses, y en "La Candelaria" se realiza mensualmente. Por otro lado, el déficit de adecuados sistemas de filtración, purificación y mantenimiento ha aumentado el deterioro de las tuberías de distribución y ha elevado la preocupación por una posible contaminación del agua. Esta cuestión subraya la importancia de avalar la calidad del agua, para prevenir riesgos para la salud a largo plazo.

Aunque la desinfección del agua por medio de la cloración influye en la eliminación de la mayoría de microorganismos causantes de enfermedades como bacterias, virus y gérmenes; este método no logra erradicar por completo ciertos parásitos, puesto que el tratamiento de cloración desinfecta el agua más no lo purifica (Ríos et al. 2017, págs. 236-247). Según la organización mundial de la salud el agua contaminada, la falta de suministro y saneamiento adecuado están vinculados a la propagación de enfermedades como cólera, diarreas y disentería, entre otras, ya que dificulta actividades diarias básicas como la higiene personal, preparación de alimentos, limpieza del hogar afectando así la salud y el bienestar de las comunidades (OMS, 2023, pág. 1).

## **1.2. Limitaciones y delimitaciones**

### **1.2.1. Limitaciones**

- La presencia de obstáculos naturales, como vegetación densa, terreno irregular, falta de caminos, complica el proceso de acceder a las vertientes para la recolección de muestras de agua.
- La lejanía y el difícil acceso geográfico de algunas vertientes impiden un muestreo regular y sistemático, afectando la obtención de datos precisos sobre la calidad del agua en esas áreas.
- Identificación de contaminantes específicos en el agua, como metales pesados, puede verse afectada por el método de muestreo.
- Variación del pH del agua.

### **1.2.2. Delimitaciones**

**Delimitación espacial:** La investigación se efectúa en Chimborazo, Cantón Riobamba, parroquia San Luis, comunidades San Antonio de Padua y la Candelaria.

**Delimitación Temporal:** La investigación se realiza en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el periodo octubre 2023 - febrero 2024.

**Delimitación de Contenido:** Se realiza la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua procedente de vertientes subterráneas denominadas “Algodón pogio”, “Sanblag” y “Urpiunga” así como de las redes domiciliarias, mediante un estudio cuantitativo, con diseño no experimental.

### **1.3. Problema general de investigación**

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos del agua procedente de vertientes subterráneas para el consumo humano de la población de las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria?

### **1.4. Problemas específicos de investigación**

- ¿Qué parámetros fisicoquímicos se analizan en las muestras de agua de cada punto estratégico?
- ¿Qué microorganismos se identifican en el agua de consumo en las Comunidades San Antonio de Padua y la Candelaria?
- ¿Las muestras de agua cumplen con los requisitos de Calidad de la normativa NTE INEN 1108:2020?

### **1.5. Objetivos**

#### ***1.5.1. Objetivo general***

Efectuar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua procedente de vertientes subterráneas de consumo humano en las comunidades “San Antonio de Padua” y “La Candelaria” de la parroquia “San Luis” del cantón Riobamba.

#### ***1.5.2. Objetivos específicos***

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano tomadas en puntos estratégicos de las comunidades San Antonio y La Candelaria de la parroquia San Luis.

- Realizar la evaluación microbiológica de las muestras de agua de consumo humano mediante el método de filtración en membrana para la identificación de microorganismos potencialmente peligrosos.
- Evaluar la calidad del agua de consumo humano de las comunidades “San Antonio de Padua” y “La Candelaria” mediante la norma técnica ecuatoriana INEN 1108:2020.

## **1.6. Justificación**

### ***1.6.1. Justificación teórica***

Los diferentes retos relacionados con el suministro de agua canalizada a través de tuberías requieren de una total atención por parte de los organismos responsables, por lo que es necesario y de vital importancia conocer qué tipo de agua están consumiendo los habitantes de estas comunidades, ya que el acceso al agua potable es reconocido como un derecho humano básico por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). El agua potable es una necesidad humana básica para la vida y la salud, cuyo acceso debe garantizarse a todos los seres humanos. Además, el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) N.º 6 de las Naciones Unidas pretende hasta el 2030 “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” (Tirado et al., 2022, pág. 8). La calidad del agua potable y el saneamiento adecuado, según la OMS son esenciales para prevenir enfermedades y promover la salud pública, puesto que la presencia de sustancias químicas nocivas, infecciones, afecciones cutáneas y daños en órganos internos resaltan la importancia de esta investigación (OMS, 2023, pág. 1).

En el segundo capítulo de la constitución de la república del Ecuador, en particular en el primer apartado: agua y alimentación. En su artículo 12 “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable (Martínez et al. 2011, pág. 74). El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. Otros aspectos conforme al plan nacional de creación de oportunidades 2021-2025 en el eje social, se abordan problemas como la erradicación de la pobreza, la lucha contra la desnutrición y la eliminación de la violencia de género, entre otros. Dentro del objetivo N.º 5 “Proteger a las familias, garantizar sus derechos y servicios, erradicar la pobreza y promover la inclusión social” se instaure la política de “Fortalecer los sistemas de agua potable y saneamiento como elementos fundamentales para garantizar la salud de la población”. Además, el objetivo N.º 6 “Garantiza el derecho a la salud integral, gratuita y de calidad” busca combatir la desnutrición crónica infantil (DCI), donde advierte que problema trasciende la dificultad de ingresos económicos para obtener alimentos si no que está vinculado al acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento e higiene. En

consecuencia, la calidad del agua debe ser de máxima prioridad tanto en la población rural como en la urbana, puesto que con la ayuda de la constitución y el plan sobre la creación de oportunidades representan la garantía del acceso de todos los ecuatorianos a un suministro de agua de calidad (Secretaría Nacional de Planificación, 2021, pág. 43).

En las comunidades "San Antonio de Padua" y "La Candelaria", se requiere de un análisis minucioso del agua que consumen los habitantes, tomando en cuenta las características fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas. Mediante análisis físico se determina, color, olor, sabor, temperatura, turbidez y todos los demás factores que se evalúan para brindar información sobre contaminantes visibles y la presencia de materia orgánica o inorgánica. Un análisis químico brinda la posibilidad de revelar la presencia y cantidad de metales pesados, compuestos orgánicos, nutrientes pueden ser peligrosas para la salud humana y el medio ambiente. Por otro lado, la determinación microbiológica y parasitológica permite confirmar o negar la presencia de microorganismos patógenos que incluyen bacterias, virus y parásitos causantes de la mayoría de las enfermedades transmitidas por el agua.

#### ***1.6.2. Justificación metodológica***

Para asegurar el cumplimiento de las normas y regulaciones locales e internacionales en relación con la calidad es un aspecto muy importante para garantizar la salud y el bienestar de la población. Mediante el cumplimiento de los parámetros establecidos en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2020, respecto de los requerimientos físicos, químicos y microbiológicos, deben cumplir en su totalidad para que el agua sea catalogada apta para el consumo humano. La metodología propuesta está acorde a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 y 1102:2012 para la recolección y conservación de las muestras del análisis físico-químico, microbiológico y parasitológico. Donde se evalúa la presencia de arsénico, cadmio, cloro residual, cobre, color aparente, cromo total, fluoruro, mercurio, nitratos, nitritos, plomo y turbidez. El recuento general de coliformes fecales y la ausencia de parásitos son necesarios para cumplir con los parámetros microbiológicos y parasitológicos.

#### ***1.6.3. Justificación práctica***

La inquietud manifestada por toda la parroquia San Luis, son expresados por los señores Guillermo Salao y Milton Caisaguano, presidentes de las juntas de agua acerca de la calidad del agua consumida por los habitantes, enfatiza la importancia de identificar y abordar estas posibles amenazas. Dado que las comunidades "San Antonio de Padua" y "La Candelaria" dependen de

vertientes subterráneas, el análisis regular del agua de consumo es crucial para garantizar que esté libre de contaminantes y sea segura. Al utilizar los recursos y equipos disponibles en los laboratorios de la ESPOCH, es posible identificar la presencia de agentes patógenos y sustancias dañinas que podrían ocasionar enfermedades graves. Con los resultados conseguidos se pueden efectuar estrategias seguras para proteger la salud de las comunidades. También, se puede contribuir educando a la comunidad sobre prácticas seguras de manejo del agua y promover hábitos saludables para el consumo y la conservación de la misma.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

El agua subterránea es una fuente importante de consumo humano en muchas comunidades, debido a que proporciona una fuente confiable de agua pura (Salas et al., 2020, pág. 15). Sin embargo, es crucial evaluar física, química, microbiológica y parasitológicamente el agua originaria de vertientes subterráneas para asegurar su potabilidad y seguridad para las personas. La identificación y el recuento de microorganismos en el agua, permitirá evaluar la presencia de contaminantes y determinar si el agua cumple con los estándares de calidad establecidos para que sea considerado apto para el consumo humano. Investigaciones anteriores han demostrado que las frutas y hortalizas frescas, a pesar de su alto valor nutricional, pueden deteriorarse debido a daños mecánicos durante la cosecha, el transporte y el procesamiento, acontecimiento que puede introducir microorganismos dañinos y alterar la calidad del agua manipulada en la producción de alimentos, resaltando la necesidad de evaluar la calidad microbiológica del agua subterránea para consumo humano (Ijabadeniyi et al., 2011, págs. 452-461).

Con relación a las variables evaluadas un estudio denominado “Análisis fisicoquímico microbiológico y parasitológico del agua para consumo humano en una comunidad Quilombola de Alagoas”, los resultados encontrados mostraron que la falta de saneamiento básico adecuado afecta la calidad del agua para consumo humano por la población Quilombola de Santa luziado Norte -A (Correia et al., 2022, págs. 1-10).

Según otro estudio, realizado en la Universidad de Ciencia y Tecnología de Jashore (JUST), Bangladesh, la única fuente de agua potable es el agua subterránea. Se tomaron 37 muestras de agua de pozos poco profundos y profundos en el campus de JUST y cuatro aldeas cercanas. Se analizaron en el Laboratorio de Química Ambiental de JUST varios parámetros fisicoquímicos importantes, como la turbidez, pH, conductividad eléctrica, sólido totales disueltos, arsénico (As), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y manganeso ( $\text{Mn}^{2+}$ ). Los resultados mostraron que, con la excepción del arsénico y manganeso, las concentraciones de los parámetros estaban dentro de los límites permitidos según las directrices para el agua subterránea de Bangladesh y la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, en las aldeas de Belermath, Shamnagor y Sajjali, las concentraciones de manganeso y arsénico fueron significativamente más altas que los límites recomendados. No obstante, la concentración de arsénico en el agua

subterránea en la aldea Islampur está dentro de los límites permitidos, mientras que el manganeso en los pozos de la aldea excede el valor de referencia (Shaibur et al., 2019, págs. 1-13). Otra razón para cuidar el estudio de estos parámetros al influenciar a comunidades que son vulnerables a este ataque.

En Latinoamérica, un estudio realizado en Venezuela llamado “Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en los Andes Venezolanos” se investigó la potabilidad del agua de cuatro pozos subterráneos en un área rural del estado Mérida teniendo en cuenta el crecimiento de la población y las actividades humanas, referente a la contaminación, al determinar si estos pozos eran adecuados para el consumo humano. A través de la caracterización fisicoquímica y microbiológica los resultados indicaron que el agua cumplía con las normativas establecidas en Venezuela. Encontrándose una diversidad de minerales en el agua, destacando el calcio, sodio y magnesio como los cationes principales, y una dureza principalmente atribuida a iones bicarbonato. Sin embargo, los análisis bacteriológicos y parasitológicos revelaron la presencia de bacterias heterótrofas, coliformes totales, *Pseudomas* así como de organismos parasitarios como *Ascaris spp*, *Blastocystis spp*, *Giardia spp*. y *Eimeria spp*. Estos microorganismos probablemente provienen de filtraciones subterráneas de pozos sépticos y de percolación desde la superficie demostrando que el agua de tres de los pozos no era apta para el consumo humano sin un tratamiento convencional previo, como la coagulación, filtración y cloración. Esto resalta la importancia de realizar análisis exhaustivos de la calidad del agua subterránea antes de su uso como fuente de consumo, especialmente en áreas rurales donde las actividades antropogénicas pueden aumentar el riesgo de contaminación (Prato et al., 2020, págs. 1-12).

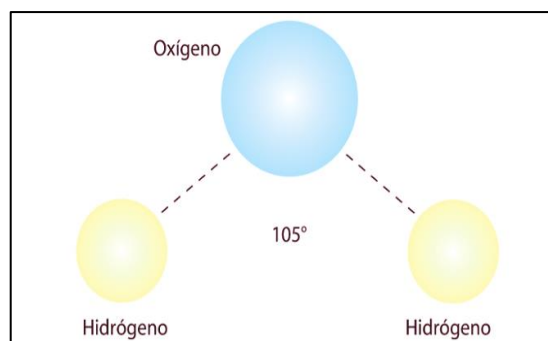
En Ecuador las investigaciones aplicadas arrojan resultados interesantes, como el estudio realizado por la Universidad Técnica de Ambato en busca de la relación de la contaminación de aguas subterráneas y la prevalencia de Diarrea en una comunidad de San Luis de Mulalillo, junto con encuestas realizadas los estudios en el agua descifraron que los parámetros de nitratos, cloro residual y coliformes fecales sobrepasan los límites máximos permisible determinando una posible correlación directa con las enfermedades entéricas (Argotti, 2021, págs. 1-60). En un estudio equiparable realizado en la Comunidad Flores, Chimborazo, se sometió las muestras de agua al mismo estudio con diez puntos de muestreo en triplicado y juzgando a partir del punto de la ley NTE INEN 1108-2014. Se determinó que la calidad de agua en ciertos parámetros químicos y microbiológicos superan el valor establecido en la Normativa Ecuatoriana viendo en necesidad el uso de equipos y procesos de potabilización para la comunidad carente de estos servicios (Caranqui, 2016, págs. 1-128).

Como parte de este estudio, se pretende examinar la composición química, las propiedades físicas, microbiológicas y parasitológicas del agua de manantial subterráneo utilizada para consumo humano en las comunidades de la parroquia "San Luis". Esto ayuda a evaluar la calidad del agua y a identificar microorganismos peligrosos. La caracterización del agua en términos fisicoquímicos y microbiológicos es crucial para la seguridad alimentaria, según lo antecede por precedentes sobre la susceptibilidad de frutas y verduras a la descomposición microbiológica y la contaminación por parásitos y minerales.

## 2.2. Referencias teóricas

### 2.2.1. Agua

El agua constituye un fluido esencial para la subsistencia del planeta, aproximadamente el 75% de la superficie terrestre está cubierta por agua de mar, contiene diversas sales disueltas en proporciones medias por peso: el 55,05% de cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), 30,61% de sodio ( $\text{Na}^+$ ), 7,68% de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), 3,69% de magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), 1,16% de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), 1,10% de potasio ( $\text{K}^+$ ), 0,41% de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), 0,19% de bromo ( $\text{Br}^-$ ), 0,07% de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) y 0,03% de estroncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ). Este es un compuesto químico formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno unidos por dos enlaces covalentes que es apreciable en la ilustración 2-1, con la fórmula molecular  $\text{H}_2\text{O}$ , presente en tres formas: sólido, líquido y gaseoso (Beyer, 2012, pág. 284).



**Ilustración 2-1:** Estructura del agua

**Fuente:** Beyer, L., 2012.

Desde la perspectiva de la salud, el agua es esencial para el mantenimiento adecuado de la hidratación corporal. Cumple diversas funciones como transportar nutrientes y oxígeno a las células, eliminar desechos y toxinas a través de la orina, regula la temperatura corporal mediante la transpiración. Además, el agua participa en la digestión de los nutrientes en el tracto gastrointestinal. También lubrica las articulaciones, protege los órganos y tejidos, contribuye al

correcto funcionamiento de sistemas vitales como el cardiovascular y el renal (Salas et al., 2020, pág. 15).

### **2.2.2. Agua potable**

El agua potable es aquella que ha sido tratada conforme a estándares de seguridad para ser apta al consumo humano, sin riesgos para la salud ni efectos adversos, se deben cumplir con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos es fundamental para garantizar su calidad y evitar la presencia de contaminantes y microorganismos dañinos (Martínez et al., 2020, págs. 15-24).

### **2.2.3. Agua de consumo humano**

La expresión “agua de consumo” integra diversas actividades cotidianas, ya sea para beber, cocinar o cualquier otro uso en el hogar, independientemente de su procedencia y suministro, y cumplir con requisitos físicos, químicos y microbiológicos (INEN, 2020, págs. 1-14).

### **2.2.4. Fuentes de agua**

#### **2.2.4.1. Aguas superficiales**

Estas son fuentes de agua que se encuentran en la superficie de la tierra, como ríos, lagos, embalses, arroyos y estanques. Las aguas superficiales son generalmente visibles y accesibles, y se utilizan ampliamente para abastecer a las comunidades y para actividades como riego y recreación (Arias et al., 2022, pág. 16).

#### **2.2.4.2. Aguas subterráneas**

Son reservas de agua situadas en acuíferos debajo de la superficie terrestre, formados por rocas permeables que almacenan grandes cantidades de agua subterránea, la cual se extrae mediante pozos para su uso en consumo humano, industrial y agrícola (Ordoñez, 2011, pág. 9).

#### **2.2.4.3. Aguas pluviales**

El origen incluye capas de hielo, deshielo de glaciares y precipitación. Se ocasiona en las llanuras aluviales, que suelen estar inundadas por crecidas de ríos.

Actúan como depósitos naturales, ayudan a recargar los acuíferos y mantener el equilibrio ambiental en los ecosistemas costeros. son recolectadas y almacenadas en cisternas o utilizadas para rellenar los acuíferos y mantienen el nivel de humedad del suelo (Quon y Jiang, 2023, pág. 6).

#### *2.2.4.4. Agua de desalinización*

Conocida como agua salobre, es el volumen de agua total producido a través de la desalinización o conocido popularmente como eliminación de sal (Estadísticos Ambientales, 2013, pág. 2).

### **2.2.5. Tipos de agua**

#### *2.2.5.1. Agua dulce*

En términos de sus propiedades físicas, se ha señalado que el agua dulce es inodora, transparente, incolora y sin sabor, aunque esta neutralidad contradice su riqueza en términos de apreciación (Corbin, 2018, págs. 1-15).

#### *2.2.5.2. Agua salada*

También conocida como agua marina, es el agua que se encuentra en los océanos y mares, presenta un punto de congelación inferior al agua dulce, siendo alrededor de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una salinidad media oceánica de 35 gramos por litro (Medcliv, 2016, pág. 28).

#### *2.2.5.3. Agua subterránea*

Almacenadas bajo la superficie terrestre en acuíferos, representan una reserva esencial, estos acuíferos están formados por rocas porosas (Fisher, 2022, pág. 1).

#### *2.2.5.4. Agua mineral*

Es un tipo de agua que contiene al menos 250 partes por millón de sólidos disueltos totales, se distingue por su constante nivel y proporciones relativas de elementos minerales y trazas en el punto de origen (Niagara, 2023, pág. 5).

#### *2.2.5.5. Agua de manantial*

Aguas subterráneas que emergen en la superficie debido a su topografía, generalmente en laderas o llanuras al topar con capas impermeables en el suelo. Se encuentran enriquecidas con minerales y pueden contener materia orgánica, gases o microorganismos del suelo (García et al., 2003, págs. 1-11).

#### *2.2.5.6. Agua destilada*

El “agua destilada” según varias fuentes sugieren denominarse “agua purificada”. Este tipo de agua, sometido a un proceso de eliminación de impurezas, tiene baja concentración de iones y cationes. El resultado es un agua pura, libre de sales y otros contaminantes (Iverson y Dervan, 2022, págs. 7823-7830).

#### *2.2.5.7. Agua desionizada*

El agua caracterizada por la carencia de iones debido a un intercambiador de iones, esto la convierte en un agua altamente pura, utilizada en laboratorios y aplicaciones industriales específicas (González, 2018, pág. 44).

#### *2.2.5.8. Agua residual*

Es el agua que ha experimentado cambios en sus características originales debido a actividades humanas y que, debido a su calidad, necesitan ser sometidas a un proceso de tratamiento antes de ser reutilizadas, liberadas en un cuerpo de agua natural o descargadas en el sistema de alcantarillado (Rodríguez, 2023, págs. 42-52).

### **2.2.6. Características físicas del agua**

#### *2.2.6.1. Color*

El color del agua puede indicar la presencia de sustancias orgánicas, como algas o compuestos húmicos, puede sugerir visualmente que no es apta para el consumo humano. La preferencia general es por agua incolora en entornos domésticos como industriales (Pooja, 2018, págs. 2-17).

- **Color real:** Está vinculado al concepto de color verdadero el cual hace alusión al color del agua una vez que se han eliminado las partículas que generan turbidez.
- **Color aparente:** Abarca todas las partículas causantes de la turbidez (Chacón, 2017, págs. 20-59).

#### *2.2.6.2. Sólidos totales disueltos*

Hace referencia a las sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materias orgánicas en solución acuosa, compuestos principalmente por cationes y aniones. El contenido total se determina mediante el residuo después de evaporar y secar el agua a una temperatura específica. Los sólidos se dividen en sedimentables, suspendidos y filtrables según su comportamiento. Los sólidos suspendidos, como crecimientos de algas, afectan negativamente cuerpos de agua al reducir la penetración de luz y afectar la vida de las plantas acuáticas (Pooja, 2018, págs. 2-17).

#### *2.2.6.3. Turbiedad*

La turbidez en el agua puede originarse por la existencia de partículas en suspensión y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto de naturaleza orgánica como inorgánica, que pueden variar en tamaño desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del nivel de agitación. Para reducir la turbidez, se implementan procedimientos de coagulación, sedimentación y filtración (Martínez et al., 2020 págs. 15-24).

### **2.2.7. Características químicas del agua**

#### *2.2.7.1. Arsénico*

Es un metaloide venenoso que se puede encontrar en la minería, combustión de combustibles fósiles, producción de químicos y naturalmente en sistemas acuáticos. Se encuentra principalmente como arsenito y arseniato, siendo el arsenito más soluble, móvil y tóxico (Ul et al., 2023, pág. 4).

#### *2.2.7.2. Cadmio*

El cadmio, presente en suelos y diversas industrias, se combina con otros elementos. Se usan en la fabricación de metales, esmaltes y baterías, plantea riesgos ambientales. La exposición a altas concentraciones puede causar problemas gastrointestinales y a largo plazo daño renal y debilitamiento óseo (Tuesca et al., 2015, págs. 1-159).

#### 2.2.7.3. *Cloro*

El cloro puede ser aplicado en diferentes etapas del tratamiento del agua, como almacenamiento, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección. Esto puede oxidar al hierro, manganeso y sulfuros, mejora el color, sabor y olor. Se presenta en formas de hipoclorito de calcio o sodio, más seguras, proporcionando cloro residual. El ácido hipocloroso es ampliamente empleado en las instalaciones de tratamiento de agua (Arias et al., 2022, pág. 16).

#### 2.2.7.4. *Cobre*

La presencia de cobre en el agua puede proceder de las tuberías de los sistemas de distribución, puesto ya que habitualmente son hechos de cobre, acero galvanizado o plástico (CPVC/PVC o polietileno). Cuando existen problemas de fugas de agua aumentan niveles de cobre (Sudhakaran et al., 2023, pág. 2). A corto plazo, la exposición al cobre puede causar molestias gastrointestinales, mientras que a largo plazo puede generar daño en riñones o hígado. Consumir agua con niveles altos de cobre puede ocasionar náuseas, vómitos, diarrea y sangrado intestinal (Tuesca et al., 2015, págs. 1-159).

#### 2.2.7.5. *Cromo*

El cromo, en forma natural, se puede encontrar en rocas, suelo y plantas, tiene formas trivalentes, esenciales y hexavalentes de origen industrial. Altas concentraciones de cromo VI, utilizado en colorantes, pigmentos y cromado de metales, puede causar malestar estomacal, úlceras y daños en órganos (Tuesca et al., 2015, págs. 1-159).

#### 2.2.7.6. *Flúor*

La ingesta excesiva de fluoruro, especialmente a través del agua potable, ha sido asociada con la fluorosis, que afecta a millones de personas. Aunque la cantidad óptima de fluoruro es esencial para prevenir caries, la exposición excesiva puede causar daños dentales, esqueléticos, neurológicos, endocrinos y dermatológicos (Romero et al., 2017, págs. 240-249).

#### 2.2.7.7. *Mercurio*

El mercurio es una sustancia líquida de color blanco cuyos iones inorgánicos tiene capacidad de convertirse en metilmercurio. La contaminación proviene de fuentes naturales, actividades industriales. La OMS establece un límite de iones de mercurio en agua potable de 1 ppb,



implicando la necesidad de normativas estrictas (Chao et al. 2023, pág. 2). La inhalación de altas concentraciones causa problemas respiratorios, y el metilmercurio se considera posiblemente cancerígeno (Londoño et al. 2016, pág. 145).

#### 2.2.7.8. *pH*

A través del pH se puede clasificar en sustancias ácidas, neutras y depende del número de iones de hidrógeno presentes. Un pH inferior a 7.0 indica acidez, mientras que un valor superior indica alcalinidad. Evaluar el pH es crucial para entender su propensión a la corrosión o formación de incrustaciones. Un pH bajo favorece la movilidad y disponibilidad de elementos tóxicos, facilitando absorción por organismos y plantas acuáticas. La mayoría de las aguas naturales tiene un pH de 4 a 9, siendo ligeramente básicas debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos (Severiche et al. 2015, págs. 1-94).

#### 2.2.7.9. *Nitritos y nitratos*

Nitrato y nitrito, dos indicadores importantes asociados con el ciclo del nitrógeno y la contaminación de sedimentos en aguas naturales. Sin embargo, los nitratos provienen de fertilizantes, no son tóxicos en sí, pero su ingesta en grandes cantidades puede tener efectos diuréticos. Por otro lado, los nitritos, formados durante la biodegradación de nitratos, puede generar nitrosaminas, compuestos cancerígenos, y causar metahemoglobinemia al interactuar con los glóbulos rojos. Una variedad de técnicas analíticas, como la cromatografía y la espectrometría, permiten la cuantificación en agua. Los métodos automáticos de flujo continuo son preferidos en laboratorios ambientales por su rapidez, aunque aún se busca reducir costos en estos métodos (Cabrera et al., 2003, págs. 88-92).

### 2.2.8. *Características microbiológicas del agua*

Las características microbiológicas del agua son de gran importancia desde una perspectiva científica, ya que permite comprender la presencia y el impacto de los microorganismos en el agua (Cabezas, 2018 págs. 309-316).

#### 2.2.8.1. *Contenido microbiano*

El agua puede albergar una amplia gama de microorganismos, incluyendo bacterias, virus, hongos y protozoos. Estos microorganismos pueden provenir de fuentes naturales, como ríos y lagos o de fuentes contaminantes, como aguas residuales o vertidos industriales (Ríos et al. 2017 págs. 236-247).

#### 2.2.8.2. *Recuento total de bacterias*

Es una medida que indica la cantidad de bacterias presentes en un volumen determinado de agua. Este parámetro se utiliza para evaluar la calidad microbiológica del agua y puede ser utilizado como indicador de posibles contaminantes o condiciones de deterioro (Ramírez et al. 2017, págs. 1-8).

#### 2.2.8.3. *Patógenos transmitidos*

Los indicadores fecales son microorganismos que se encuentran comúnmente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente, incluyendo seres humanos. Estos microorganismos, como coliformes fecales y *Escherichia coli*, se puede utilizar como indicadores de contaminación fecal y sugiere la posible presencia de microorganismos patógenos asociados con enfermedades transmitidas por el agua (Larreal et al., 2015, págs. 24-34).

#### 2.2.8.4. *Patógenos transmitidos por el agua*

El agua puede contener microorganismos patógenos causantes de enfermedades en humanos y animales. Comúnmente incluyen *Salmonella spp*, *Campylobacter spp*, *Cryptosporidium spp*, *Giardia spp* y *norovirus*. Estos microorganismos pueden ser transmitidos a través del consumo de agua contaminada o por el contacto directo con el agua (Ríos et al. 2017, págs. 236-247).

#### 2.2.8.5. *Análisis microbiológico*

Para evaluar las características microbiológicas del agua, se realizan análisis microbiológicos que incluyen técnicas de cultivo, técnicas de detección molecular y métodos de células (Sánchez y Guangasig, 2023, págs. 1-15). Estos análisis permiten identificar y cuantificar la presencia de microorganismos en el agua, lo que ayuda a evaluar su calidad y determinar si es adecuada para el consumo humano u otros usos específicos de acuerdo a la Normativa INEN NTE 1108:2020.

#### 2.2.8.6. *Coliformes fecales*

Los coliformes fecales están relacionados con la flora intestinal y presentan la particularidad de ser termo tolerantes, como *E.coli*, son indicadores cruciales de la calidad del agua y los alimentos debido a su resistencia a temperaturas de hasta 45 °C. A diferencia de los coliformes totales, estos microorganismos son índoles positivas, tienen un amplio rango de crecimiento y son mejores

indicadores de higiene. La presencia de coliformes termo tolerantes sugiere contaminación fecal de origen humano o animal, destacando la necesidad de monitoreo para garantizar la seguridad microbiológica en entornos acuáticos y alimentos (Larreal et al., 2015, págs. 24-34).

#### 2.2.8.7. *Cryptosporidium spp*

Es un pequeño parásito microscópico que infecta el intestino, causando diarreas acuosas graves que pueden matar al hospedero. Este ciclo de vida se completa dentro de una sola persona, los huevos (ooquistes) ingresa en agua y alimentos contaminados con heces. Debido a las prácticas higiénicas deficientes, la transmisión de persona a persona también es un factor importante en la propagación de las infecciones (Gómez y Aguirre, 2017, págs. 22-25).

#### 2.2.8.8. *Giardiasis*

Tiene un ciclo biológico con dos fases: el trofozoíto es responsable de las manifestaciones clínicas y está ubicado en el intestino delgado, y el quiste una forma resistente que facilita la transmisión del parásito. La infección por *G. lamblia*, ubicua en forma endémica y epidémica, afecta mayormente a niños con reinfecciones frecuentes y representa el 2-3% de las diarreas del viajero. La transmisión ocurre principalmente por vía fecal-oral directa, a través del contacto con personas o animales infectados, y también por vía sexual (Alcaraz, 1995, págs. 1-9).

#### 2.2.9. **Calidad del agua**

En el ámbito científico, la calidad del agua es un tema crucial. Las características físicas, químicas y microbiológicas del agua determinan su aptitud para una variedad de usos, incluido el consumo humano, la agricultura, la industria y el mantenimiento de ecosistemas acuáticos (Pérez, 2016, pág. 3). Los contaminantes potenciales, ya sean biológicos o químicos, que pueden surgir de una variedad de fuentes, como la escorrentía urbana, agrícola o industrial, se consideran en la evaluación de la calidad del agua. Estos contaminantes pueden causar enfermedades crónicas, daños en los órganos internos, alteraciones en el sistema nervioso e inmunológico (Baque et al., 2016, págs. 109-117). Se lleva a cabo a través de muestreos y análisis en laboratorio mediante el uso de métodos científicos apropiados. Los resultados obtenidos permiten determinar si el agua cumple con los requisitos de calidad establecidos y si es seguro para su uso previsto. Además, para garantizar la conservación y gestión sostenible del agua a lo largo del tiempo, es necesario monitorear continuamente su calidad (Fundacion Nacional De Salud, 2013, pág. 153).

### ***2.2.10. Normativas para evaluar la calidad de agua***

La evaluación de la calidad del agua se realiza a través de diversas normativas que establecen estándares y criterios para garantizar que el agua destinada al consumo humano cumpla con requisitos específicos. A continuación, se describen algunas normativas comunes utilizadas para evaluar la calidad del agua:

#### ***2.2.10.1. NTE INEN 1108:2020***

La Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE) 1108 establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) aborda parámetros microbiológicos, químicos y físicos que garantizan la seguridad y la calidad del agua de consumo humano (INEN, 2020, págs. 1-14).

#### ***2.2.10.2. NTE INEN 2169:2013***

La Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE) 2169, establece los parámetros de muestreo, manejo y conservación de muestras con el objetivo conservar y transportar todo tipo de muestras de agua, incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos (INEN, 2013, pág. 26).

#### ***2.2.10.3. NTE INEN 1105:2012***

La Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE) 1105, ofrece pautas para el muestreo microbiológico con el fin de garantizar la importancia de la recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra, así como el análisis del mismo (INEN, 2012, págs. 1-8).

### ***2.2.11. Contaminación del agua***

La contaminación del agua es un fenómeno científicamente reconocido que involucra la introducción de sustancias o agentes nocivos en fuentes de agua, como ríos, lagos, acuíferos y océanos, alterando su composición química, física y biológica. Esta contaminación puede tener diversas fuentes, incluyendo actividades humanas y procesos naturales. Las fuentes antropogénicas de contaminación del agua incluyen descargas industriales, vertidos de productos químicos, aguas residuales no tratadas, agricultura intensiva, herbicidas, actividades mineras y derrames de petróleo, entre otros. Estos contaminantes pueden incluir compuestos tóxicos, metales pesados, productos químicos orgánicos, nutrientes en exceso (como nitrógeno y fósforo), patógenos y contaminantes emergentes, como los productos farmacéuticos y los productos

químicos de uso cotidiano (Armijo et al., 2019, págs. 1-9). Los procesos naturales también pueden contribuir a la contaminación del agua, como el cambio climático, los sedimentos arrastrados por la lluvia, elevación de la temperatura ambiental, erosión del suelo, incremento de contaminantes en épocas de sequía, la liberación de minerales y compuestos químicos de formaciones geológicas (ONU, 2019, pág. 28).

La contaminación del agua puede tener graves impactos en los ecosistemas acuáticos y en la salud humana. Los contaminantes pueden alterar el equilibrio químico del agua, afectar la biodiversidad acuática, dañar los hábitats naturales y provocar la eutrofización, que es el enriquecimiento excesivo de nutrientes en un cuerpo de agua, lo cual puede generar proliferación de algas y disminución del oxígeno disponible para otras formas de vida acuática (Velasteguí, 2018, págs. 16-27).

Además, la contaminación del agua puede afectar directamente la salud humana, ya sea a través del consumo de agua contaminada, la exposición dérmica o la ingesta de alimentos contaminados con agua contaminada. Los efectos sobre la salud pueden incluir enfermedades gastrointestinales, infecciones, problemas respiratorios, trastornos neurológicos y cáncer (OMS, 2023a, pág. 1). La evaluación y el monitoreo de la contaminación del agua se llevan a cabo utilizando métodos científicos, como el muestreo y análisis de muestras de agua en laboratorio. Estos análisis permiten determinar la presencia y concentración de contaminantes, así como evaluar su impacto en la calidad del agua y en los organismos acuáticos.

La gestión y prevención de la contaminación del agua son fundamentales para preservar la calidad del agua y proteger la salud humana y los ecosistemas acuáticos. Esto implica la implementación de regulaciones y estándares de calidad del agua, el tratamiento adecuado de aguas residuales, la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, la promoción de la conservación de los recursos hídricos y la educación sobre el uso responsable del agua.

#### ***2.2.12. Efectos que causan la contaminación del agua***

La contaminación del agua tiene diversos efectos negativos en el ambiente y la salud y en el contexto ecuatoriano, se han identificado impactos significativos, como los efectos:

#### *2.2.12.1. Impacto en la biodiversidad Acuática*

La contaminación impacta negativamente en la flora y fauna acuática, resultando en la pérdida de biodiversidad. La liberación de sustancias químicas y desechos industriales puede causar daños en los ecosistemas acuáticos, presentando diversas causas, como la disminución de oxígeno disuelto. Esto conduce a la acidificación del pH, provocando la muerte de organismos más pequeños y vulnerables (Godoy y Sánchez, 2017, pág. 10).

#### *2.2.12.2. Problemas de salud pública*

El consumo de agua contaminada puede provocar enfermedades gastrointestinales, infecciones y otros problemas de salud. La población expuesta a aguas contaminadas enfrenta riesgos para la salud, especialmente en ciertas comunidades sin acceso a fuentes de agua seguras (OMS, 2023a, pág. 1).

#### *2.2.12.3. Impacto en la agricultura*

El uso de agua contaminada puede impactar negativamente la calidad de los cultivos debido a la presencia de metales pesados y mutagénicos, lo que compromete la seguridad alimentaria. Estas sustancias químicas tienen capacidad de acumularse en los productos agrícolas. Además, el estudio indica que el suelo acumula mayor cantidad de metales pesados, resultando en salinización del suelo, lo que desplaza hacia las raíces de las plantas (Guadarrama y Galván, 2015, págs. 1-23)

#### *2.2.12.4. Perjuicios económicos*

Las actividades pesqueras, agrícolas y turísticas, están expuestas a la contaminación del agua, del suelo y del aire, lo que tiene un efecto negativo en la economía. Como resultado, los gastos asociados con la implementación de tecnologías de trabajo de tratamiento, el mantenimiento de instalaciones y la posible pérdida de terrenos agrícolas (Ortiz et al., 2021, págs. 250-270).

#### *2.2.12.5. Escasez de agua potable*

La contaminación del agua plantea riesgos significativos al reducir la disponibilidad de agua potable segura, generando desafíos considerables para asegurar el acceso a agua limpia, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas.

Este problema se agrava por el aumento del consumo de agua impulsado por el crecimiento poblacional, lo que ha llevado a diversas regiones a enfrentar desafíos críticos en el suministro de agua. Factores como la presión demográfica, el desarrollo económico, urbanización y la contaminación esta, ejerciendo una presión sin precedentes sobre este recurso renovable pero finito, especialmente en zonas áridas y semiáridas (FAO, 2013, pág. 97).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque de investigación

Un enfoque desde la perspectiva cuantitativa respeta a una forma de ver la realidad como algo concreto y objetivo, los datos son cuantificables, y responden a las preguntas ¿Cómo?, ¿Cuánto?, y ¿Hasta qué punto? (Calle, 2023, págs. 1865-1879). El presente trabajo se fundamenta en un enfoque cuantitativo destinado a cuantificar de manera detallada los parámetros a evaluar en la calidad del agua de consumo en las comunidades de San Antonio de Padua y La Candelaria, ambas situadas en la parroquia “San Luis”.

#### 3.2. Nivel de investigación

Dentro del enfoque cuantitativo se encuentra el diseño ex post facto (no experimental), ya que los estudios descriptivos no se realizan analíticamente y se trabaja distintas variables a la vez (Calle, 2023 págs. 1865-1879). Además las investigaciones observacionales se refieren a diseños de investigación cuyo propósito es “observación y registro” y sus mediciones puede llevarse a lo largo de un tiempo (Manterola y Otzen, 2014, págs. 634-645). La presente investigación lleva a cabo un diseño no experimental, tipo observacional de nivel descriptivo ya que, existe la recopilación y registro de información, sin manipulación de variables, durante un determinado tiempo.

#### 3.3. Diseño de investigación

##### 3.3.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente*

El presente estudio se emplea un diseño no experimental debido a la ausencia de manipulación de variables.

##### 3.3.2. *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

La investigación se ajusta a un diseño longitudinal, ya que se están llevando dos tomas de muestras de puntos estratégicos para el posterior análisis en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



### 3.4. Tipo de estudio

El estudio maneja una investigación de campo y laboratorio para conseguir una caracterización completa del agua de consumo provenientes de vertientes subterráneas. La investigación de campo recopila datos in situ, considerando factores ambientales. Simultáneamente, el trabajo de laboratorio asegura un análisis detallado fisicoquímico, microbiológico y parasitológico permitiendo evaluar exhaustivamente la calidad del agua, garantizando resultados integrales y precisos.

### 3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

#### 3.5.1. Población y planificación

La población del estudio es el agua de consumo humano proveniente de las vertientes subterráneas “Algodón Poggio”, Sanblag” y “Urpiunga”.

#### 3.5.2. Selección y cálculo del tamaño de muestra

En este proceso de selección y determinación del tamaño de muestra, se realiza un muestreo estratificado de cada punto de recolección, incluyendo las vertientes, tanque de recolección, tanque de distribución y hogares en la zona alta, media y baja en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. La codificación asignada a cada punto de muestreo se presenta en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Codificación de los puntos de muestreo.

	Puntos de muestreo	Codificación
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	San Antonio de Padua – Vertiente “Algodón poggio” 1	SA-V1
	San Antonio de Padua - Vertiente “Algodón poggio” 2	SA-V2
	San Antonio de Padua - Vertiente “Algodón poggio” 3	SA-V3
	San Antonio de Padua - Tanque de recolección	SA-TR
	San Antonio de Padua - Tanque de distribución	SA-TD
	San Antonio de Padua - Casa 1 - Zona alta	SA-C1
	San Antonio de Padua - Casa 2 - Zona media	SA-C2
	San Antonio de Padua - Casa 1- Zona baja	SA-C3
<b>Comunidad</b>	La Candelaria – Vertiente “Sanblag” 1	C-V1
	La Candelaria – Vertiente “Sanblag” 2	C-V2
	La Candelaria – Vertiente “Urpiunga” 3	C-V3
	La Candelaria – Tanque de recolección	C-TR

<b>“La Candelaria”</b>	La Candelaria – Tanque de distribución	C-TD
	La Candelaria – Casa 1 - Zona alta	C-C1
	La Candelaria – Casa 2 - Zona media	C-C2
	La Candelaria – Casa 1- Zona baja	C-C3

Realizado por: Yumisaca, N., 2024

### 3.5.3. *Muestra*

- Para el análisis fisicoquímico, se recolecta 1000 ml de muestra de agua de consumo, de los puntos de muestreo de las comunidades San Antonio de Padua y La candelaria como son: SA-V1, SA-V2, SA-V3, SA-TR, SA-TD, SA-C1, SA-C2, SA-C3 y C-V1, C-V2, C-V3, C-TR, C-TD, C-C1, C-C2, C-C3.
- Para el análisis microbiológico, se utiliza 100 ml de muestra de agua de consumo, de específicos puntos de muestreo de las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria como son: SA-TD, SA-C1, SA-C2, SA-C3 y C-TD, C-C1, C-C2, C-C3.
- Todas las muestras son recolectadas y procesadas por duplicado, para garantizar la robustez y la consistencia de los resultados del estudio.

### 3.5.4. *Criterios de inclusión*

Son calculados como unidad muestral.

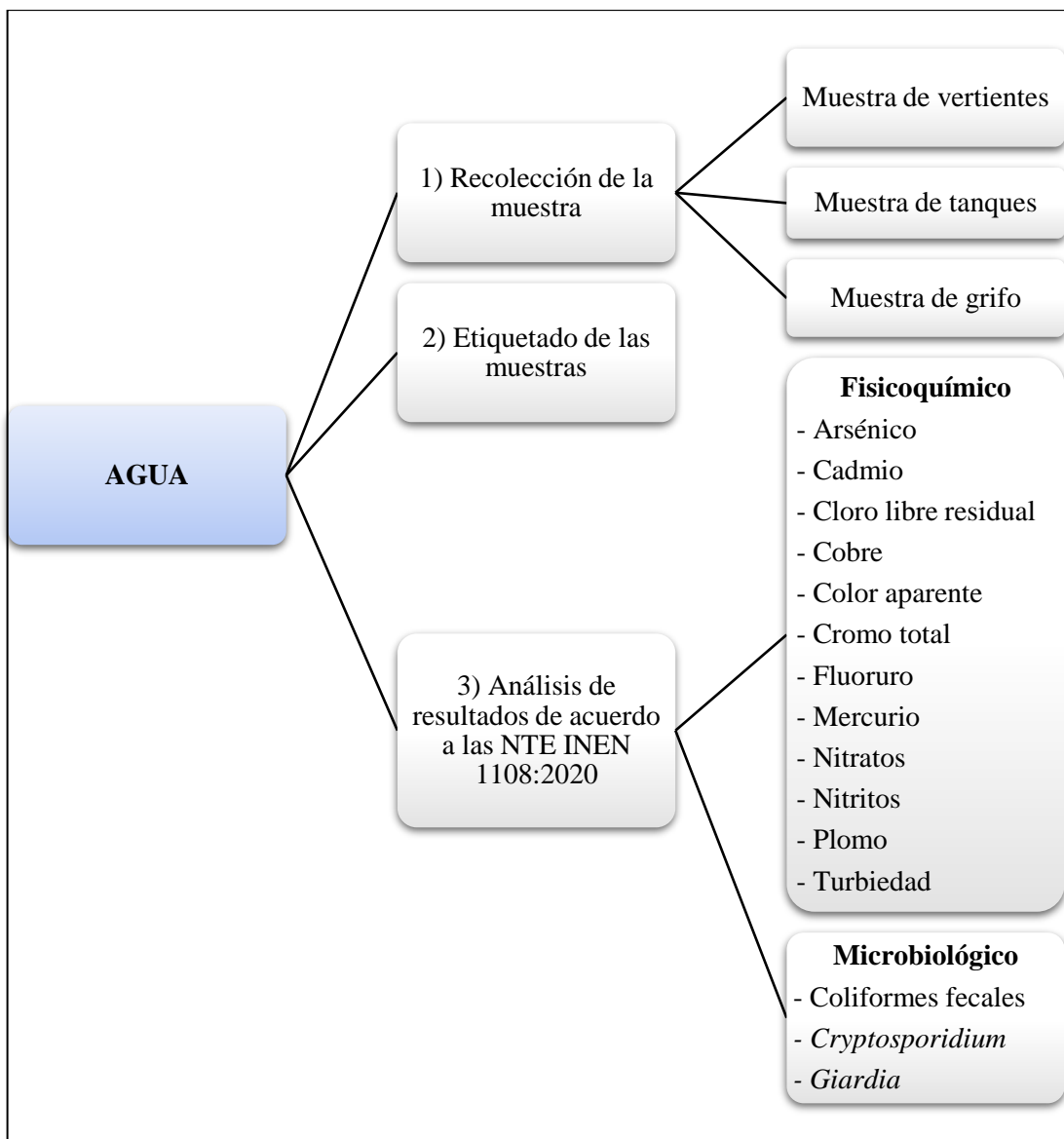
- Únicamente se toman muestras de agua que provienen de las dos vertientes “Algodón pogio”, “Sanblag” y “Urpiunga”.
- Muestras de agua de los pozos centrales donde se realiza el proceso de cloración.
- Muestras de agua que llega a cada uno de los hogares.

### 3.5.5. *Criterios de exclusión*

- Muestras de agua pozos que no correspondan estas vertientes “Algodón pogio”, “Sanblag” y “Urpiunga”
- Muestras de agua de hogares que no acepten formar parte de la investigación.

### 3.5.6. *Métodos, técnicas e instrumentos de investigación*

A continuación, se presentan los métodos y técnicas de investigación:



**Ilustración 3-1:** Procedimiento general de la caracterización del agua de consumo

Realizado por: Yumisaca, N., 2024

### 3.5.7. Metodología

#### 3.5.7.1. Equipos y materiales de muestreo

**Tabla 3-2:** Equipos, materiales y reactivos de muestreo.

Equipos	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• POCKET colorimeter</li> <li>• II colorímetro</li> <li>• pH metro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiosulfato de potasio</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Alcohol al 70%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frascos ámbar 500ml</li> <li>• Frascos estériles 100ml</li> <li>• Frascos plásticos 1000 ml</li> <li>• Adhesivos</li> <li>• Papel</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cepillo</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Gel de congelación</li> <li>• Etiquetas</li> <li>• Mascarilla</li> <li>• Guantes</li> <li>• Mandil</li> </ul>
--	--	--

Realizado por: Yumisaca, N., 2024

### 3.5.7.2. *Recolección de muestras para análisis fisicoquímico*

Según las directrices de muestreo para análisis fisicoquímico establecidas por la (INEN, 2013, pág. 26):

- Limpiar las áreas de recolección para evitar que se contamine con material externo. En el caso de grifos, verificar que el grifo seleccionado suministre agua directamente de la red de tuberías. Se permite que el agua fluya al drenaje durante 2 o 3 minutos, o el tiempo necesario para purgar la línea de servicio y asegurar la obtención de una muestra sin interferencias.
- Con un recipiente de polietileno de 1000 ml, boca ancha, se recoge el agua evitando recolectar sedimentos.
- Enjuagar de 2 a 3 veces el frasco limpio con el agua a muestrear.
- Llenar el agua hasta el límite evitando exponerlo con el exterior.
- Etiquetar las muestras, con el lugar de recolección, fecha, hora y número de muestreos.

### 3.5.7.3. *Recolección de muestras para análisis microbiológico y parasitológico*

Según las directrices de muestreo para análisis microbiológico y parasitológico establecidas por la (INEN, 2012, pág. 1-8):

- Se limpian las áreas de recolección para evitar la contaminación con material externo. En el caso de grifos, se recomienda verificar que el grifo seleccionado suministre agua directamente de la red de tuberías. Se debe permitir que el agua fluya al drenaje durante 2 o 3 minutos, o el tiempo necesario para purgar la línea de servicio y asegurar la obtención de una muestra sin interferencias.
- Se utiliza un frasco de 100 ml estéril.
- Se destapa evitando contaminación del frasco y tapón.
- Se coloca 0,1 ml de tiosulfato de sodio solución al 10%.
- Se llena el agua hasta los 100 ml y dejar un espacio de aire en el interior del frasco.
- Se etiqueta las muestras.

- Se conservan las muestras en un contenedor por el método de enfriamiento con una temperatura  $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Se llevan las muestras de inmediato al laboratorio de la ESPOCH.

#### 3.5.7.4. Equipos, reactivos y materiales para determinación de parámetros fisicoquímicos

**Tabla 3-3:** Equipos, reactivos y materiales para determinación de parámetros fisicoquímicos

Equipos	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000</li> <li>• Fotómetro HACH DR 2800</li> <li>• Espectrofotómetro UV-visible</li> <li>• Turbidímetro HACH</li> <li>• Placa caliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactivo 2797899</li> <li>• Reactivo 2797799</li> <li>• Reactivo 2797999</li> <li>• Reactivo 45429</li> <li>• Reactivo 2798199</li> <li>• Tira reactiva</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• SPANDS fluoruro</li> <li>• Reactivo colorante</li> <li>• Ácido sulfúrico</li> <li>• Permanganato de potasio</li> <li>• Sulfato de manganeso</li> <li>• Reactivo DFD</li> <li>• Tartrato de sodio y potasio</li> <li>• Hidróxido de sodio</li> <li>• Cianuro de potasio</li> <li>• Sulfuro de sodio</li> <li>• Ácido nítrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel filtro</li> <li>• Frascos del equipo de HACH</li> <li>• Rotulador</li> <li>• Copas de plástico</li> <li>• Papel de cocina</li> <li>• Mascarilla</li> <li>• Guantes</li> <li>• Mandil</li> <li>• Balón de aforo 50 mL</li> <li>• Pipeta de 1 ml</li> <li>• Pipeta de 5 ml</li> <li>• Pera de succión</li> <li>• Tubos de vidrio con tapa</li> <li>• Vasos de precipitación de 250 mL</li> <li>• Matraz Erlenmeyer de 250 mL</li> </ul>

Realizado por: Yumisaca, N., 2024

#### 3.5.7.5. Determinación de arsénico

- Método de tiras de prueba HACH.
- Colocar la tira reactiva en la rendija pequeña del tapón del envase HACH, asegurándose de que la almohadilla la cubra. Cerrar el envase y presionar para garantizar su sujeción.
- Llenar el frasco de reacción con muestra hasta alcanzar los 50 mL.
- Añadir el sobre de reactivo 2797899 a la muestra y mezclar girando la solución.
- Añadir el sobre reactivo 2797799 en la muestra, mezclar girando la solución y esperar 3 minutos.

- Adicionar el sobre de reactivo 2797799 a la muestra; puede que no se disuelva completamente. Mezclar girando la solución y esperar 2 minutos.
- Incorporar una cucharadita del reactivo 45429 a la muestra y mezclar haciendo girar la solución.
- Agregar el sobre de reactivo 2798199 a la muestra, cerrar el frasco de reacción haciendo girar la reacción al instante. Evitar, sacudir e invertir.
- Esperar 30-35 min a que se produzca la reacción, mezclar girando la solución dos veces durante este período.
- Retirar la tira reactiva y comparar el color con los estándares e interpretar los resultados.

#### 3.5.7.6. *Determinación de cadmio*

- Método directo de llama de aire –acetileno.
- Asegurarse de contar con los instrumentos y reactivos.
- Preparación de solución patrón: Disolver 0,10 g de metal cadmio en 4 mL de ácido nítrico concentrado, añadir 8 mL de ácido nítrico concentrado y diluir con agua hasta 1000 mL en un balón de aforo.
- Para elaborar la curva de calibración de la solución patrón de cadmio preparada anteriormente, distribuimos volúmenes específicos en cinco balones de aforo.
- En el primer balón añadimos 0,5 mL, en el segundo 1 mL, en el tercero 3 mL, en el cuarto 5 mL y en el quinto 10 mL.
- Posteriormente, aforamos cada uno de estos volúmenes hasta 50 mL.
- Preparación de las muestras: Llevar a cabo una digestión por ácido nítrico. Inicialmente, colocar 250 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer o vasos de precipitación.
- Luego, agregar 5 mL de ácido nítrico y posicionamos el matraz o vaso en una placa caliente, llevar a una ebullición lenta hasta alcanzar un volumen de 20 a 25 mL.
- Trasferir la muestra a un balón, aforándolo a 50 mL tras enjuagar las paredes del matraz o vaso con agua.
- Posteriormente, filtramos la muestra y procedemos con la lectura.
- Aspirar cada patrón sucesivamente en la llama el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000 para construir la curva de calibración.
- Aspirar cada muestra sucesivamente en la llama y regístrese la concentración.
- Apagar el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000.

#### 3.5.7.7. *Determinación de cobre*

- Método directo de llama de aire -acetileno
- Asegurarse de contar con los instrumentos y reactivos.
- Preparación de solución patrón: Disolver 0,10 g de metal cobre en 2 mL de ácido nítrico concentrado, posteriormente agregar 10 mL de ácido nítrico concentrado y diluir la solución con agua hasta alcanzar un volumen de 1000 mL en un balón de aforo.
- Para elaborar la curva de calibración de la solución patrón de cobre preparada anteriormente, distribuimos volúmenes específicos en cinco balones de aforo.
- En el primer balón añadimos 0,5 mL, en el segundo 1 mL, en el tercero 3 mL, en el cuarto 5 mL y en el quinto 10 mL.
- Posteriormente, aforamos cada uno de estos volúmenes hasta 50 mL.
- Preparación de las muestras: se llevó a cabo una digestión por ácido nítrico. Inicialmente, colocamos 250 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer o vasos de precipitación.
- Luego, agregamos 5 mL de ácido nítrico y posicionamos el matraz o vaso en una placa caliente, llevándolo a una ebullición lenta hasta alcanzar un volumen de 20 a 25 mL.
- A continuación, trasferimos la muestra a un balón, aforándolo a 50 mL, tras enjuagar las paredes del matraz o vaso con agua. Posteriormente, filtramos la muestra y procedemos con la lectura.
- Aspirar cada patrón sucesivamente en la llama el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000 para construir la curva de calibración.
- Aspirar cada muestra sucesivamente en la llama y regístrese la concentración.
- Apagar el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000.

#### 3.5.7.8. *Determinación de color aparente*

- Limpiar la zona de trabajo con alcohol al 70 %.
- Encender el fotómetro HACH DR 2800.
- Seleccionar el método, color 465 nm.
- Abrir el equipo y cargar la cubeta número 1 con 10 ml de agua destilada para establecerla como blanco.
- Limpiar la cubeta para eliminar presencia de líquido o huellas.
- Insertar la cubeta y cerrar el equipo.
- Presionar medir.
- Colocar en la cubeta número 2 con 10 ml de la muestra.
- Limpiar la cubeta para eliminar presencia de líquido o huellas.

- Insertar la cubeta 2 y cerrar el equipo.
- Presionar medir.
- Registrar los resultados en unidades de Pt-Co que proporciona el equipo.
- Apagar el fotómetro después de la lectura.
- Limpiar la cubeta y guardar en el lugar de almacenamiento

#### 3.5.7.9. Determinación de cromo

- Método directo de llama de aire –acetileno.
- Asegurarse de contar con los instrumentos y reactivos.
- Preparación de solución patrón: Disolver 0,1923 g de  $\text{CrO}_3$  en agua, posteriormente acidúlese con 10 mL de ácido nítrico concentrado y diluir la solución con agua hasta alcanzar un volumen de 1000 mL en un balón de aforo.
- Para elaborar la curva de calibración de la solución patrón de cromo preparada anteriormente, distribuir en volúmenes específicos en cinco balones de aforo.
- En el primer balón añadir 0,5 mL, en el segundo 1 mL, en el tercero 3 mL, en el cuarto 5 mL y en el quinto 10 mL. Posteriormente, aforar cada uno de estos volúmenes hasta 50 mL.
- Preparación de las muestras: Llevar a cabo una digestión por ácido nítrico. Inicialmente, colocar 250 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer o vasos de precipitación.
- Luego, agregamos 5 mL de ácido nítrico y posicionamos el matraz o vaso en una placa caliente, llevándolo a una ebullición lenta hasta alcanzar un volumen de 20 a 25 mL.
- A continuación, transferir la muestra a un balón, aforándolo a 50 mL tras enjuagar las paredes del matraz o vaso de precipitación con agua.
- Posteriormente, filtrar la muestra y procedemos con la lectura.
- Aspirar cada patrón sucesivamente en la llama el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000 para construir la curva de calibración.
- Aspirar cada muestra sucesivamente en la llama y regístrese la concentración.
- Apagar el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000.

#### 3.5.7.10. Determinación de cloro residual

- Transportar el pocket colorimeter II al sitio de muestreo de las ejemplares con cloro.
- Rellenar el primer frasco hasta la marca de 10 mL con la muestra, que servirá como blanco para encerrar el equipo.
- Activar el equipo presionando la tecla color negra en la parte superior (círculo con línea vertical).



- Desenroscar el equipo extrayendo la parte superior marcada con el logotipo HACH.
- Introducir el frasco de agua en la abertura visible tras destapar el dispositivo, verificando que el rombo blanco se alinee con la pequeña marca negra próxima a la pantalla.
- Colocar la tapa de plástico, previamente retirada, sobre el frasco, creando un ángulo de 90° y alineando las ranuras del dispositivo con las de la tapa.
- Oprimir la tecla color celeste para encerrar el equipo.
- Sacar el primer frasco con el blanco del equipo.
- Llenar el segundo frasco con la muestra de agua a analizar hasta la marca de 10 ml.
- Agregar el contenido de un sobre de reactivo DPD para realizar el análisis de cloro residual al agua.
- Tapar el frasco y agitar suavemente durante 20 segundos.
- Limpiar el frasco para eliminar presencia de líquido o huellas.
- Colocar el frasco en el orificio del equipo, asegurándose de que el rombo coincida con la pantalla.
- Oprimir la tecla color verde y examinar el resultado obtenido.
- Extraer el recipiente, proceder a su lavado y secado.
- Apagar el equipo pulsando la parte inferior de la tecla negra.
- Tapar el equipo.

#### 3.5.7.11. Determinación de flúor

- Desinfectar el área de trabajo con alcohol al 70%.
- Rotular los tubos de acuerdo al lugar de muestreo.
- Con la ayuda de una micropipeta de 10 ml colocar agua destilada en el tubo rotulado con la denominación blanco
- Colocar 10 ml de cada muestra en los tubos.
- Colocar 2 ml de SPADNS reactivo para fluoruro en todos los tubos que contienen las muestras.
- Tapar el tubo y agitar durante 2 min.
- Encender el fotómetro HACH DR 2800.
- Seleccionar el método 190 fluoruros a 455 nm.
- Llenar la primera cubeta con el blanco hasta la marca de 10 ml.
- Colocar la cubeta del blanco en el fotómetro HACH DR 2800, secar con papel de cocina y leer.
- Llenar la segunda cubeta con las muestras hasta la marca de 10 ml.

- Colocar los 10 ml de muestras en la cubeta, secar, leer y registrar los datos.
- Sacar las cubetas del fotómetro HACH DR 2800 y enjuagar con agua destilada.
- Secar y colocar en el fotómetro HACH DR 2800.
- Apagar el quipo.

#### 3.5.7.12. *Determinación de mercurio*

- Método espectrométrico de absorción atómica de vapor frío.
- Asegurarse de tener el equipo y reactivos necesarios para la medición.
- Se necesita agua libre de sólidos en suspensión, así que filtramos a través de un papel filtro.
- Preparación de solución de mercurio de reserva: Disolver 1,354 g de cloruro de mercurio, en aproximadamente 700 mL de agua. Añadir 10 mL de ácido nítrico concentrado y diluir con agua hasta 1000 mL en un balón de aforo.
- Para elaborar la curva de calibración de la solución patrón de mercurio preparada anteriormente, distribuir volúmenes específicos en cuatro balones de aforo.
- En el primer balón añadimos 0,2 mL, en el segundo 0,5 mL, en el tercero 0,75 mL y en el cuarto 1 mL.
- Aforar cada uno de estos volúmenes mencionados hasta 25 mL, utilizando agua acidulada, asegurándose de mantener la proporción de 10 mL de ácido nítrico en 1000 mL de agua.
- Preparación de las muestras: Llevar a cabo una digestión por ácido nítrico. Inicialmente, colocar 250 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer o vasos de precipitación.
- Luego, agregar 5 mL de ácido nítrico y posicionar el matraz o vaso de precipitación en una placa caliente, llevar a una ebullición lenta hasta alcanzar un volumen de 20 a 25 mL.
- A continuación, transferir la muestra a un balón, aforándolo a 50 mL tras enjuagar las paredes del matraz o vaso con agua.
- Posteriormente, filtrar la muestra y procedemos con la lectura.
- Aspirar cada patrón sucesivamente el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000 para construir la curva de calibración.
- Aspirar cada muestra sucesivamente y regístrese la concentración.
- Apagar el espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000.

#### 3.5.7.13. *Determinación de nitratos*

- Método espectrofotométrico ultravioleta selectivo.
- Limpiar el área de trabajo con alcohol al 70% para evitar interferencias.
- Utilizar el papel de filtro para eliminar la presencia de sólidos en suspensión de las muestras.

- Colocar agua destilada en la celda cuarzo para el blanco.
- Encender el espectrofotómetro UV-visible.
- Leer en el espectrofotómetro UV-visible a 543 nm el nitrógeno.
- Colocar las muestras filtradas en la celda de cuarzo.
- Leer en el espectrofotómetro UV-visible a 543 nm.
- Registrar los datos.
- Lavar y guardar la celda de cuarzo.
- Apagar el equipo
- Para calcular cuánto de nitrato contiene se debe sacar los gramos del Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

$$\text{N} = 14,007 * 1 = 14,007 \text{ g/mol}$$

$$\text{O} = 15,999 * 3 = 47,997 \text{ g/mol}$$

$$\text{NO}_3^- = 62,004 \text{ g/mol}$$

$$\text{NO}_3^- = \frac{62,004 \text{ g/mol}}{14,007 \text{ g/mol}}$$

$$\text{NO}_3^- = 4,43$$

#### 3.5.7.14. Determinación de nitritos

- Método espectrofotométrico ultravioleta selectivo.
- Elaboración del agua exenta de nitritos: Añadir 1 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc. 1 l de agua destilada y 0.2 mL de solución de  $\text{MnSO}_4$  (36.4 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  / 100 mL de agua destilada) a otro litro de agua destilada, y vírese a rosa con 1 a 3 ml de solución  $\text{KMnO}_4$  (400 mg de  $\text{KMnO}_4$  / l de agua destilada).
- Destilar nuevamente en un aparato de vidrio de borosilicato y desechar los 50 ml iniciales del destilado. Recoger la fracción del destilado libre de permanganato; un color rojo con reactivo DFD.
- Filtrar los sólidos en suspensión de las muestras con ayuda del papel filtro.
- Confirmar que el pH de las muestras este comprendido de 5-9, de lo contrario ajustar al valor con HCL o  $\text{NH}_4\text{OH}$ .
- Aforar en balones de 50 ml las muestras.
- Emplear la pipeta de 2 ml para transferir el reactivo colorante correspondiente a cada balón de aforo con 50 ml de muestra y mezclo.
- Medir la absorbancia en el espectrofotómetro UV-visible a 543 nm, en un tiempo que corresponda entre 10 minutos y 2 horas después de añadir el reactivo colorante.
- Encender el espectrofotómetro UV-visible.

- Colocar en las celdas de cuarzo agua exenta de nitritos, secar y leer.
- Leer en el espectrofotómetro UV-visible a 543 nm.
- Trasferir las muestras del balón de aforo a las celdas de cuarzo, y secar.
- Leer en el espectrofotómetro UV-visible a 543 nm.
- Registrar los datos.
- Apagar el equipo.
- Para calcular cuánto de nitrito contiene, se debe sacar los gramos del Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )

$$\text{N} = 14,007 * 1 = 14,007 \text{ g/mol}$$

$$\text{O} = 15,999 * 2 = 31,998 \text{ g/mol}$$

$$\text{NO}_2^- = 46,005 \text{ g/mol}$$

$$\text{NO}_2^- = \frac{45,005 \text{ g/mol}}{14,007 \text{ g/mol}}$$

$$\text{NO}_2^- = 3,30$$

#### 3.5.7.15. Determinación de plomo

- Desinfectar el área de trabajo con alcohol al 70%.
- Colocar 50 ml de muestras en vasos de precipitación.
- Añadir 2.5 ml de tartrato de sodio y potasio con ayuda de una pipeta.
- Añadir 1.5 ml de hidróxido de sodio con ayuda de una pipeta.
- Añadir 4 gotas de cianuro de potasio.
- Añadir 4 gotas de Sulfuro de sodio.
- Mezclar de manera giratoria.
- Encender el espectrofotómetro UV-visible.
- Durante 5-15 min leo en el espectrofotómetro UV-Visible a 410 nm.
- Leer la absorbancia del estándar de plomo 0.01 mg/L.
- Leer la absorbancia de las muestras.
- Registrar los datos.
- Apagar el equipo.
- Una vez obtenido las absorbancias, utilizo la siguiente fórmula para obtener su factor.

$$f = c/a$$

- Con el factor y las absorbancias obtenidas se calcula la concentración.

$$c = f * a$$

3.5.7.16. *Determinación de la turbiedad*

- Encender el Turbidímetro HACH.
- Colocar 10 ml agua destilada en la cubeta.
- Leer y encerrar.
- Colocar 10 ml de las muestras de agua en la cubeta.
- Leer y registrar los datos.
- Apagar el equipo.

3.5.7.17. *Equipos, materiales y reactivos para parámetros microbiológicos y parasitológicos*

**Tabla 3-4:** Equipos, materiales y reactivos para determinación de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Equipos	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba al vacío</li> <li>• Centrífuga</li> <li>• Microscopio</li> <li>• Estufa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agar m-FC +ácido rosólico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mascarilla</li> <li>• Guantes</li> <li>• Mandil</li> <li>• Placas</li> <li>• Portaobjetos</li> <li>• Cubreobjetos</li> <li>• Tubos de centrifuga</li> </ul>

Realizado por: Yumisaca, N., 2024

3.5.7.18. *Determinación de coliformes fecales*

- Limpiar del área de trabajo y desinfecto con alcohol al 70%.
- En la bomba al vacío, colocar la caja con la membrana filtrante de manera que se ensamblen adecuadamente.
- Encender la bomba al vacío y filtro 100 mL de la muestra recolectada por 5 min.
- Apagar la bomba al vacío y saco el aire.
- Nuevamente, ensamblar la caja con la membrana y agrego el agar m-FC con ácido rosólico.
- Encender la bomba al vacío por 2 min, saco el aire y apago la bomba al vacío.
- Cubrir la base de la caja y el giro de manera que la tapa quede en posición con la base.
- Colocar en la estufa a 37 °C las placas de forma invertidas durante 48 horas.
- Contar las colonias negras azuladas que son coliformes fecales y las colonias rosáceas son coliformes totales.

- Reportar el resultado en UFC/100 mL.

#### 3.5.7.19. Determinación de *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.*

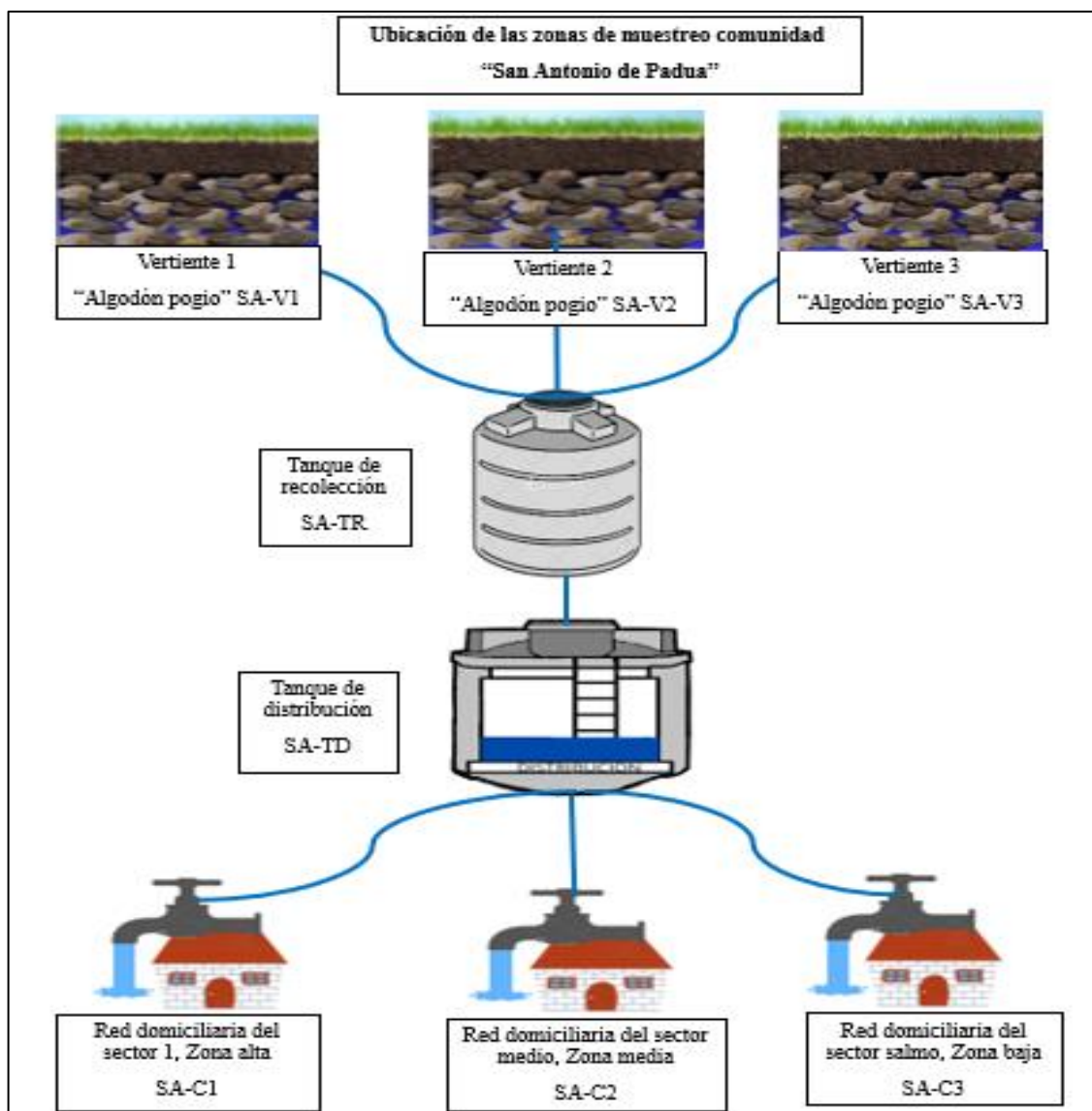
- Se utilizó la técnica de centrifugación para recuperación y detección de *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.*
- Encender la centrífuga y tomo los 10 ml de la muestra en los tubos de la centrífuga.
- Colocar a 3000 rpm durante 30 min.
- Una vez transcurrido el tiempo, desecho el sobrenadante de manera que me quedo con el sedimento.
- Colocar en la placa portaobjetos, extendiendo la muestra y tapar con el cubre objetos.
- Observar si existe la presencia o ausencia mediante el microscopio.
- Reportar resultados en número de ooquistes /L.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

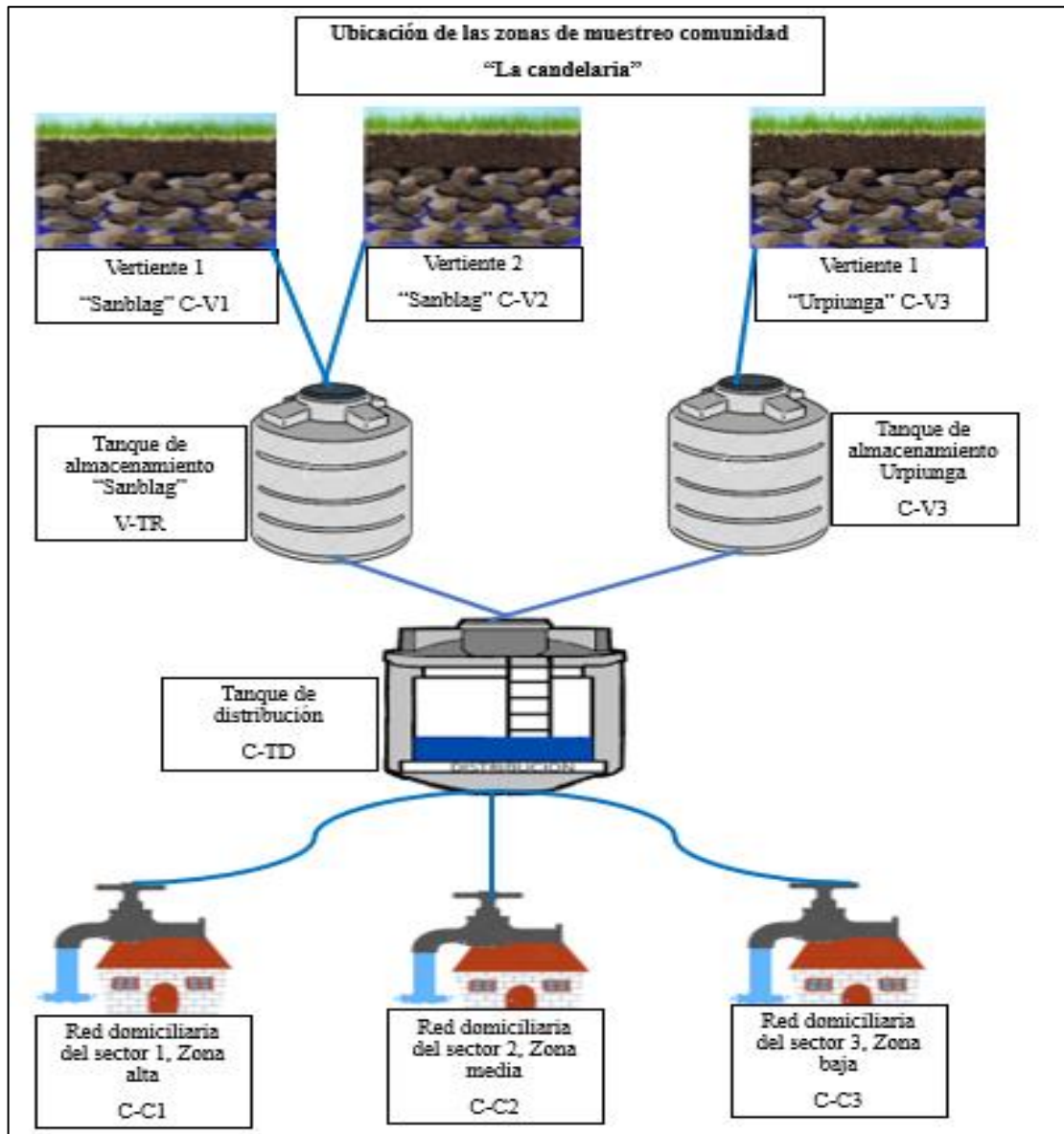
#### 4.1. Parámetros de recolección de muestras

La información fundamental se obtuvo mediante visitas directas al campo de estudio se representa en las ilustraciones 4-1 y 4-2, eligiendo días soleados para la toma de muestras. La recopilación de datos se llevó a cabo en 2 visitas, específicamente el 1 y 15 de noviembre del 2023 durante un horario de muestreo que abarcó desde las 05:30 horas hasta las 18:00 horas.



**Ilustración 4-1:** Diagrama de las zonas de muestreo de la comunidad "San Antonio de Padua".

Fuente: Yumisaca, N., 2024



**Ilustración 4-2:** Diagrama de zonas de muestreo de la comunidad “La Candelaria”.

Fuente: Yumisaca, N., 2024

#### 4.1.1. pH

**Tabla 4-1:** pH en muestras de agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media pH por cada punto de muestreo	Media pH vertientes y agua de consumo	Valor mínimo	Valor máximo
Comunidad	SA-V1	6,50	6,62	6,56	7,49	6,50	8,30
	SA-V2	7,23	7,50	7,37			
	SA-V3	8,08	7,55	7,82			
	SA-TR	8,10	8,30	8,20			

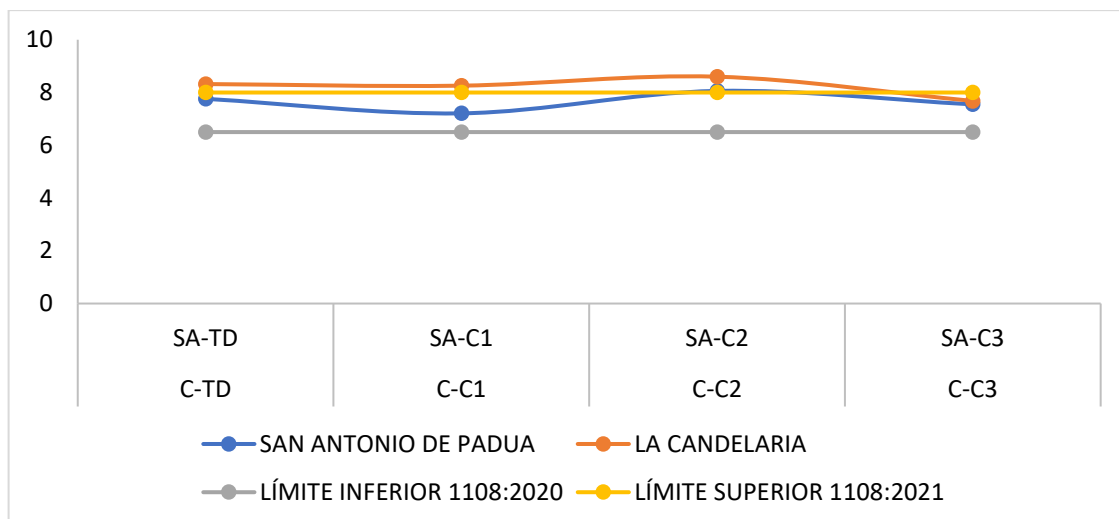


<b>“San Antonio de Padua”</b>	SA-TD	7,82	7,69	7,76	7,64	7,10	8,12
	SA-C1	7,32	7,10	7,21			
	SA-C2	8,12	7,99	8,06			
	SA-C3	7,64	7,45	7,55			
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-V1	8,82	8,56	8,69	8,32	7,25	8,69
	C-V2	8,86	8,96	8,91			
	C-V3	7,25	8,00	7,63			
	C-TR	8,00	8,10	8,05			
	C-TD	8,34	8,30	8,32	8,21	7,50	8,84
	C-C1	8,12	8,40	8,26			
	C-C2	8,84	8,35	8,60			
	C-C3	7,85	7,50	7,68			

Realizado por: Yumisaca, N., 2024

Los resultados del análisis de pH, se presenta en la Tabla 4-1, de las muestras recolectadas en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria desde noviembre a diciembre del 2023. En la comunidad San Antonio de Padua, los valores de pH variaron entre 7,10 y 8,30, al analizar a más a fondo las medias de cada punto de muestreo, el 12,5% tienen características ácidas, el 62,50% era neutro y el 25% básico, siendo 7,64 de carácter neutro el pH del agua de consumo de esta comunidad. Por otro lado, en la comunidad La Candelaria, los valores de pH variaron entre 7,25 y 8,96, al analizar a profundidad las medias de cada punto de muestreo el 25% se consideró neutro y el 75% presentan características básicas, siendo 8,21 de carácter básico el pH de agua de consumo de esta comunidad.

El pH es un indicador clave que proporciona información valiosa sobre la calidad de agua y el estado en un sistema acuático (Toama y Abed, 2023, pág. 8). En la comunidad San Antonio de Padua los valores de pH se encuentran de acuerdo a los estándares establecidos de la India de 6,5-8,5 (Bis, 2012, págs. 1-3) y se asemeja al valor medio del estudio realizado en Jashore (JUST) y sus alrededores a diferencia de la comunidad La Candelaria donde 3 puntos de muestreo sobrepasan el límite superior específicamente en la vertiente 1, vertiente 2 y en la casa 2 caracterizándolo de carácter básico lo que significa que una capacidad significativa para resistir cambios en el pH frente a ácidos (Shaibur et al., 2019, págs. 1-13). En la opinión de (Pérez, 2016, pág. 3) la presencia de iones como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y otros elementos contribuye a esta alcalinidad. Sin embargo, la alcalinidad elevada puede influir en la formación de precipitados de minerales y nutrientes, afectando la disponibilidad de estos elementos para los organismos acuáticos, pero en revisiones actuales de acuerdo a la (TULSMA, 2015, págs. 1-40) las dos comunidades se encuentra dentro los rangos 6-9 coincidiendo con estudio de (García et al., 2023, págs. 141-154).



**Ilustración 4-3:** Análisis del pH en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.1.2. Temperatura

**Tabla 4-2:** Temperatura en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”.

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media de la Temperatura °C	Media de temperatura de vertientes subterráneas y agua de consumo	Valor mínimo	Valor máximo
Comunidad “San Antonio de Padua”	SA-V1	16,30	15,80	16,05	17,75	15,80	20,10
	SA-V2	17,00	17,20	17,10			
	SA-V3	18,00	17,90	17,95			
	SA-TR	19,70	20,10	19,90			
	SA-TD	18,50	21,30	19,90	20,96	18,50	23,40
	SA-C1	21,90	22,00	21,95			
	SA-C2	20,30	19,70	20,00			
SA-C3	20,60	23,40	22,00				
Comunidad “La Candelaria”	C-V1	17,96	17,20	17,58	18,03	16,60	20,60
	C-V2	16,60	18,30	17,45			
	C-V3	17,90	18,90	18,40			
	C-TR	16,80	20,60	18,70			
	C-TD	20,60	21,90	21,25	21,85	19,70	23,50
	C-C1	21,60	22,00	21,80			
	C-C2	22,30	23,50	22,90			
C-C3	19,70	23,20	21,45				

Realizado por: Yumisaca N., 2024

Los resultados del análisis de temperatura se presentan en la tabla 4-2, de las muestras recopiladas en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria en el periodo de noviembre a diciembre del 2023. Se puede evidenciar que durante el día del muestreo en la comunidad San Antonio de Padua, los valores de la temperatura oscilaron entre 15,8 °C y 23,4 °C. El valor más bajo se registró en el punto SA-V1, mientras que el más alto a la SA-C3, indicando que la temperatura varía de acuerdo a la hora y el lugar de recolección. De manera similar el día de muestreo en la comunidad La Candelaria, la temperatura osciló entre 16,6 °C y 23,5 °C. El valor más bajo corresponde a la C-V2 mientras que el más alto se registró en la C-C2.

En el estudio realizado por (Viteri, 2018, págs. 1-112) se destaca que la temperatura tiene un impacto directo en la proliferación de microorganismos y se identifica que los 30 °C es el límite que establece la Norma de calidad del agua potable en las Américas esto coincide con los rangos de temperatura establecidos entre 18 °C - 30 °C en el reglamento de Calidad de Agua potable N.º 32327 (MSP, 2013, págs. 1689-1699). En la investigación, al analizar cada punto de muestreo en la Comunidad San Antonio de Padua, se observa que el 37,50% están por debajo del límite, correspondiendo a las vertientes 1,2 y 3. En la comunidad La Candelaria este porcentaje corresponde al 25%, abarcando las vertientes 1 y 2. En un estudio se lude que la temperatura de las aguas subterráneas está vinculada con el terreno que drenan, influyendo la naturaleza de las rocas y la profundidad (Tibanquiza, 2018, págs. 1-129).

## 4.2. Análisis fisicoquímicos de agua

### 4.2.1. Arsénico

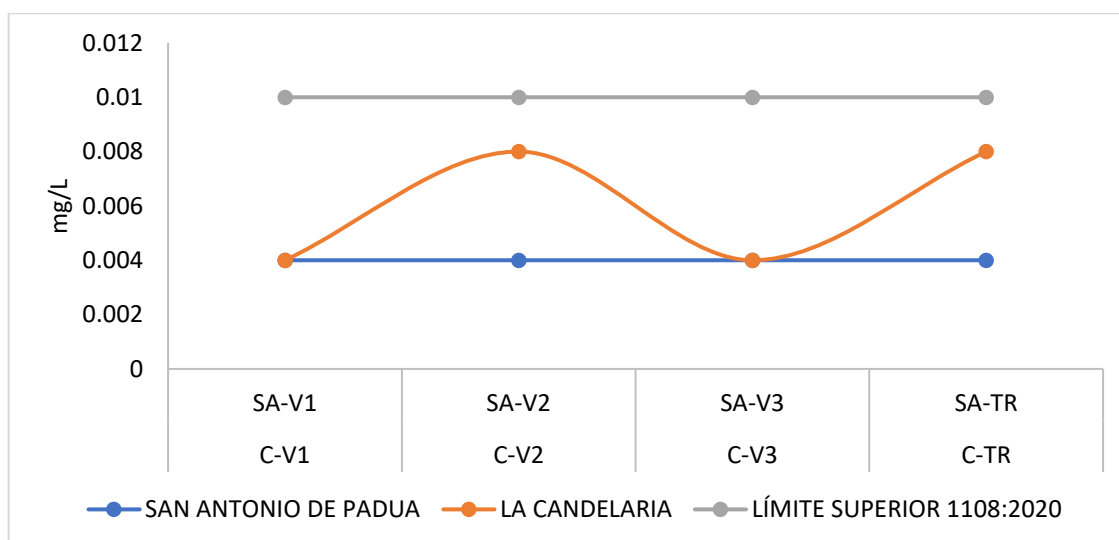
**Tabla 4-3:** Arsénico en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”.

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Media Arsénico (mg/L)	Valor mínimo	Valor máximo
Comunidad “San Antonio de Padua”	SA-V1	0,004	0,004	0,004	0,004
	SA-V2	0,004			
	SA-V3	0,004			
	SA-TR	0,004			
Comunidad “La Candelaria”	C-V1	0,004	0,006	0,004	0,006
	C-V2	0,008			
	C-V3	0,004			
	C-TR	0,008			

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la Tabla 4-3 se muestran los resultados del análisis del arsénico de las muestras recopiladas durante el periodo de noviembre a diciembre del 2023 en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. En la comunidad San Antonio de Padua, se observa que todos los puntos examinados presentaron una concentración constante de arsénico de 0,004 mg/L, lo que representa el 100% de los resultados. A diferencia de comunidad La Candelaria, que se identifica una variabilidad de 0,002 mg/ L con respecto a la comunidad de San Antonio de Padua, los niveles de arsénico en los puntos de recolección C-V2 y C-TR. Es importante destacar que, en La Candelaria, la concentración promedio de arsénico resulta en 0,006 mg/L, evidenciando la discrepancia en comparación con la uniformidad observada en San Antonio de Padua.

La presencia de arsénico en fuentes de agua subterránea para consumo humano se atribuye a su existencia natural en rocas y suelos. Lo que respalda estos resultados, ya que se ha encontrado una concentración mínima de arsénico en las muestras analizadas de las dos comunidades, lo cual concuerda en la opinión de (Smith y Steinmaus, 2023, págs. 1-5). Según la investigación (Shaibur et al., 2019, págs. 1-13), se establece el límite permisible por la OMS es 0,01 mg/L, coincidiendo con (Bis, 2012, págs. 1-3) que además menciona un límite permisible superior de 0,05 mg/ L. Aunque hay una ligera diferencia en la concentración de arsénico en las comunidades La Candelaria y San Antonio de Padua, se ajustan a los límites establecidos en el estudio que se llevó a cabo en Jashore (JUST) Es crucial destacar que incluso si el agua contiene niveles bajos de arsénico, su consumo puede tener consecuencias significativas como incrementar el riesgo de cáncer, especialmente de piel, así como ocasionar alteraciones en los pulmones, el hígado y el sistema linfático, según lo señalado por (Tuesca et al., 2015, págs. 1-159).



**Ilustración 4-4:** Análisis de arsénico en comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.2. Cadmio

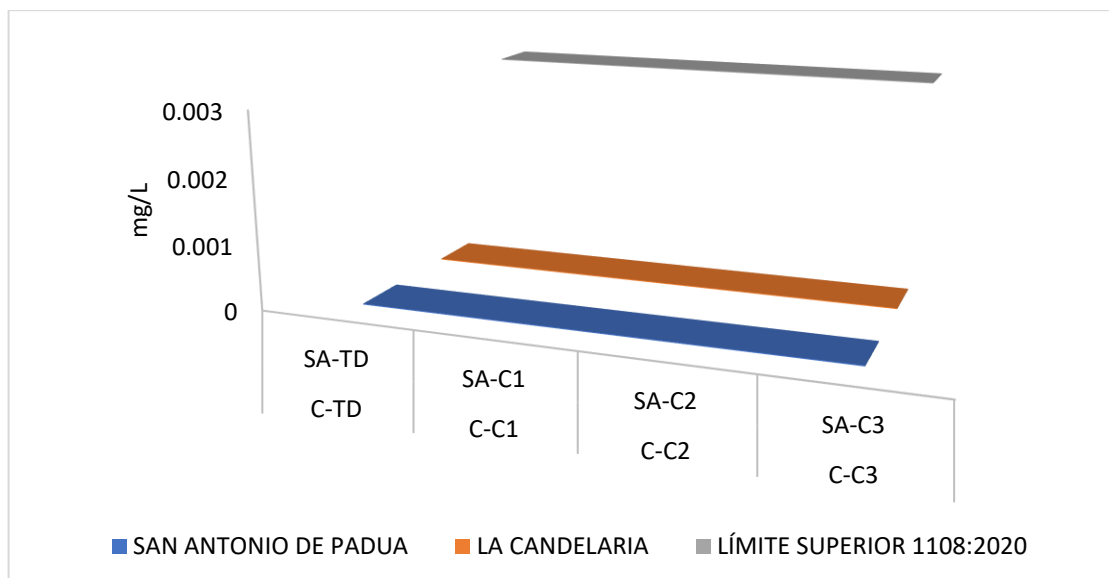
**Tabla 4-4:** Cadmio en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”.

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media cadmio mg/L
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	SA-V1	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	SA-V2	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	SA-V3	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	SA-TR	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	SA-TD	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	SA-C1	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	SA-C2	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	SA-C3	< 0,002	< 0,002	< 0,002
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-V1	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	C-V2	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	C-V3	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	C-TR	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	C-TD	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	C-C1	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	C-C2	< 0,002	< 0,002	< 0,002
	C-C3	< 0,002	< 0,002	< 0,002

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la Tabla 4-3 se presenta los resultados del análisis del cadmio de las muestras recopiladas durante el periodo de noviembre a diciembre del 2023 en la parroquia San Luis específicamente en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. Los resultados muestran concentraciones de cadmio en todas las muestras de agua de las comunidades "San Antonio de Padua" y "La Candelaria" que están por debajo de 0,002 mg/L, indicando que en estas fuentes de agua es muy baja y se encuentra por debajo del límite de detección del método analítico utilizado.

A pesar de que en el estudio no se identificó la presencia de cadmio, la investigación realizada por (Cipriani et al., 2020, págs. 1050-1064) en su estudio de la evaluación de metales pesados en aguas potables en ciudades ecuatorianas como Quito, Ibarra y Guayaquil, indican que este metal podrían estar presente en pequeñas concentraciones debido al resultado del estancamiento del agua y a los materiales utilizados en fontanería, según el estudio de (Sumithraa et al. 2022, págs. 422-427) enfocado en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua potable en las aldeas de pescadores del lago Pulicat, advierte que incluso mínimas cantidades de cadmio puede tener efectos perjudiciales, afectando el sistema nervioso central y mental así como reduciendo los niveles de energía.



**Ilustración 4-5:** Análisis de cadmio en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.3. Cloro libre residual

**Tabla 4-5:** Cloro libre residual en agua analizada en San Antonio de Padua y La Candelaria

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media de cloro residual mg/L	Media de cloro residual de vertientes y agua de consumo mg/L	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	SA-TD	0,10	0,10	0,10	0,13	0,08	0,21
	SA-C1	0,13	0,10	0,12			
	SA-C2	0,21	0,18	0,13			
	SA-C3	0,08	0,10	0,09			
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-TD	0,10	0,15	0,13	0,10	0,03	0,15
	C-C1	0,05	0,03	0,08			
	C-C2	0,10	0,10	0,10			
	C-C3	0,12	0,13	0,13			

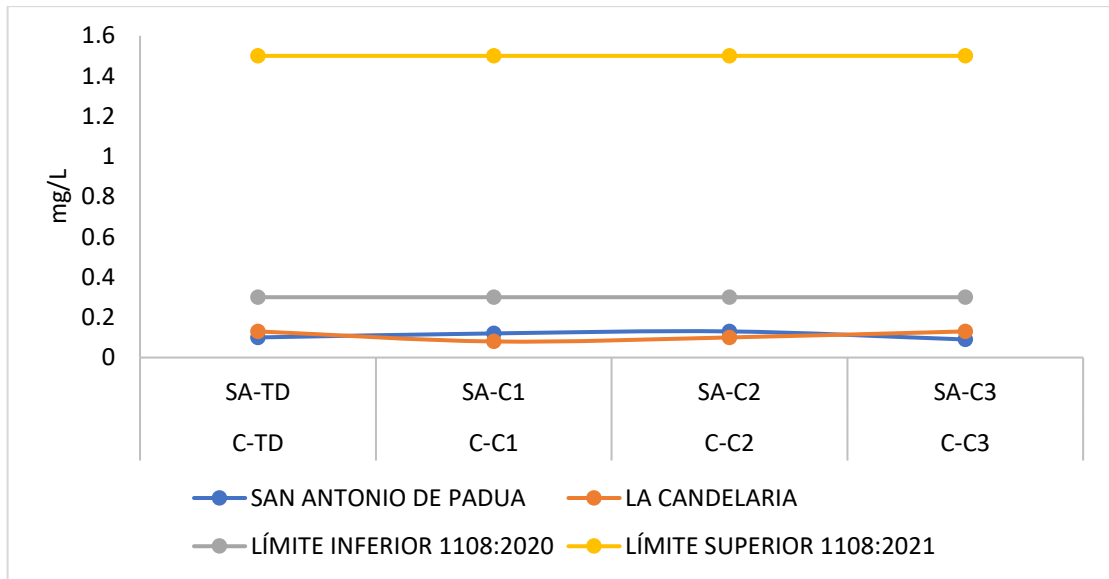
Realizado por: Yumisaca, N., 2024

En la Tabla 4-5 se presenta los resultados del análisis del cloro residual de las muestras recopiladas durante el periodo de noviembre a diciembre del 2023 en la parroquia San Luis, específicamente en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, como se puede observar los resultados de las vertientes subterráneas no se presenta, puesto que en las

comunidades no se realizan el método de cloración directamente en las vertientes subterráneas más bien se realizan desde los tanques de distribución. Los resultados presentados en la comunidad San Antonio de Padua reflejan el estado del sistema después de la última cloración realizada el 10 de octubre. Dado que las cloraciones se llevan a cabo cada tres meses, es evidente que los niveles son comparativamente bajos, pero constates, además el cloro oscila desde 0,08 mg/L a 0,21 mg/L a pesar de que la red es continua y proviene de una única fuente central para todos, los usuarios de los últimos hogares son los que consumen agua con menor cantidad de cloro. En la comunidad La Candelaria, la última cloración mensual ocurrió el 3 de octubre. A comparación con San Antonio de Padua, ambos presentan niveles bajos de cloro, pero esta oscila de 0,03 mg/L a 0,15 mg/L. A pesar de tener redes continuas, los primeros hogares muestran niveles más bajos, posiblemente a la localización del hogar y debido a diferencias en el diámetro de las tuberías en esta sección específica.

Diversas investigaciones concuerdan en que la presencia del cloro residual libre es un factor crucial para determinar la potabilidad del agua, y es esencial que sus niveles estén dentro de los rangos establecidos. En un análisis fisicoquímico, microbiológico y parasitológico del agua, cita que la presencia de cloro residual debe ser mínimo 0,2 mg/L, sin embargo, nuestros resultados revelan que ningún valor medio de ambas comunidades alcanza este valor límite mínimo (Correia et al., 2022, págs. 1-10).

Se presumen una dosificación incorrecta y la posible reacción de cloro con materia orgánica presente de los grifos. Además, según el estudio de (Campoverde, 2014, págs. 1-110), la exposición inadecuada de niveles de cloro puede causar irritación en los ojos y las vías respiratorias superiores. Por otro lado, es crucial destacar que el principal efecto tóxico de la ingesta de agua no apta para el consumo es la enfermedad diarreica aguda (EDA), que es ocasionada por toxinas de diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos, la mayoría de los cuales se transmiten a través de agua contaminada con materia fecal.



**Ilustración 4-6:** Análisis de cloro libre en comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.4. Cobre

**Tabla 4-6:** Cobre en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”.

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media cobre mg/L
Comunidad “San Antonio de Padua”	SA-V1	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	SA-V2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	SA-V3	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	SA-TR	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	SA-TD	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	SA-C1	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	SA-C2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	SA-C3	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Comunidad “La Candelaria”	C-V1	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-V2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-V3	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-TR	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-TD	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-C1	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-C2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-C3	< 0,02	< 0,02	< 0,02

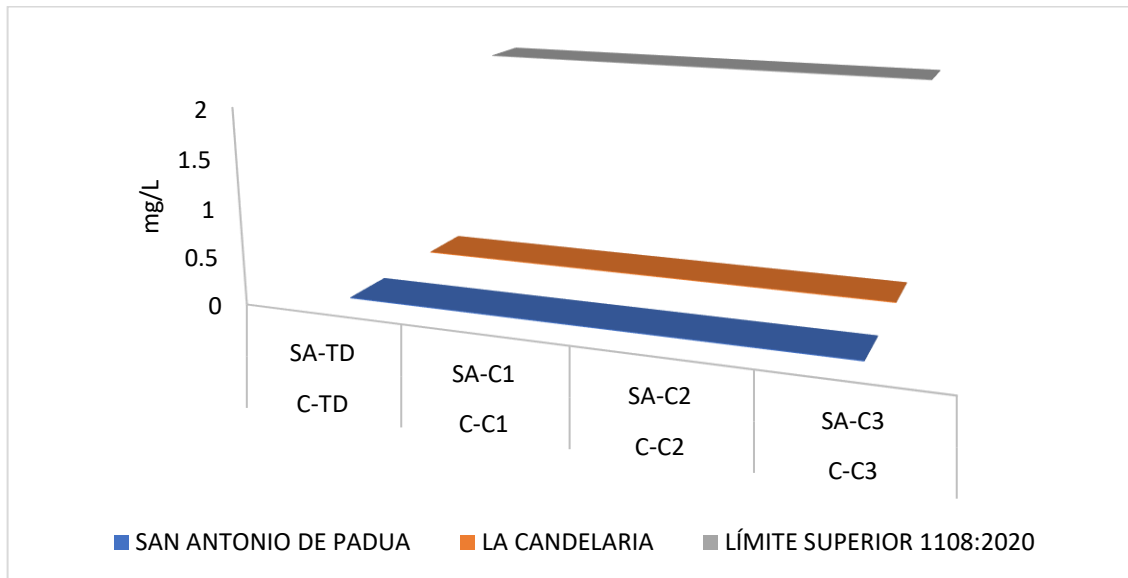
Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la Tabla 4-5 se presenta los resultados del análisis del cobre de las muestras recopiladas durante el periodo de noviembre a diciembre del 2023 en la parroquia San Luis, específicamente



en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, los resultados del análisis de cobre en muestras de agua de consumo de las comunidades "San Antonio de Padua" y "La Candelaria" indican que los niveles de este metal se mantienen consistentemente por debajo de 0,02 mg/L en todos los puntos de muestreo.

El cobre pertenece al grupo de los metales, puede originarse debido estancamiento en el sistema de distribución de agua y tuberías de fontanería, según señala (Cipriani et al., 2020, págs. 1050-1064). En la investigación, también se observa la presencia de pequeñas cantidades de cobre, lo que podría ser coherente con la posible infiltración mencionada por este. Además, aunque el cobre es esencial en niveles adecuados, coincidimos con (Arcos, 2012, págs. 1-142) en que su presencia en exceso puede acarrear efectos adversos, desde irritación respiratoria hasta daño renal y hepático.



**Ilustración 4-7:** Análisis de cobre las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.5. Color aparente

**Tabla 4-7:** Color aparente en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”.

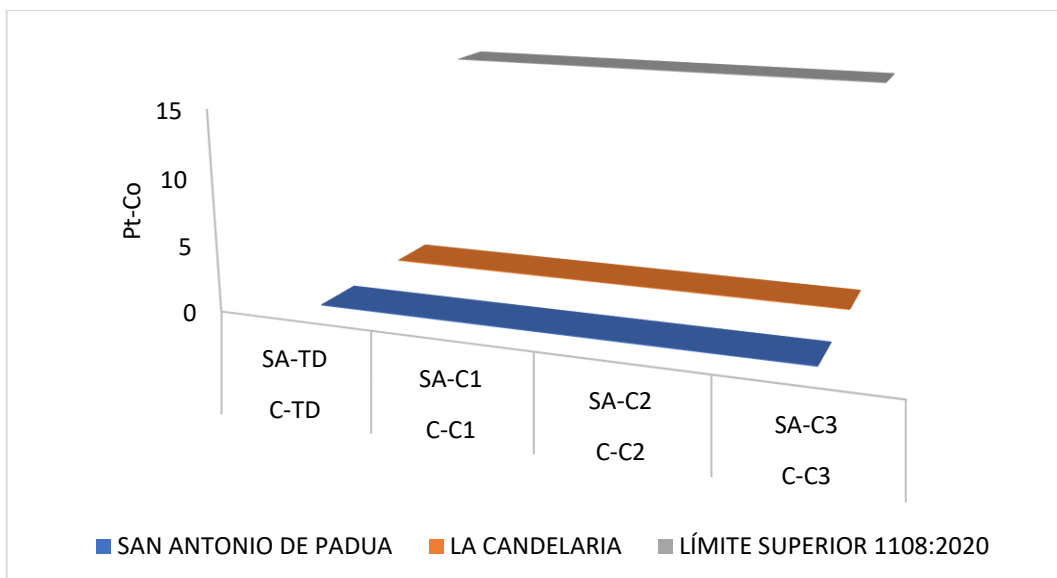
	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media color Pt-Co	Media del color en vertientes y agua de consumo Pt-Co	Valor mínimo	Valor máximo
Comunidad	SA-V1	2	3	2,5	< 1	< 1	3
	SA-V2	< 1	< 1	< 1			

<b>“San Antonio de Padua”</b>	SA-V3	2	< 1	< 1			
	SA-TR	< 1	< 1	< 1			
	SA-TD	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	SA-C1	< 1	< 1	< 1			
	SA-C2	< 1	< 1	< 1			
	SA-C3	< 1	< 1	< 1			
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-V1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	C-V2	< 1	< 1	< 1			
	C-V3	< 1	< 1	< 1			
	C-TR	< 1	< 1	< 1			
	C-TD	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	C-C1	< 1	< 1	< 1			
	C-C2	< 1	< 1	< 1			
	C-C3	< 1	< 1	< 1			

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la tabla 4-7 se presenta los resultados correspondientes al color aparente de las muestras analizadas durante el período de noviembre a diciembre del 2023 en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. La unidad de medida utilizada es Pt-Co (Platinum-Cobalt), que es una escala estándar para medir el color de agua. En general, ambas comunidades exhiben niveles de color aparente bajos, sugiriendo que el color en las vertientes subterráneas es prácticamente imperceptible según la escala Pt-Co utilizada. Este hallazgo es alentador, ya que el agua con bajo nivel de color aparente es un indicador positivo de la claridad y limpieza del agua en estas fuentes. Es importante destacar que un color aparente reducido generalmente se asocia con la ausencia de impurezas visuales y contribuye a la percepción del agua potable de alta calidad. Este resultado refuerza la calidad del suministro hídrico en ambas comunidades, proporcionando agua clara y limpia a los residentes, lo cual es fundamental para la salud y el bienestar de la población local.

Los hallazgos de la investigación realizada por (Viteri, 2018, págs. 1-112) quien evaluó la calidad física, química y microbiológica de agua para consumo humano en Tungurahua, revelaron concentraciones relativamente elevadas de color aparente, oscilando entre 6,33 Pt-Co y 28 Pt-Co. Esto se atribuye debido a diversos residuos en una zona de difícil acceso, caracterizado por la prevalencia agua incolora. Por otro lado, en Jashore (JUST) se ha observado que la presencia de Mn provoca decoloración y un sabor desagradable de agua potable. En cuanto a las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, los resultados coinciden con (Guamán, 2018, págs. 1-72), ya que cerca del 100% de las muestras de agua se encuentran por debajo de los límites permitidos. No obstante, es crucial destacar que la presencia de color por sí sola no determina la potabilidad del agua.



**Ilustración 4-8:** Análisis de color aparente en San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.6. Cromo total

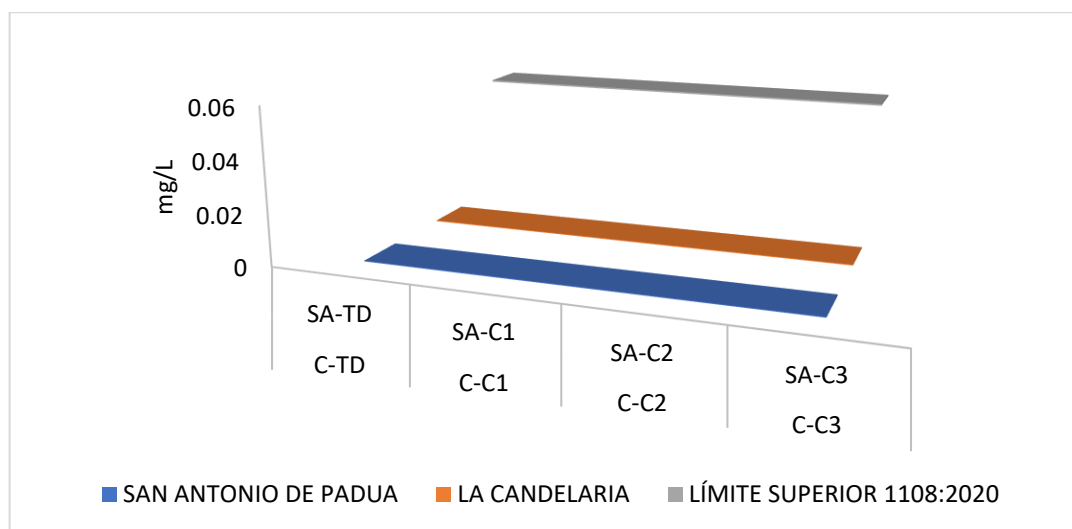
**Tabla 4-8:** Cromo total en agua en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria”

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media cromo mg/L
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	SA-V1	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	SA-V2	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	SA-V3	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	SA-TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	SA-TD	< 00,05	< 0,05	< 0,05
	SA-C1	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	SA-C2	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	SA-C3	< 0,05	< 0,05	< 0,05
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-V1	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	C-V2	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	C-V3	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	C-TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	C-TD	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	C-C1	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	C-C2	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	C-C3	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En el periodo de noviembre a diciembre del 2023, se presentan los resultados del cromo total en la tabla 4-8, de las muestras analizadas en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. En todos los puntos de muestreo, los niveles de cromo no superan 0,05 mg/L, mostrando que la concentración no pudo ser detectada con precisión, lo que sugiere una concentración por debajo del límite de detección del método analítico, indicando niveles extremadamente bajos en el agua de ambas comunidades.

La presencia de cromo total se da de forma natural debido a su origen en pozos o aguas subterráneas (Cipriani et al., 2020, págs. 1050-1064), sin embargo se alerta sobre la creciente contaminación por metales pesados, principalmente a través de descargas residuales industriales, representando una amenaza significativa para el ecosistema y la salud humana debido a su persistencia, bioacumulación y toxicidad, inclusive a concentraciones bajas (Pabón et al., 2020, págs. 9-18). En este contexto, esto respalda los resultados, que indican concentraciones de cromo inferiores a 0,05 mg/L y su origen es de vertientes subterráneas. Aunque se ha establecido que el cromo VI en concentraciones superiores a 0,05 mg/L puede ser tóxico, los hallazgos indican niveles por debajo de este umbral, lo que, según (Cipriani et al., 2020 págs. 1050-1064) y (Syeed et al., 2023, pág. 23) reduce el riesgo de toxicidad aguda o enfermedades crónicas asociadas con este metal.



**Ilustración 4-9:** Análisis del cromo total en San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.7. Fluoruros

**Tabla 4-9:** Flúor en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.

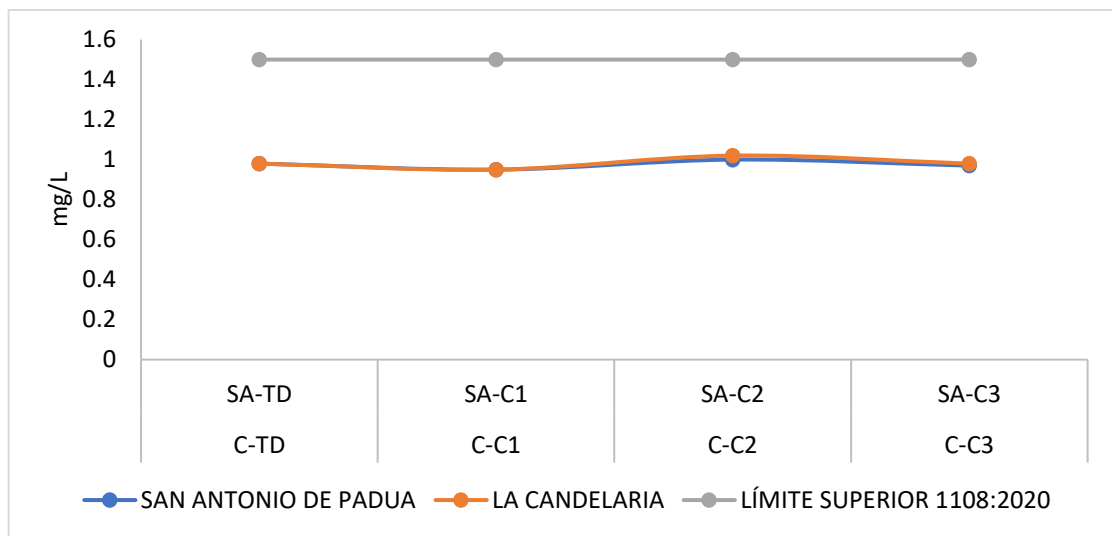
	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media flúor mg/L	Media de vertientes subterráneas y agua de consumo mg/L	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	SA-V1	1,32	1,50	1,41	1,32	0,88	1,55
	SA-V2	1,43	1,44	1,44			
	SA-V3	1,55	1,21	1,38			
	SA-TR	0,88	1,26	1,07			
	SA-TD	0,96	0,99	0,98	0,97	0,81	1,12
	SA-C1	0,99	0,91	0,95			
	SA-C2	0,91	1,09	1,00			
	SA-C3	0,81	1,12	0,97			
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-V1	0,76	0,74	0,75	0,87	0,73	1,15
	C-V2	0,99	1,15	1,07			
	C-V3	0,73	0,76	0,75			
	C-TR	0,82	1,00	0,91			
	C-TD	0,93	1,03	0,98	0,98	0,74	1,21
	C-C1	0,98	0,92	0,95			
	C-C2	0,94	1,10	1,02			
	C-C3	0,74	1,21	0,98			

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la tabla 4-9 se presentan los resultados del análisis del flúor de las muestras de agua recopiladas durante el período de noviembre a diciembre del 2023 en la parroquia San Luis específicamente en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. El análisis de flúor en las comunidades se ha identificado una variación sustancial atribuible a las características geológicas de suelo. En San Antonio de Padua, donde en las vertientes se encuentra mayor concentración, disminuyendo en los domicilios relacionando con la naturaleza rocosa del terreno. Por otro lado, en la Candelaria, los valores son ligeramente menores se presume debido a suelos más adecuados para agricultura.

Según la legislación investigada, los niveles de flúor detectados se mantuvieron por debajo de los límites establecidos. Sin embargo, es relevante señalar una excepción identificada en la vertiente 2 durante el segundo muestreo, donde la concentración alcanzó el límite de 1,50 mg/L (Correia et al., 2022 págs. 1-10). Así mismo al alinear los resultados con la investigación de (Viteri, 2018, págs. 1-112) la igualdad metodológica entre los estudios refuerza la fiabilidad de los resultados obtenidos,

mientras que la comparación con investigaciones anteriores respalda la que la calidad del agua en términos de flúor se mantiene dentro de los estándares aceptables para el consumo humano.



**Ilustración 4-10:** Análisis de flúor en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.8. Mercurio

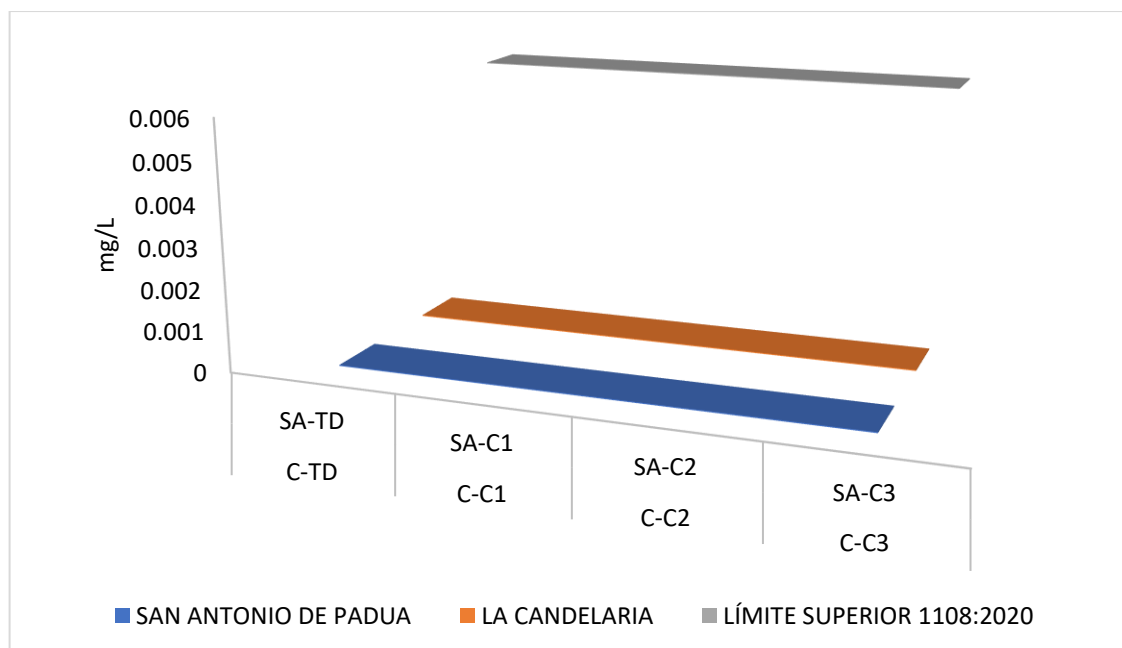
**Tabla 4-10:** Mercurio en agua en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.”

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media mercurio mg/L
Comunidad “San Antonio de Padua”	SA-V1	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	SA-V2	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	SA-V3	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	SA-TR	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	SA-TD	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	SA-C1	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	SA-C2	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	SA-C3	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Comunidad “La Candelaria”	C-V1	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	C-V2	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	C-V3	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	C-TR	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	C-TD	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	C-C1	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	C-C2	< 0,004	< 0,004	< 0,004
	C-C3	< 0,004	< 0,004	< 0,004

Realizado por: Yumisaca N., 2024

Se presentan los resultados del análisis del mercurio en la tabla 4-10, en las muestras de agua recopiladas en la parroquia San Luis, específicamente en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, durante el período de noviembre a diciembre del 2023. Los resultados indican niveles de mercurio extremadamente bajas, todas por debajo de 0,004 mg/L en todos los puntos de recolección y las dos rondas de muestreo. Indicando que, en promedio, la presencia en el agua de estos lugares es mínima. Desde el punto de vista ambiental y la ecología local estos resultados son alentadores, surgiendo bajos riesgos asociados con la exposición al mercurio en el suministro de agua.

La Organización mundial de la salud (OMS, 2017, pág. 1) identifica al mercurio como uno de los diez productos químicos que plantea problemas especiales, considerando peligrosa su exposición, incluso en pequeñas cantidades, debido a su capacidad para causar daños en el desarrollo intrauterino y provocar intoxicaciones con impactos que abarcan desde problemas neurológicos hasta malformaciones fetales. Adicional (Gafner, 2018, pág. 34) menciona que son consecuencias significativas de la extracción minera. Al cotejar nuestros resultados con el estudio de (Ávila y Tuesca, 2015, pág. 2) sobre el monitoreo y vigilancia de la calidad de agua en Colombia, emerge disparidad significativa en los niveles de mercurio. Los datos revelan concentraciones por debajo del límite establecido para agua de consumo, a diferencia del estudio de (Tuesca et al., 2015, págs. 1-159) indican que los niveles de mercurio superan el límite aceptado resaltando variabilidad en distintas regiones.



**Ilustración 4-11:** Análisis de mercurio en la comunidad San Antonio de Padua y la Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.9. Nitratos

**Tabla 4-11:** Nitratos en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media nitratos en mg/L	Media de vertientes subterráneas y agua de consumo mg/L	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	SA-V1	< 0,02	0,88	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,88
	SA-V2	< 0,02	< 0,02	< 0,02			
	SA-V3	< 0,02	0,84	< 0,02			
	SA-TR	0,59	0,84	0,72			
	SA-TD	0,68	0,99	0,83	< 0,02	< 0,02	1,04
	SA-C1	< 0,02	1,03	< 0,02			
	SA-C2	< 0,02	1,02	< 0,02			
	SA-C3	0,95	1,04	1,00			
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-V1	0,85	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,85
	C-V2	< 0,02	< 0,02	< 0,02			
	C-V3	0,17	< 0,02	< 0,02			
	C-TR	< 0,02	< 0,02	< 0,02			
	C-TD	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02
	C-C1	< 0,02	< 0,02	< 0,02			
	C-C2	< 0,02	0,02	< 0,02			
	C-C3	< 0,02	0,02	< 0,02			

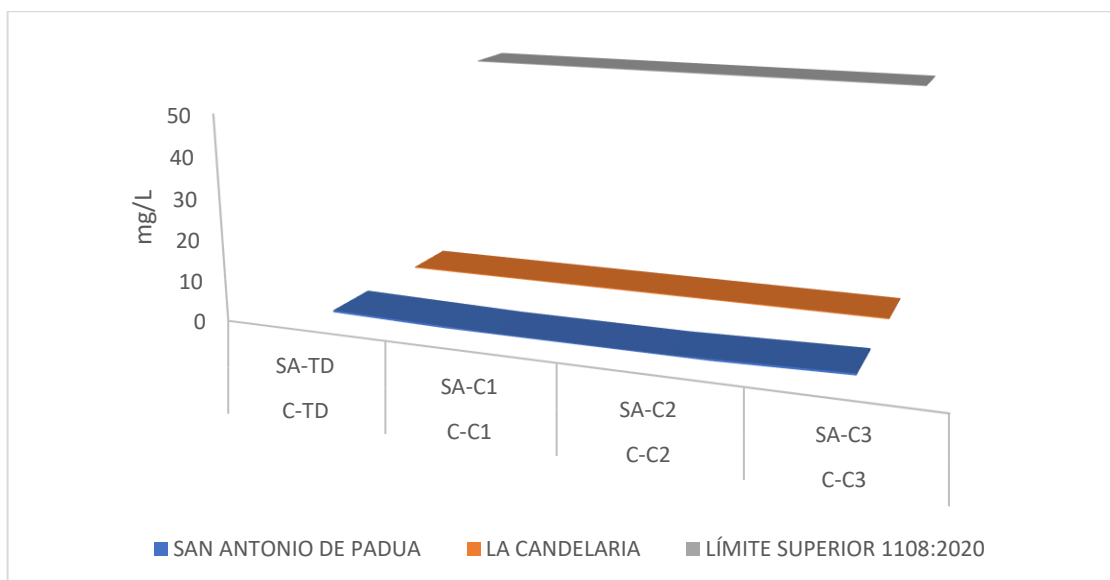
Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la tabla 4-11 se presentan los resultados del análisis de nitratos de las muestras recopiladas durante el período de noviembre a diciembre del 2023 en la parroquia San Luis, específicamente en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria. En San Antonio de Padua, los niveles oscilan entre < 0,02 mg/L y 1,04 mg/L, mientras que en La Candelaria varían entre < 0,02 mg/L y 0,85 mg/L. Estas diferencias indican una mayor concentración de nitratos en "San Antonio de Padua".

Los niveles de nitratos de las comunidades fueron relativamente bajos, coincidiendo con la investigación de calidad de agua de consumo humano en las comunidades de balsa en medio, Julián y Severino en la microcuenca Carrizal, Ecuador realizada por (Lucas y Carreño, 2018, págs. 39-46), (Pooja, 2018, págs. 2-17) donde también se menciona que la presencia en altas concentraciones pueden indicar contaminación, especialmente por fertilizantes agrícolas o residuos orgánicos, lo cual puede ser perjudicial para la salud humana y el medio ambiente. Sin embargo, se menciona



que la mínima concentración puede afectar la capacidad de transporte de oxígeno a mujeres en estado de gestación y a los bebés menores de 6 meses y según el estudio de (Jacobsen et al. 2024, pág. 2) se destaca que en Dinamarca los niveles de nitrato en el agua potable proveniente de vertientes subterráneas están estadísticamente asociados con el riesgo de cáncer colorrectal.



**Ilustración 4-12:** Análisis de nitratos en la comunidad San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.10. Nitritos

**Tabla 4-12:** Nitritos en agua analizadas en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.”

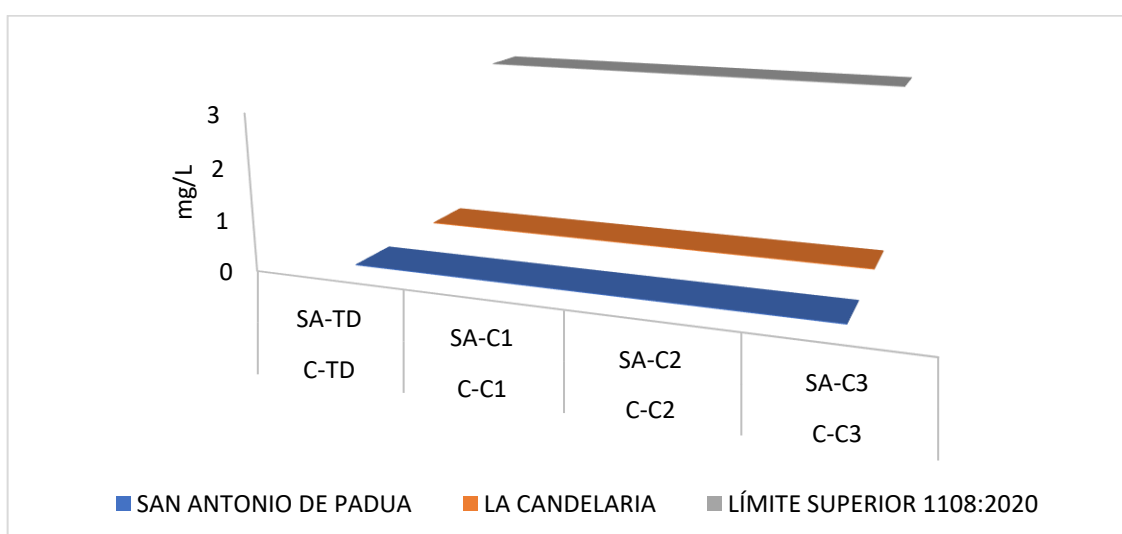
	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media nitritos en mg/L	Media de vertientes subterráneas y agua de consumo mg/L	Valor mínimo	Valor máximo
Comunidad “San Antonio de Padua”	SA-V1	< 0,02	1,23	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1,43
	SA-V2	< 0,02	1,43	< 0,02			
	SA-V3	1,10	< 0,02	< 0,02			
	SA-TR	0,50	< 0,02	< 0,02			
	SA-TD	0,86	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1,24
	SA-C1	0,46	< 0,02	< 0,02			
	SA-C2	0,76	< 0,02	< 0,02			
SA-C3	1,24	< 0,02	< 0,02				
Comunidad “La Candelaria”	C-V1	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
	C-V2	< 0,02	< 0,02	< 0,02			
	C-V3	< 0,02	< 0,02	< 0,02			

	C-TR	< 0,02	< 0,02	< 0,02			
	C-TD	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,16
	C-C1	0,16	< 0,02	< 0,02			
	C-C2	< 0,02	< 0,02	< 0,02			
	C-C3	< 0,02	< 0,02	< 0,02			

Realizado por: Yumisaca N., 2024

Los resultados del análisis de nitritos de las muestras de agua se presentan en la tabla 4-12, obtenida en parroquia San Luis, específicamente en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, recopiladas durante el período de noviembre a diciembre del 2023. En San Antonio de Padua, las concentraciones de nitritos varían entre < 0,02 mg/L y 1,43 mg/L, mientras que, en La Candelaria, se mantiene consistentemente por debajo de 0,02 mg/L. Estas discrepancias indican que "San Antonio de Padua" presenta niveles más elevados de nitritos en comparación con "La Candelaria".

Aunque los niveles de nitritos varían en los puntos de muestreo de las comunidades "San Antonio de Padua" y "La Candelaria", se observa una tendencia hacia concentraciones más elevadas en "San Antonio de Padua", alcanzando hasta 1,43 mg/L haciendo una comparación con los resultados del estudio (Rocha et al. 2022, págs. 22) los datos de la comunidad San Antonio de Padua se encuentran fuera de los rangos de la normativa boliviana NB-512 donde el rango máximo es de 0,10 mg/L, teniendo en cuenta que la concentración de nitratos y nitritos en el agua está vinculada al ciclo del nitrógeno en el suelo. La introducción de nitratos proviene principalmente de la aplicación de fertilizantes, mientras que los nitritos se forman mediante procesos de biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal y otros compuestos orgánicos.



**Ilustración 4-13:** Análisis de nitritos en comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.11. Plomo

**Tabla 4-13:** Plomo en agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.

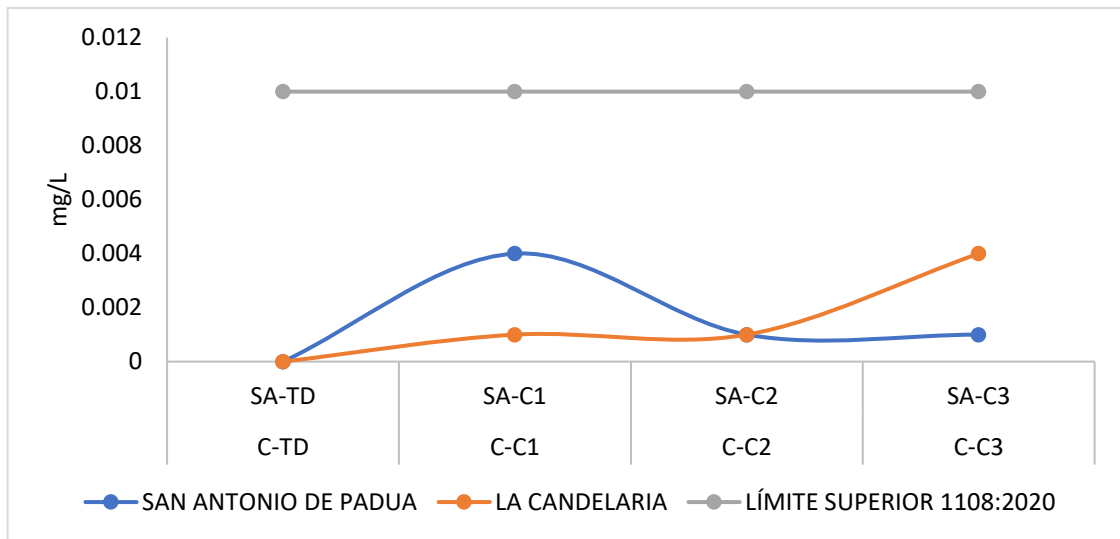
	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media plomo mg/L	Media de vertientes y de hogares	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	SA-V1	0,002	0,002	0,002	0,014	0,001	0,0095
	SA-V2	0,095	0,001	0,048			
	SA-V3	0,008	0,001	0,004			
	SA-TR	0,001	0,000	0,001			
	SA-TD	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,008
	SA-C1	0,000	0,008	0,004			
	SA-C2	0,001	0,000	0,001			
	SA-C3	0,003	0,000	0,001			
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-V1	0,004	0,001	0,002	0,001	0,000	0,0004
	C-V2	0,001	0,001	0,001			
	C-V3	0,002	0,001	0,001			
	C-TR	0,000	0,001	0,000			
	C-TD	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,006
	C-C1	0,001	0,001	0,001			
	C-C2	0,001	0,001	0,001			
	C-C3	0,006	0,002	0,004			

Realizado por: Yumisaca N., 2024

Los resultados del análisis de la concentración de plomo en muestras de agua se presentan en la tabla 4-13, recolectadas en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, pertenecientes a la parroquia San Luis. En general, las medias de los niveles de plomo son relativamente bajos en ambas comunidades, con un mayor nivel en el punto SA-V2 con 0,048 mg/L de plomo en la comunidad San Antonio de Padua y ligeramente superior en el punto C-C3 con 0,004 mg/L de plomo en La Candelaria.

La contaminación del agua con el plomo estaba vinculada a la extracción de minerales en la industria minera. Hoy en día, la fuente principal de contaminación hídrica no es el plomo en sí, sino en sus sales solubles generadas por actividades como metalurgia, la fabricación y el reciclaje, según (Afan y Flores, 2018, págs. 48-59) en el estudio de la determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca encontraron concentraciones de plomo entre 0,0105 y 0,1587 mg/L. En contraste, la determinación de metales pesados en agua para consumo humano en la ciudad de Junín realizado por (Cusiche et al. 2022, págs.

51-56) reporto valores de plomo de 0,001 a 0,002 mg/L similares a los resultados obtenidos en la investigación (0,000 a 0,048 mg/L).



**Ilustración 4-14:** Análisis de plomo en comunidades de San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.2.12. Turbiedad

**Tabla 4-14:** Turbiedad de agua analizada en “San Antonio de Padua” y “La Candelaria.”

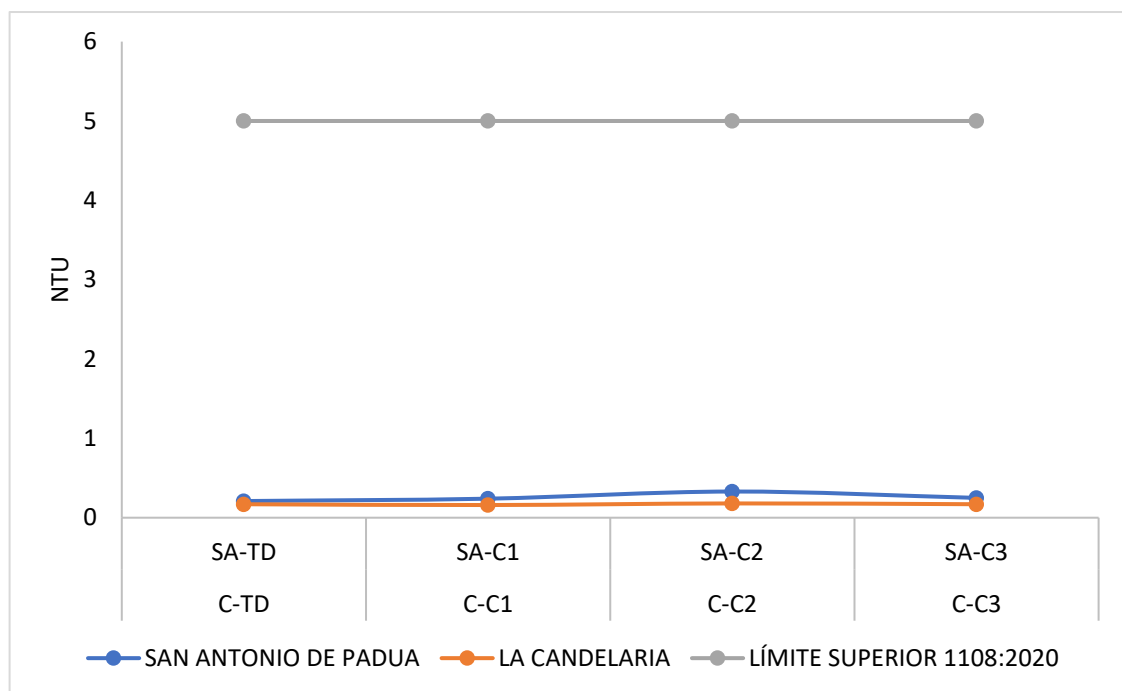
	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2	Media turbiedad NTU	Media de vertientes y de hogares	Valor mínimo	Valor Máximo
Comunidad “San Antonio de Padua”	SA-V1	0,16	0,23	0,20	0,31	0,16	0,47
	SA-V2	0,47	0,33	0,40			
	SA-V3	0,24	0,45	0,35			
	SA-TR	0,29	0,26	0,28			
	SA-TD	0,17	0,25	0,21	0,26	0,17	0,39
	SA-C1	0,21	0,27	0,24			
	SA-C2	0,39	0,26	0,33			
	SA-C3	0,22	0,28	0,25			
Comunidad “La Candelaria”	C-V1	0,17	0,31	0,24	0,34	0,17	0,79
	C-V2	0,18	0,21	0,20			
	C-V3	0,79	0,47	0,63			
	C-TR	0,33	0,25	0,29			
	C-TD	0,21	0,13	0,17	0,17	0,13	0,21
	C-C1	0,14	0,18	0,16			
	C-C2	0,17	0,19	0,18			
	C-C3	0,18	0,16	0,17			

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la tabla 4-14 se pueden observar los resultados de la turbidez en muestreo en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, pertenecientes a la parroquia San Luis. En la comunidad San Antonio de Padua, los valores medios de turbidez medidos en unidades nefelométricas de turbidez oscilan de 0,20 a 0,40, siendo el punto SA-V2 con mayor turbidez. Por otro lado, en la comunidad La Candelaria, se observan niveles de turbidez más variables, con niveles de turbidez más variables que van desde 0,16 hasta 0,63 el punto C-V3 destaca con mayor turbidez registrada.

La turbiedad del agua, evaluada por su habilidad para permitir el paso de la luz, indica la existencia de sustancias suspendidas y coloidales, resultando esencial para la salud como para la apariencia estética del agua (Pooja, 2018 págs. 2-17).

En contraste, el estudio (Caranqui, 2016, págs. 1-128) sobre el consumo del agua en la comunidad centro Flores sugiere que es estéticamente transparente, coincidiendo con los hallazgos de las comunidades de San Antonio de Padua y La Candelaria. Sin embargo, el estudio de (Tibanquiza, 2018, págs. 1-129) presenta diferencias, ya que dos de sus puntos de muestreo revelan aguas muy turbias, donde destaca que el color, la turbiedad y los cloruros son parámetros de suma importancia sanitaria.



**Ilustración 4-15:** Análisis de turbiedad en comunidad San Antonio de Padua y La Candelaria.

Realizado por: Yumisaca N., 2024

### 4.3. Análisis microbiológicos del agua

#### 4.3.1. Coliformes fecales

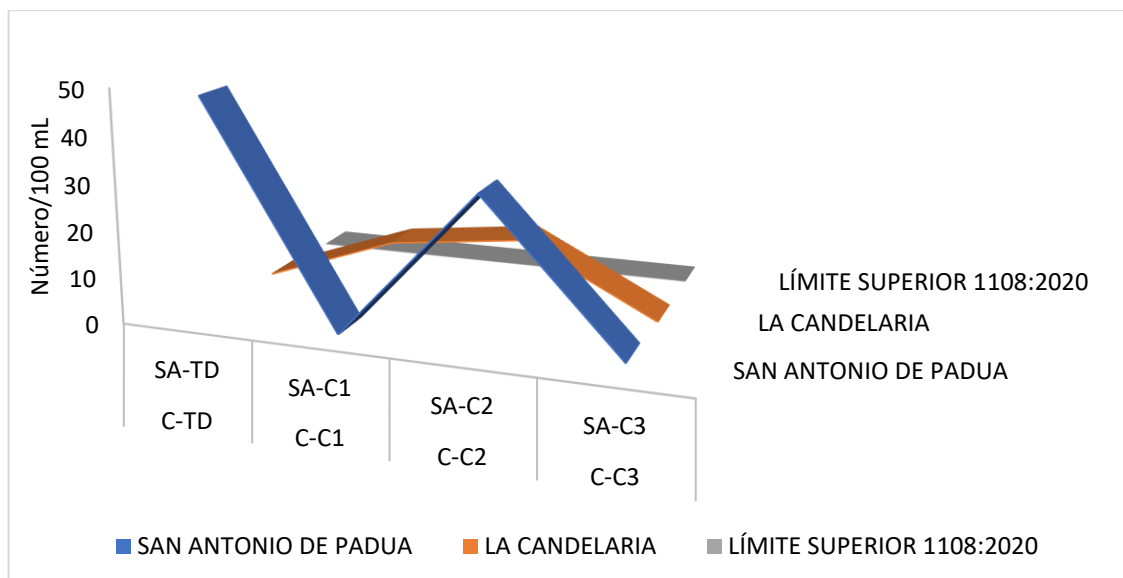
**Tabla 4-15:** Coliformes fecales en las muestras de agua analizadas en las comunidades

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2
Comunidad “San Antonio”	SA-TD	96,00	0,00
	SA-C1	0,00	0,00
	SA-C2	64,00	1,00
	SA-C3	0,00	3,00
Comunidad “La Candelaria”	C-TD	1,00	1,00
	C-C1	23,00	0,00
	C-C2	1,00	2,00
	C-C3	0,00	0,00

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la tabla 4-15 se detallan los resultados de coliformes fecales analizadas en la comunidad San Antonio de Padua y La Candelaria, pertenecientes a la parroquia San Luis, durante el periodo noviembre – diciembre 2023. Vale destacar que los resultados de vertientes subterráneas no se presentan, puesto que en las dos comunidades no se realizan el método de cloración directamente en las vertientes subterráneas, sino que empieza en los tanques de distribución. Esto se hace para evaluar la eficacia del método de cloración sobre los coliformes fecales. Es relevante notar que únicamente en el punto SA-C1 y C-C3 no se detectó presencia de coliformes fecales, señalando condiciones más favorables en dichos lugares a diferencias de los demás puntos.

La presencia de coliformes fecales es crucial para evaluar la higiene en el agua y los alimentos, siendo *E. coli* altamente representativa en un 90-100% (Larreal et al., 2015 págs. 24-34). Se presume que la contaminación por coliformes fecales en las comunidades podría estar relacionada con el pastoreo frecuente de animales en las áreas de las vertientes y la proximidad de corrales a los tanques de distribución. Resultados que obtuvo (Guamán, 2018, págs. 1-72) en la comunidad Zazapud Hospital refuerzan este problema, mostrando un 100% de contaminación por coliformes fecales en las muestras analizadas.



**Ilustración 4-16:** Análisis de coliformes fecales en San Antonio de Padua y La Candelaria

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.4. Análisis parasitológicos del agua

##### 4.4.1. *Cryptosporidium spp.*

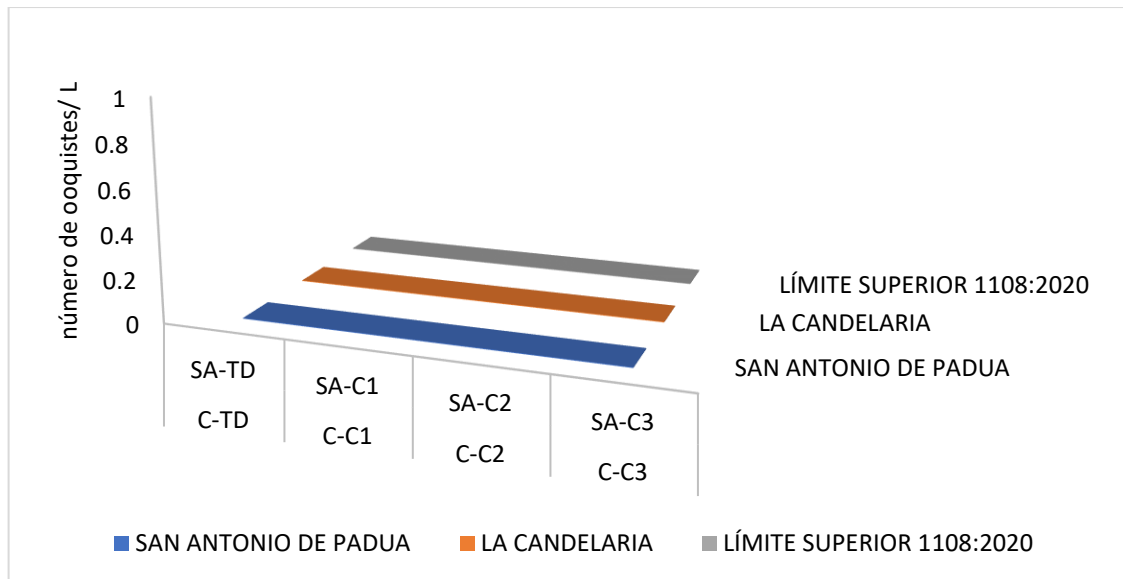
**Tabla 4-16:** *Cryptosporidium spp.* en muestras de agua analizadas en comunidades

	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2
<b>Comunidad “San Antonio de Padua”</b>	SA-TD	Ausencia	Ausencia
	SA-C1	Ausencia	Ausencia
	SA-C2	Ausencia	Ausencia
	SA-C3	Ausencia	Ausencia
<b>Comunidad “La Candelaria”</b>	C-TD	Ausencia	Ausencia
	C-C1	Ausencia	Ausencia
	C-C2	Ausencia	Ausencia
	C-C3	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la tabla 4-16 se detallan los resultados del análisis de *cryptosporidium spp.* en muestras de agua de consumo recolectadas durante el periodo de noviembre y diciembre de 2023 en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, ambas pertenecientes a la parroquia San Luis. Destaca que en todas las muestras analizadas se evidencia la ausencia total de *cryptosporidium spp.*, sugiriendo un panorama libre de este microorganismo durante el periodo de estudio en las fuentes de agua de consumo en ambas comunidades.

El informe de (Larreal et al., 2015 págs. 24-34) resalta el problema de salud en América Latina y el Caribe, señalando que la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento contamina recursos hídricos, lo que lleva a causar enfermedades como cólera, amebiasis y hepatitis. Los análisis de *cryptosporidium spp.*, en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria en muestras de agua revelan que este parásito está ausente. Siendo altamente positivo para salvaguardar la calidad del suministro de agua potable en ambas comunidades, al igual que la evaluación de la calidad del agua en Chunchi realizada por (Molina, 2016, págs. 1-153).



**Ilustración 4-17:** Análisis de *cryptosporidium spp.* en San Antonio de Padua y La Candelaria

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.4.2. *Giardia spp.*

**Tabla 4-17:** *Giardia spp.* en muestras de agua analizadas en las comunidades

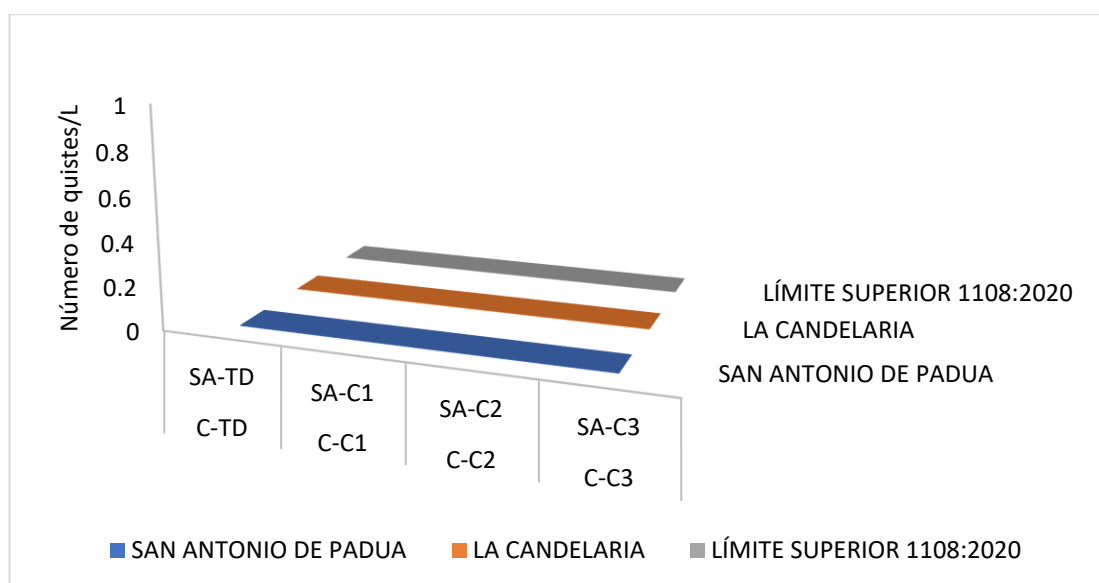
	Puntos de muestreo	Muestreo 1	Muestreo 2
Comunidad “San Antonio de Padua”	SA-TD	Ausencia	Ausencia
	SA-C1	Ausencia	Ausencia
	SA-C2	Ausencia	Ausencia
	SA-C3	Ausencia	Ausencia
Comunidad “La Candelaria”	C-TD	Ausencia	Ausencia
	C-C1	Ausencia	Ausencia
	C-C2	Ausencia	Ausencia
	C-C3	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Yumisaca N., 2024



En la tabla 4-17 se presentan los resultados del análisis de *Giardia spp.* en muestras de agua de consumo recolectadas durante el periodo de noviembre y diciembre de 2023 en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, ambas pertenecientes a la parroquia San Luis. Los datos revelan consistentemente la ausencia completa de *Giardia spp.* en todos los puntos de muestreo, tanto en la primera como en la segunda ronda de análisis.

Resultados proporcionados en el análisis del agua de la comunidad Zazapud Hospital revelan la presencia del 4,16% de *Giardia spp.*, detectado mediante el método de centrifugación (Guamán, 2018, págs. 1-72). Contrastando esta información, (Molina, 2016, págs. 1-153) examinó muestras de agua de consumo en el cantón Chunchi, encontrando que el 50% de las muestras analizadas presentaban *Giardia spp.* Sin embargo, en nuestros análisis, realizados en dos muestreos consecutivos, se evidencia la ausencia total de este parásito. Este contraste en los resultados subraya la variabilidad en la presencia de *Giardia spp.* en diferentes localidades y resalta la importancia de las evaluaciones locales para comprender y abordar los riesgos asociados a la contaminación de agua. (Alcaraz, 1995, págs. 1-9) menciona que principalmente la transmisión es fecal-oral indirecta, que ocurre al consumir agua o alimentos contaminados con quistes del parásito, porque puede estar presente en escorrentía y vertidos de aguas subterráneas.



**Ilustración 4-18:** Análisis de *Giardia spp.* en San Antonio de Padua y La Candelaria

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.5. Análisis comparativo de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos con NTE INEN 1108:2021

A continuación se presenta el análisis comparativo:

#### 4.5.1. Parámetros fisicoquímicos

**Tabla 4-18:** Comparación de resultados fisicoquímicos de comunidades con INEN 1108:2020.

Parámetros	Resultados “San Antonio de Padua”	Límite permitido por la INEN 1108:2020	Evaluación de calidad del agua de consumo	Resultados “La Candelaria”	Límite permitido por la INEN 1108:2020	Evaluación de calidad del agua de consumo
<b>pH</b>	7,64	6,5-8	Cumple	8,21	6,5-8	No cumple
<b>Arsénico</b>	0,004 mg/L	0,01 mg/L	Cumple	0,006 mg/L	0,01 mg/L	Cumple
<b>Cadmio</b>	< 0,002 mg/L	0,003 mg/L	Cumple	< 0,002 mg/L	0,003 mg/L	Cumple
<b>Cloro libre residual</b>	0,13 mg/L	0,3-1,5 mg/L	No cumple	0,10 mg/L	0,3-1,5 mg/L	No cumple
<b>Cobre</b>	< 0,02 mg/L	2 mg/L	Cumple	< 0,02 mg/L	2 mg/L	Cumple
<b>Color aparente</b>	< 1 Pt-Co	15 Pt-Co	Cumple	< 1 Pt-Co	15 Pt-Co	Cumple
<b>Cromo total</b>	< 0,05 mg/L	0,05 mg/L	Cumple	< 0,05 mg/L	0,05 mg/L	Cumple
<b>Fluoruro</b>	0,97 mg/L	1,5 mg/L	Cumple	0,98 mg/L	1,5 mg/L	Cumple
<b>Mercurio</b>	< 0,004 mg/L	0,006 mg/L	Cumple	< 0,004 mg/L	0,006 mg/L	Cumple
<b>Nitratos (NO<sub>3</sub>)</b>	< 0,02 mg/L	50,0 mg/L	Cumple	< 0,02 mg/L	50,0 mg/L	Cumple
<b>Nitritos (NO<sub>2</sub>)</b>	< 0,02 mg/L	3,0 mg/L	Cumple	< 0,02 mg/L	3,0 mg/L	Cumple
<b>Plomo</b>	0,002 mg/L	0,01mg/L	Cumple	0,002 mg/L	0,01mg/L	Cumple
<b>Turbiedad</b>	0,26 NTU	5 NTU	Cumple	0,17 NTU	5 NTU	Cumple

Realizado por: Yumisaca N., 2024

De acuerdo con los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua de las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, en la tabla 4-18 se presenta una tabla general de todos los parámetros, específicamente los resultados de la media del agua de consumo, centrándose desde el tanque de distribución hasta el último hogar de las dos comunidades, indicando en las columnas 4 y 7 (Evaluación de calidad del agua de consumo) si los parámetros cumplen o no cumplen con los límites establecidos según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2020.

Ambas comunidades muestran en su mayoría una calidad de agua admisible y segura para el consumo de las personas, los parámetros que cumplen son: arsénico y se puede comprobar mediante la ilustración 4-4, cadmio mediante la ilustración 4-5, cobre mediante la ilustración 4-7, color aparente mediante la ilustración 4-8, cromo total mediante la ilustración 4-9, flúor mediante la ilustración 4-10, mercurio mediante la ilustración 4-11, nitratos mediante la ilustración 4-12, nitritos mediante la ilustración 4-13, plomo mediante la ilustración 4-14 y finalmente la turbiedad

mediante la ilustración 4-15. Los parámetros que no cumplen son el pH y cloro residual, en la ilustración 4-3 se puede verificar en la comunidad la Candelaria un pH elevado lo que puede generar cambios negativos en el agua, como afirma (Pérez, 2016 pág. 3) la alcalinidad confiere resistencia al cambio de pH ante ácidos, pero su aumento puede causar precipitaciones o que sean susceptibles a reacciones, además al consumir esta agua puede causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración. Con respecto al cloro residual, existe una deficiencia en ambas comunidades como se puede visualizar en la ilustración 4-6, lo que compromete el agua de consumo, debido a esta deficiencia. Este inconveniente puede estar vinculado a la dosificación insuficiente de cloro durante el tratamiento o a posibles fallas en las fechas de cloración, ya que la fecha indicada por los responsables de la cloración era aproximada, la presencia de materia orgánica en los grifos de las redes de distribución también podría estar consumiendo el cloro y de esta manera disminuyendo su concentración. Además, el pH también podría tener una influencia significativa en la comunidad La Candelaria debido a su alcalinidad, ya que, como afirma (Molina, 2016, págs. 1-153), el ion hipoclorito es menos eficiente que el ácido hipocloroso.

#### 4.5.2. *Parámetros microbiológicos*

**Tabla 4-19:** Comparación de resultados microbiológicos de comunidades con INEN 1108:2020

Parámetros	Resultado de “San Antonio de Padua”	Límite permitido por la INEN 1108:2020	Evaluación de calidad del agua de consumo	Resultado de “La Candelaria”	Límite permitido por la INEN 1108:2020	Evaluación de calidad del agua de consumo
Coliformes fecales	Presencia	Ausencia	No cumple	Presencia	Ausencia	No cumple

Realizado por: Yumisaca N., 2024

#### 4.5.3. *Parámetros parasitológicos*

**Tabla 4-20:** Comparación de resultados parasitológicos de comunidades con INEN 1108:2020

Parámetros	Resultado de “San Antonio de Padua”	Límite permitido por la INEN 1108:2020	Evaluación de calidad del agua de consumo	Resultado de “La Candelaria”	Límite permitido por la INEN 1108:2020	Evaluación de calidad del agua de consumo
<i>Cryptosporidium</i>	0/L	Ausencia	Cumple	0/L	Ausencia	Cumple
<i>Giardia</i>	0/L	Ausencia	Cumple	0/L	Ausencia	Cumple

Realizado por: Yumisaca N., 2024

En la tabla 4-19 y 4-20 se revela todos los resultados del análisis microbiológico y parasitológicos de la calidad del agua respectivamente en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, específicamente de los puntos de agua de consumo que corresponde desde el tanque de distribución hasta el último hogar de las comunidades. En la ilustración 4-16 se observa la presencia de coliformes fecales incumpliendo con los límites establecidos por la norma técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2020 (INEN, 2020, págs. 1-14).

La presencia de coliformes fecales en el ambiente, el agua, la vegetación y el suelo indica una posible contaminación fecal en estos entornos, cuando las personas entran en contacto con agua contaminada lo que aumenta el riesgo de contraer enfermedades y afecciones asociadas como, irritaciones cutáneas, infecciones oculares, otitis, rinitis, faringitis y enfermedades respiratorias (Fernández, 2017, pág. 5). Por lo que los resultados se asocian a la presencia de tierra en las muestras obtenidas, debido a que el día del muestreo realizaron una limpieza de las vertientes, además alrededor de las vertientes se observó presencia de excremento de animales por lo que se presume el pastoreo de animales. Sin embargo, en las ilustraciones 4-17 y 4-18 se verifica la ausencia de los parásitos *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.* cumpliendo con los estándares establecidos. La presencia de coliformes fecales resalta la importancia de una dosificación adecuada de cloro, la falta de un sistema de filtración para evitar la presencia de sólidos suspendidos y falta de medidas para evitar la contaminación de las vertientes.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- En muestras de agua de consumo humano de las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria se determinó los parámetros fisicoquímicos existiendo problemas con el pH y cloro libre residual. En las dos comunidades la concentración de cloro libre residual es baja. Además, el pH del agua en la comunidad La Candelaria es alcalino, esto puede dar origen a la proliferación de microorganismos patógenos.
- La calidad del agua en base a la norma técnica ecuatoriana INEN 1108:2020 del análisis de los parámetros microbiológicos de las dos comunidades de la parroquia San Luis presentan coliformes fecales, reiterando la importancia de la eficacia del cloro dado que dicho prevailecimiento puede causar enfermedades gastrointestinales, infecciones y diarreas a esta población, en cuanto a los parámetros parasitológicos no se encontró la presencia de *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.*
- Se concluye que el agua de las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, no están aptas para el consumo humano debido a que existe inconformidades con dos parámetros fisicoquímicos, microbiológico y parasitológicos de acuerdo a la normativa técnica ecuatoriana INEN 1108:2020 lo que puede ser perjudicial para la salud de la población.

#### 5.2. Recomendaciones

- Verificar ausencia de sólidos suspendidos mediante la filtración en las muestras de agua, antes de ser analizada para evitar interferencias, desgaste, daños o problemas con la calidad de los equipos de la ESPOCH.
- Se recomienda realizar la implementación de un sistema de tratamiento de aguas básico en las comunidades San Antonio de Padua y La Candelaria, pertenecientes a la parroquia San Luis con el objetivo de garantiza un agua apta y segura para el consumo humano.

- Capacitar a las directivas y población en general de las dos comunidades, sobre la importancia y posibles consecuencias que pueden llevarse cabo por la falta de cumplimiento de la normativa técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2020.
- Identificar y cuantificar *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii*.
- Se recomienda colocar postes indicativos en las vertientes, tanques de recolección y distribución indicando que no se permite el paso con animales, ni la presencia de basura en estas zonas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEVEDO, Rosa et al.** "Calidad del agua para consumo humano: municipio de Turbaco-Bolivar, norte de Colombia". *Research Gate* [en línea]. 2015. (Colombia), vol. 2(1), págs. 1-94. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/282493297>
2. **AFAN, Karina. y FLORES, Víctor.** Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Norbert Wiener. Perú. 2018. págs. 48-59. [Consulta: 25 octubre 2023] Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/1853/TITULO%20-%20Flores%20Romero%2c%20%20Victor%20Emilio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. **ALCARAZ, María.** "Giardia y Giardosis". *Control de calidad SEIMC*. [en línea] 1995 (España), vol 5(2), pág. 1-9. [Consulta: 6 octubre 2023] Disponible en: <https://seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/parasitologia/Giardia.pdf>
4. **ALJ.** *Torrent of problems: water challenges of Latin America*. *Abdul Latif Jameel* [blog] España 2020, pág. 1-9. [Consulta: 6 octubre 2023] Disponible en: <https://alj.com/en/perspective/torrent-of-problems-water-challenges-of-latin-america/>
5. **ARCOS, Anete.** Síntesis y caracterización de un criogel a partir de quitosano y su estudio como adsorbente de iones Cu (II) en solución acuosa. [en línea] (Trabajo de titulación). Instituto Tecnológico de Toluca. México. 2012. págs. 1-142. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/45/089/45089742.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/089/45089742.pdf)
6. **ARGOTTI, Carlos.** "Prevención comunitaria de enfermedades diarreicas agudas a partir de la evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua". *Medwave*. [en línea] 2021 (España), vol 10(1), pág. 1-60. [Consulta: 6 octubre 2023] Disponible en: <https://www.medwave.cl/resumenescongreso/ciisalud2021/8250.html>
7. **ARAQUE, Miguel et al.** Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2022. pág. 16. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22350/4/DISEN%CC%83O%20HIDRA%CC%81ULICO%20DE%20PLANTAS%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20POTABLE.pdf>
8. **ARMIJO, Rosario et al.** "Contaminantes Químicos del Agua: Contaminación Antropogénica". *Revista MoleQla*. [en línea] 2019 (España), vol. 24(3), págs. 1-9. [Consulta: 6 octubre 2023] Disponible en:

<https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleq1a/documentos/Numero35/Destacado-3.pdf>

9. **BAQUE, Renato et al.** "Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador". *Revista Ciencia Unemi*. [en línea] 2016 (Ecuador), vol 9(20), págs. 109-117 [Consulta: 6 octubre 2023] Disponible en: <file:///C:/Users/alejo/Downloads/Dialnet-CalidadDelAguaDestinadaAlConsumoHumanoEnUnCantonDe-5774767.pdf>
10. **BEYER, Lothar.** *Química Inorgánica*. [en línea]. España: Journal of Chemical Information and Modeling. 2012, pág. 284. [Consulta: 15 octubre 2023] Disponible en: [https://librosdeconsultaparabachillerato.files.wordpress.com/2018/08/quimica\\_inorganica\\_reccio\\_5ed.pdf](https://librosdeconsultaparabachillerato.files.wordpress.com/2018/08/quimica_inorganica_reccio_5ed.pdf).
11. **BIS.** *Bureau of Indian Standards* [blog] India: 2012, pág. 1-3. [Consulta: 21 octubre 2023] Disponible en: <https://www.bis.gov.in/>
12. **CABRERA, Erika et al.** "Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar". *Revista de la Sociedad Química de México*. [en línea] 2003 (México), vol 47(1), pág. 88-92. [Consulta: 6 octubre 2023] Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v47n1/v47n1a14.pdf>
13. **CALLE, Secundino.** "Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa". *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. [en línea] 2023 (Bolivia), vol 7(4), pág. 1865-1879. [Consulta: 6 octubre 2023] Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7016/10657>
14. **CARANQUI, Alex.** Evaluación físico-química y microbiológica del agua para consumo humano de la Comunidad Centro Flores, Parroquia Flores, provincia de Chimborazo. [en línea] (Trabajo de titulación). ESPOCH. Ecuador. 2016. pág. 1-128. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/5715>.
15. **CHACÓN, M.** Análisis físico y químico de la calidad del agua. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Santo Tomás. Colombia. 2017. pág. 20-57. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33951/Capitulo1Analisisfisico2016MyriamChacon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. **CIP. TULSMA,** Revisión y actualización de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. [en línea] 2015 (Ecuador), pág. 1-40. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>.
17. **CIPRIANI, Isabel et al.** "Heavy metal assessment in drinking waters of Ecuador: Quito, Ibarra and Guayaquil". *Journal of Water and Health*. [en línea] 2020 (Ecuador), vol. 18(6), pág. 1050-1064. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://iwaponline.com/jwh/article/18/6/1050/77704/Heavy-metal-assessment-in-drinking->



waters-of

18. **CODESE.** Constitución de la República del Ecuador. [en línea] 2020 (Ecuador), pág. 9-14. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.cosede.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>
19. **CORBIN, Alain.** "Reflexiones sobre el agua dulce, el agua salada, y su historia". *Cuadernos Lírico*. [en línea] 2018 (Francia), vol 18(1), pág. 1-15. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <file:///C:/Users/alejo/Downloads/lirico-4600.pdf>
20. **CORREIA, Marta et al.** "Physicochemical, microbiological and parasitological analysis of water for human consumption in a quilombola community in Alagoas". *Brazilian Journal of Biology* [en línea] 2022 (Brasil), pág. 1-10. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/CGP7PKQBsGyZ47RYdPQ7Gdn/?lang=en>
21. **CUSICHE, Leoncio et al.** "Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín". *Prospectiva Universitaria*. [en línea] 2022 (Perú), vol 82(1), pág. 51-56. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/view/1416>
22. **INEC.** Censo de la Gestión , Gasto e Inversión en Protección Ambiental en Municipios y Consejos Provinciales 2010 [en línea]. 2013. (Ecuador), pág. 1-10. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: [file:///C:/Users/Personal/Desktop/TIC/DOCUMENTOS TESIS MENDELEY/Glosario Municipios.pdf](file:///C:/Users/Personal/Desktop/TIC/DOCUMENTOS%20TESIS%20MENDELEY/Glosario%20Municipios.pdf).
23. **FAO.** "Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria". *Informe Sobre Temas Hídricos no. 38* [en línea]. 2013 (Roma), vol. 38(1), pág. 97. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>.
24. **FERNÁNDEZ, María.** "Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas". *ICIDCA* [en línea] 2017 (Cuba), vol 51(2), pág. 5. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>.
25. **FISHER, M.** "Environmetal Biology (HA y R. SCHLEIGER)". *Ciencias Ambientales* [en línea] 2022 (Estados Unidos), vol. 2(1), pág. 1. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: [https://espanol.libretexts.org/Biologia/Ecología/Ciencias\\_Ambientales\\_\(Ha\\_y\\_Schleiger\)/04%3A\\_Los\\_humanos\\_y\\_el\\_medio\\_ambiente/4.02%3A\\_Recursos\\_Hídricos/4.2.01%3A\\_Abastecimiento\\_de\\_Agua\\_Dulce\\_y\\_Ciclo\\_del\\_Agua](https://espanol.libretexts.org/Biologia/Ecología/Ciencias_Ambientales_(Ha_y_Schleiger)/04%3A_Los_humanos_y_el_medio_ambiente/4.02%3A_Recursos_Hídricos/4.2.01%3A_Abastecimiento_de_Agua_Dulce_y_Ciclo_del_Agua).
26. **FUNDACION NACIONAL DE SALUD.** Manual Práctico De Análisis De Agua. Manual Práctico de análisis de Agua [en línea], 2020. (Brasil), pág. 153. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <http://www.saude.gov.br/bvs>.
27. **GAFNER, Claudia.** La contaminación hídrica por mercurio y su manejo en el derecho colombiano [en línea] 1ra ed. 2018. (Colombia), pág. 495. [Consulta: 12 noviembre 2023]

Disponible en: <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/11de1e14-72de-4667-ac18-e917033bd47f/content>

28. **GARCÍA, Lourdes et al.** "Caracterización del agua de vertiente de la comunidad las peñas del cantón rocafuerte characterization of spring water in the community of las peñas in the canton of rocafuerte". *INGENIAR*. [en línea]. 2023. (Ecuador), vol. 6(11), págs. 141-154. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/120>
29. **GARCÍA, Rita et al.** "Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de sigüenza". *Revista Española de Salud Pública*. [en línea]. 2003. (México), vol. 77(2), págs. 1-11. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v77n3/original9.pdf>.
30. **GODOY, María. y SÁNCHEZ, Raisa.** "Consecuencia, Pérdida de la bioversidad marina como consecuencia de la acidificación de los océanos". *Revista Desarrollo Local Sostenible* [en línea], 2017. (Ecuador), vol 2(1), págs. 1988-1990. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/delos/29/biodiversidad-marina.html>
31. **GÓMEZ, Jenny. y AGUIRRE, Magdalena.** "Criptosporidiosis". *Revista Academia Mexicana de Ciencias* [en línea] 2017. (México), vol 68(1), págs. 22-25. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_1/PDF/criptosporidiosis.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_1/PDF/criptosporidiosis.pdf).
32. **GONZÁLEZ, Mería.** "La calidad del agua para fines analíticos". *Universidad de Sevilla*. [en línea] 2018. (España), vol. 5(1), págs. 44-45. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/82768/Gonzalez%20Ruiz%2C%20Mar%20C3%ADa%20Luisa.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20definitiva%2C%20el%20agua%20para,y%20del%20proceso%20anal%20ADtico%2C%20en>
33. **GUADARRAMA, María. y GALVÁN, Antonia.** "Impacto del uso de agua residual en la agricultura". *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. [en línea] 2015. (México), vol 4(7), págs. 1-23. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29/83>
34. **GUAMÁN, Diego.** Evaluación Físico - Química Y Microbiológica Del Agua De La Junta Administradora De Agua Potable De La Comunidad Zazapud Hospital, Parroquia Columbe, Cantón Colta, Provincia De Chimborazo. [en línea] (Trabajo de titulación). ESPOCH. 2018. págs. 1-72. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8895>
35. **IJABADENIYI, Oluwatosin et al.** "Irrigation water as a potential preharvest source of bacterial contamination of vegetables". *Journal of Food Safety*. [en línea] 2011. (Estados

- Unidos), vol 21(1), págs. 452-461. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-4565.2011.00321.x>
36. **INEC.** Principales resultados. Encuesta Nacional sobre Desnutrición Infantil [en línea] 2023. (Ecuador), pág. 43. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ENDI/Presentacion\\_de\\_Resultados\\_ENDI\\_R1.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ENDI/Presentacion_de_Resultados_ENDI_R1.pdf)
37. **INEN.** NTE INEN 1105: aguas. Muestreo para examen microbiológico. [en línea] 2012. (Ecuador), págs. 1-8. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%201105%20-%20AGUAS.%20MUESTREO%20PARA%20EXAMEN%20MICROBIOL%20C3%93GICO.pdf>
38. **INEN.** Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Manejo Y Conservación De Muestras. [en línea] 2013. (Ecuador), pág. 26. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACION%20DE%20MUESTRAS.pdf>
39. **INEN.** Agua de Consumo NTE-INEN 1108. [en línea] 2020. (Ecuador), págs. 1-14. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%201108%20-%20AGUA%20POTABLE.%20REQUISITOS.pdf>
40. **JACOBSEN, Brian et al.** "Health-economic valuation of lowering nitrate standards in drinking water related to colorectal cancer in Denmark". *Science of the Total Environment*. . [en línea] 2024. (Dinamarca), vol 906(1), págs. 2-5. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723059958#:~:text=Direct%20and%20indirect%20health%20costs,standard%20of%204%20mg%20FL>.
41. **LARREAL, Jeny et al.** "Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura". *CENIC*. [en línea] 2015. (Cuba), vol. 44(3), págs. 24-34. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
42. **LONDOÑO, Luid et al.** "Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal". *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea] 2016. (Colombia), vol 14(2), págs. 145-146. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>

43. **LUCAS, Leonel y CARREÑO, Ángela.** "Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio , Julián y Severino de la microcuenca Carrizal , Ecuador". *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*. [en línea] 2018. (Colombia), vol. 13(5), págs. 39-46. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15785/13521>
44. **MANTEROLA, Carlos. y OTZEN, Tamara.** "Estudios Observacionales. Los Diseños Utilizados con mayor frecuencia en la investigación clínica". *International Journal of Morphology*. [en línea] 2014. (Chile), vol 32(2), págs. 634-645. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022014000200042](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022014000200042)
45. **MÁRQUEZ, Cristina.** Población indígena tiene menor esperanza de vida por consumo de agua de mala calidad. Youtopia. [en línea] 2023. (Ecuador), págs. 1. [Consulta: 30 de diciembre 2023] Disponible en: <https://youtopiaecuador.com/nutricion-infantil/poblacion-indigena-menor-esperanza-vida-agua/>
46. **MARTÍNEZ, Mónica et al.** "Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal". *Revista UIS Ingenierías*. [en línea] 2020. (Colombia), vol 19(1), págs. 15-24. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/9929/10063>
47. **MEDCLIC.** *El Agua De Mar*. [blog] España: 2016,. pág. 28. 2016 [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://medcllic.es/es/el-agua-de-mar/>
48. **MOLINA, Jessica.** Evaluación de la calidad fisico quimica y microbiológica del agua de consumo humano en el cantón Chunchi [en línea] (Trabajo de titulación). ESPOCH. Ecuador. 2016. pág. 10-153. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6355/1/56T00685.PDF>
49. **MSP.** Reglamento para la Calidad del Agua Potable. *Journal of Chemical Information and Modeling*, [en línea] 2013. (Ecuador), págs. 1-10. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Agua-Segura.pdf>
50. **NEIRA, Marco et al.** "Climate change and human health in the Eastern Mediterranean and middle east: Literature review, research priorities and policy suggestions". *Environmental Research* [en línea] 2023. (España), vol 216(2), pág. 22 [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122018643>
51. **OMS,** El Mercurio y la Salud. [en línea] 2017. (Ginebra), pág. 1. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>.

52. **OMS.** Agua para consumo humano. [en línea] 2023. (Ginebra), pág. 1. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El agua contaminada y el,fiebre tifoidea y la poliomielitis.>
53. **OMS.** Saneamiento. [en línea] 2023. (Ginebra), pág. 1. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation.>
54. **ONU.** Water Policy Brief Water Climate-Change [en línea] 2019. (España), pág. 28. [Consulta: 29 noviembre 2023] Disponible en: [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/12/UN-Water\\_PolicyBrief\\_Water\\_Climate-Change\\_ES.pdf.](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/12/UN-Water_PolicyBrief_Water_Climate-Change_ES.pdf.)
55. **ORDOÑEZ, Juan.** "Aguas Subterráneas - Acuíferos". *Foro peruano para el agua*. [en línea] 2011. (Perú), vol 2(1), pág. 9. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/aguas\\_subterranas.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf)
56. **ORTIZ, Santiago et al.** "La depuración de aguas residuales. Estudios de soluciones para el municipio de Ambato. Ecuador". *Conciencia Digital* [en línea] 2021. (Ecuador), vol 4(3), págs. 250-270. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/18>
57. **PABÓN, Sara et al.** "Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión" *Entre Ciencia e Ingeniería* [en línea] 2020. (Colombia), vol. 14(27), págs. 9-18. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n27/1909-8367-ecei-14-27-9.pdf>
58. **PÉREZ, Esteban.** "Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica". *Revista Tecnología en Marcha*. [en línea] 2016. (Costa Rica), vol 29(3), págs. 3-5. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-3.pdf>
59. **POOJA, Ana et al.** Physical , Chemical and Biological Characteristics of Water". *Water Resources and Management*. [en línea] 2018. (India), vol. 2(1), págs. 2-17. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: [https://epgp.inflibnet.ac.in/epgpdata/uploads/epgp\\_content/S000014ER/P000275/M025523/ET/1513072771Paper5module26\\_e-text.pdf](https://epgp.inflibnet.ac.in/epgpdata/uploads/epgp_content/S000014ER/P000275/M025523/ET/1513072771Paper5module26_e-text.pdf)
60. **PRATO, José et al.** "Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en Los Andes venezolanos" *Universidad de Zulia* [en línea] 2020. (Venezuela), págs. 1-12. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3730/373064123013/>
61. **QUON, Hunter y JIANG, Sunny.** "Decision making for implementing non-traditional

water sources: a review of challenges and potential solutions". *NPJ Clean Water*. [en línea] 2023. (Estados Unidos), vol 56(1), pág. 6. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41545-023-00273-7>

62. **RAMÍREZ, Julián et al.** "Recuento en placa y aplicación en la Cámara de Neubauer en Microorganismos". *Mente Joven*. [en línea] 2017. (Colombia), vol 5(2), págs. 1-8. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: [file:///C:/Users/alejo/Downloads/portalderevistas,+1.An%C3%A1lisis+de+recuento%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/alejo/Downloads/portalderevistas,+1.An%C3%A1lisis+de+recuento%20(1).pdf)
63. **RÍOS, Sandra et al.** "Pathogens and microbiological indicators of the quality of water for human consumption". *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. [en línea] 2017. (Colombia), vol 35(2), págs. 236-247. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/10714/1/RiosSandra\\_2017\\_PatogenosIndicadoresMicrobiologicos.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/10714/1/RiosSandra_2017_PatogenosIndicadoresMicrobiologicos.pdf)
64. **ROCHA, David et al.** "Caracterización hidroquímica de aguas subterráneas dentro del área de cobertura del caudal Cajamarca, Bolivia". *Revista de la universidad de costa rica*. [en línea] 2022. (Bolivia), vol 33(1), pág. 22. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ingenieria/v33n1/44172347001.pdf>
65. **RODRIGUEZ, Juan.** "Aguas Residuales". *Pleiades: Literature in Context*. [en línea] 2023. (Colombia), vol 20(3), pág. 45. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/350845314\\_Link\\_libro\\_Aguas\\_Residuales](https://www.researchgate.net/publication/350845314_Link_libro_Aguas_Residuales)
66. **ROMERO, Verena et al.** "Consecuencias de la fluoración del agua potable en la salud humana". *Revista médica de Chile*. [en línea] 2017. (Chile), vol 145(1), págs. 240-249. [Consulta: 30 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rmc/v145n2/art12.pdf>
67. **SALAS, Jordi et al.** "The importance of water consumption in health and disease prevention: The current situation". *Nutricion Hospitalaria*. [en línea] 2020. (España), vol. 37(5), pág. 15. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32960634/>
68. **SÁNCHEZ, S. y GUANGASIG, V.** "Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador". *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. [en línea] 2023. (Ecuador), vol 10(5), págs. 1-15. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: [file:///C:/Users/alejo/Downloads/406\\_S%C3%A1nchez+Aroca.pdf](file:///C:/Users/alejo/Downloads/406_S%C3%A1nchez+Aroca.pdf)
69. **SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN.** Plan Nacional de Desarrollo Creando Oportunidades-2021-2025 [en línea]. 2021. (Ecuador), pág. 43. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: <file:///C:/Users/PC-CARO/Documents/Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025->

Aprobado.pdf%0Ahttps://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida-de-ecuador

70. **SHAIBUR, Molia et al.** "Physico-chemical parameters of groundwater at jashore university of science and technology campus and its ' surrounding". *Revista de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Jessore* [en línea]. 2019. (Ecuador), vol 4(1), págs. 1-13. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/349645189\\_PHYSICO-CHEMICAL\\_PARAMETERS\\_OF\\_GROUNDWATER\\_AT\\_JASHORE\\_UNIVERSITY\\_OF\\_SCIENCE\\_AND\\_TECHNOLOGY\\_CAMPUS\\_AND\\_ITS'\\_SURROUNDING\\_VILLAGES](https://www.researchgate.net/publication/349645189_PHYSICO-CHEMICAL_PARAMETERS_OF_GROUNDWATER_AT_JASHORE_UNIVERSITY_OF_SCIENCE_AND_TECHNOLOGY_CAMPUS_AND_ITS'_SURROUNDING_VILLAGES)
71. **SMITH, Ana.** "Arsenic in drinking water". *Deparmaent of health*. [en línea]. 2023. (España), vol. 3(1), págs. 1-5. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/water/docs/contaminants/arsenicfactsht.pdf>
72. **SUDHAKARAN, Ramasamy et al.** "Trisodium citrate as a potential and eco-friendly corrosion inhibitor of copper in potable water". *Journal of King Saud University - Science*. [en línea]. 2023. (India), vol. 35(8), pág. 2. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364723003695?via%3Dihub>
73. **SYEED, Mahbul et al.** "Surface water quality profiling using the water quality index, pollution index and statistical methods: A critical review". *Environmental and Sustainability Indicators* [en línea]. 2023. (India), vol. 18(1), pág. 23. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972723000247>
74. **TIBANQUIZA, Sofía.** Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable san José de Puñachizag, cantón Quero, provincia Tungurahua [en línea] (Trabajo de titulación). ESPOCH. 2018. págs. 1-129. [Consulta: 29 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8812/1/56T00755.pdf>
75. **TIRADO, Ana et al.** "Compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible". *FECHAC* [en línea] 2022 (España), vol. 1(1), pág. 5. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: [https://fechac.org.mx/app\\_fechac/\\_files/\\_img/\\_documents/012821-160142\\_rf-1-03compromisodefechacconlosodsrev1.pdf?gclid=CjwKCAiApaarBhB7EiwAYiMwqqUPN3okJUDvIIRrWq2huNjsJ5UfCnR8K6EVjc7n3VogqgQnGIY9OBoCCrcQAvD\\_BwE](https://fechac.org.mx/app_fechac/_files/_img/_documents/012821-160142_rf-1-03compromisodefechacconlosodsrev1.pdf?gclid=CjwKCAiApaarBhB7EiwAYiMwqqUPN3okJUDvIIRrWq2huNjsJ5UfCnR8K6EVjc7n3VogqgQnGIY9OBoCCrcQAvD_BwE)
76. **TOAMA, Tabarak. y ABED, Salwan.** "General Overview of the Groundwater in Al-Shinafiayah District of Diwaniyah Governorate/Iraq". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. [en línea] 2023 (Iraq), vol. 3(2), pág. 8. [Consulta: 12 noviembre

- 2023] Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1225/1/012015>
77. **TUESCA, Rafael et al.** "Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano". *Universidad del Norte*. [en línea] 2023 (Colombia), vol. 2(1), págs. 1-159. [Consulta: 12 noviembre 2023] Disponible en: <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/5592#page=1>
78. **UL, Kashaf et al.** "Surface sensitization of TiO<sub>2</sub> via Pd/Rb<sub>2</sub>O cocatalysts: Mechanistic insights to the arsenic elimination from ground drinking water". *Environmental Chemical Engineer* [en línea] 2023 (India), vol. 11(6), pág. 6. [Consulta: 28 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343723019413>
79. **VELASTEGUÍ, Pablo.** "Efectos de la contaminación ambiental en la flora y fauna en el cantón La Maná". *Conciencia Digital* [en línea] 2018 (Ecuador), vol. 1(2), págs. 16-27. [Consulta: 28 noviembre 2023] Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/947/2285>
80. **VILLAROEL, Adriana.** Parasitosis Intestinal Y Su Relación Con El Estado Nutricional En Personas De La Tercera Edad En La Parroquia De San Luis - Riobamba, Provincia De Chimborazo. [en línea] (Trabajo de titulación). ESPOCH. 2022. pág. 64. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17404/1/56T01109.pdf>.
81. **VINOTH, Alan. y THIRUNAVUKKARASU, Natesan.** "Quality assessment of Physico-chemical parameters in Drinking Water at Pulicat Lake Fishermen Villages". *Ecology, Environment and Conservation*. [en línea]. 2022. (India), vol. 28(1), págs. 422-427. [Consulta: 30 diciembre 2023] Disponible en: [file:///C:/Users/DELL/Downloads/Quality\\_assessment\\_of\\_Physico-chemical\\_parametersi.pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/Quality_assessment_of_Physico-chemical_parametersi.pdf)
82. **VITERI, Dorys.** 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. [en línea] (Trabajo de titulación). ESPOCH. 2018. págs. 1-112. [Consulta: 5 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8813/1/56T00756.pdf>

Total 82 referencias bibliográficas



## ANEXOS

### ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO

TOMA DE MUESTRAS	
<p>Vertientes subterráneas de San Antonio de Padua</p> <p>Vertiente 1</p> 	<p>Vertientes subterráneas de La Candelaria</p> <p>Vertiente 1</p> 
<p>Vertiente 2</p> 	<p>Vertiente 2</p> 
<p>Vertiente 3</p> 	<p>Vertiente 3</p> 
<p>Tanque de recolección</p> 	<p>Tanque de recolección</p> 
<p>Tanque de distribución</p>	<p>Tanque de distribución</p>



Casa1



Casa 2



Casa 3



Casa1



Casa 2



Casa 3



## ANEXO B: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS MUESTRAS

### PARÁMETROS DELANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Arsénico



Fluoruro



Cadmio



Mercurio



Cloro libre residual



Nitratos



Cobre



Nitritos

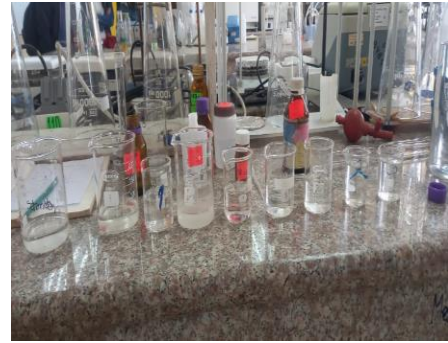




Color aparente



Plomo



Cromo total



Turbiedad



## ANEXO C: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS

### PARÁMETROS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Muestras



*Cryptosporidium spp.*



Coliformes fecales



*Giardia spp.*



**ANEXO D: NTE INEN 1108:2020. AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS**



**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 1108**  
Sexta revisión  
2020-04

**AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS**

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

# AGUA PARA CONSUMO HUMANO REQUISITOS

## 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos del agua para consumo humano y aplica al agua proveniente de sistemas de abastecimiento, suministrada a través de sistemas de distribución.

De esta norma se excluyen las aguas minerales naturales, las aguas purificadas envasadas y aguas purificadas de uso farmacéutico.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 5667-5, *Water quality – Sampling – Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems*

NTE INEN-ISO 5667-1, *Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo.*

NTE INEN-ISO 5667-3, *Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Conservación y manipulación de las muestras de agua*

NTE INEN-ISO 19458, *Calidad del agua – Muestreo para el análisis microbiológico*

NTE INEN 52, *Reglas para redondear números*

EPA 1623, *Cryptosporidium and Giardia in Water by Filtration/IMS/FA*

Standard Methods 2120, *Color*

Standard Methods 2130, *Turbidity*

Standard Methods 3111, *Metals by flame atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 3112, *Metals by cold-vapor atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 3113, *Metals by electrothermal atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 3114, *Arsenic and selenium by hydride generation/atomic absorption spectrometry*

Standard Methods 4500-Cl<sup>-</sup>, *Chloride*

Standard Methods 4500-F<sup>-</sup>, *Fluoride*

Standard Methods 4500-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, *Nitrogen (Nitrite)*

Standard Methods 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, *Nitrogen (Nitrate)*

Standard Methods 9221, *Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group*

Standard Methods 9222, *Membrane filter technique for members of the coliform group*

### 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

#### 3.1

##### **agua para consumo humano**

Agua utilizada para beber, preparar y cocinar alimentos u otros usos domésticos, independiente del origen y suministro, con características físicas, químicas y microbiológicas que garanticen su inocuidad y aceptabilidad para el consumo humano.

NOTA. El agua para consumo inocua se conoce también como "agua potable".

#### 3.2

##### **sistema de abastecimiento**

Sistema, que incluye la infraestructura hidráulica y trabajos auxiliares, construido para el funcionamiento de la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución del agua para consumo humano.

#### 3.3

##### **sistemas de distribución**

Comprenden la infraestructura hidráulica y trabajos auxiliares construidos desde el almacenamiento hasta la acometida domiciliaria.

NOTA. Otras alternativas de distribución son camiones cisternas (tanqueros) y depósitos móviles.

#### 3.4

##### **límite permitido**

Valor de un requisito fijado dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento, que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud humana.

### 4. REQUISITOS

4.1 El agua para consumo humano debe presentar un sabor y olor aceptables.

4.2 El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

**TABLA 1. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano**

Parámetro	Unidad	Límite permitido <sup>b</sup>	Método de ensayo <sup>c</sup>
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500-Cl <sup>-</sup>
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F <sup>-</sup>
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad <sup>a</sup>	NTU	5	Standard Methods 2130

<sup>a</sup> Se conoce también como Turbidez.  
<sup>b</sup> Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE (NEN) 52.  
<sup>c</sup> En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.



4.3 El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

**TABLA 2. Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano**

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo <sup>a</sup>
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 <sup>b</sup> Standard Methods 9222 <sup>c</sup>
<i>Cryptosporidium</i>	Número de ooquistes/ L	Ausencia	EPA 1623
<i>Giardia</i>	Número de quistes/ L	Ausencia	EPA 1623

<sup>a</sup> En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

<sup>b</sup> La ausencia corresponde a  $\leq 1,1$  NMP/100 mL.

<sup>c</sup> La ausencia corresponde a  $\leq 1$  UFC/100 mL.

## 5. MUESTREO

5.1 El muestreo para el análisis de requisitos químicos y físicos debe realizarse de acuerdo con lo establecido en NTE INEN-ISO 5667-1, NTE INEN-ISO 5667-3 e ISO 5667-5.

5.2 El muestreo para el análisis de requisitos microbiológicos debe realizarse de acuerdo con lo establecido en NTE INEN-ISO 19458.

**ANEXO A**  
(informativo)

**MÉTODOS DE ENSAYO ALTERNATIVOS**

**TABLA A.1. Métodos de ensayo alternativos para la determinación de parámetros físicos y químicos en agua para consumo humano**

Parámetro	Método de ensayo
Arsénico	NTE INEN-ISO 11969 Standard Methods 3113 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Cadmio	Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Cloro residual	NTE INEN-ISO 7393-1
Cobre	Standard Methods 3113 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Color aparente	NTE INEN-ISO 7887
Cromo (cromo total)	Standard Methods 3113 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Fluoruro	NTE INEN-ISO 10304-1 Standard Methods 4110
Mercurio	EPA 245.7 NTE INEN-ISO 17852 Standard Methods 3120 Standard Methods 3125
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	NTE INEN-ISO 13395 Standard Methods 4110
Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	NTE INEN-ISO 13395 Standard Methods 4110
Plomo	Standard Methods 3125
Turbiedad	NTE INEN-ISO 7027

**TABLA A.2. Métodos de ensayo alternativos para la determinación de parámetros microbiológicos en agua para consumo humano**

Parámetro	Método de ensayo
Coliformes fecales	Standard Methods 9223 EPA 1103 NTE INEN-ISO 9308-1
Cryptosporidium	EPA 1622 Standard Methods 9711 ISO 15533
Giardia	Standard Methods 9711 ISO 15533

**ANEXO B**  
(informativo)

**RANGO DE pH DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

TABLA B.1. Rango de pH del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Rango
pH*	Unidades de pH	6,5 – 8,0

\*Parámetro de control operativo

**ANEXO C**  
(informativo)

**LÍMITES PERMITIDOS DE PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

TABLA C.1. Químicos orgánicos

Parámetro	Límite permitido (mg/L)
1,2-dibromoetano	0,000 4
1,2-dicloroetano	0,03
2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético)	0,03
Acrilamida	0,000 5
Aldicarb	0,01
Aldrin y Dieldrin (combinados)	0,000 03
Atrazina y metabolitos de cloro-s-triazina	0,1
Benceno	0,01
Benzo[a]pireno	0,000 7
Carbofurano	0,007
Clordano	0,000 2
Cloruro de vinilo	0,000 3
Diclorodifeniltricloroetano (DDT)	0,001
Endrin	0,000 6
Epiclorhidrina	0,000 4
Estireno	0,3
Tetracloroetano	0,04
Tolueno	0,7
Tricloroetano	0,02
Xileno	0,5

TABLA C.2. Químicos inorgánicos

Parámetro	Límite permitido (mg/L)
Antimonio	0,02
Bario	1,3
Boro	2,4
Níquel	0,07
Selenio	0,04

**ANEXO D**  
(informativo)

**LÍMITES PERMITIDOS DE SUBPRODUCTOS DE DESINFECCIÓN EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

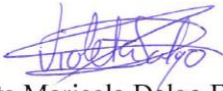
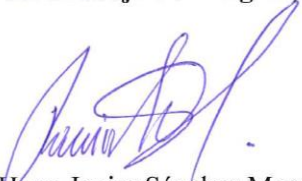
**TABLA D.1. Subproductos de desinfección**

<b>Parámetro</b>	<b>Límite permitido (mg/L)</b>
Monocloramina	3,0
Bromodiclorometano	0,06
Cloroformo	0,3



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 19/06/ 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Nadia Silvana Yumisaca Quishpe
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Bioquímica y Farmacia
<b>Título a optar:</b> Bioquímica Farmacéutica
<p style="text-align: center;"> ING. Violeta Maricela Dalgo Flores, MSc. <b>Directora del Trabajo de Integración Curricular</b></p> <p style="text-align: center;"> ING. Hugo Javier Sánchez Moreno, MSc. <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b></p>