



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO
EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL
Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE
LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ
PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA
PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: MARILYN ARACELY CHELA LLUMIGUANO

DIRECTORA: Dra. LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Marilyn Aracely Chela Llumiguano

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

Yo, Marilyn Aracely Chela Llumiguano, 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 Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.




Riobamba, 13 de noviembre de 2023



Marilyn Aracely Chela Llumiguano
C.I. 175150559-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **MARILYN ARACELY CHELA LLUMIGUANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Augusta Guadalupe Alcoser, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-11-13
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego, PhD. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-11-13
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-11-13

DEDICATORIA

Este proyecto de integración curricular se la dedico con todo mi corazón a Dios y a mis ángeles por darme las fuerzas para mantenerme firme ante las pruebas y obstáculos, por cada día bendecido para seguir con mis propósitos y cumplir mis sueños de infancia; a mis padres Agustín Chela Simaliza y Rosario Llumiguano Chimbo por el apoyo incondicional durante mi etapa académica, por el cariño, la paciencia y el amor que me tienen; al mejor hermano Kevin Joao Chela Llumiguano con el cual he compartido momentos inolvidables entre risas, peleas y lloraderas; al motivo para seguir adelante y nunca rendirme mi hijo Dylan Isaac Naranjo Chela; a la Ing. Mabel Parada y a la Dra. Janneth Jara por impartir sus conocimientos y ayudarme a culminar este proyecto técnico.

Marilyn

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y salud para poder cumplir uno de mis objetivos, a mis adorados padres por que se esforzaron y sacrificaron por darme educación, sin el apoyo de ellos no hubiese podido culminar la ingeniería, a la ESPOCH y docentes de la Escuela de Ingeniería Química por formarme profesionalmente, al Ing. Freddy Chimbolema por la ayuda brindada para realizar este proyecto técnico, a la Junta Administradora de Agua Potable Regional Vinchoa por permitir realizar las visitas técnicas en su laboratorio, a la Ing. Mabel Parada y a la Dra. Janneth Jara por el tiempo, la colaboración y por compartir sus experiencias y conocimientos para culminar el Trabajo de Integración Curricular.

Marilyn

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>General</i>	3
1.3.2. <i>Específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2. Referencia teórica	5
2.2.1. <i>Agua</i>	5
2.2.1.1. <i>Definición</i>	5
2.2.1.2. <i>Clasificación</i>	5
2.2.1.3. <i>Usos</i>	6
2.2.2. <i>Contaminantes</i>	7
2.2.2.1. <i>Tipos de contaminantes</i>	7
2.2.3. <i>Contaminación del agua</i>	7
2.2.4. <i>Contaminantes del agua</i>	7
2.2.4.1. <i>Microorganismos patógenos</i>	7
2.2.4.2. <i>Desechos orgánicos</i>	8
2.2.4.3. <i>Sustancias químicas inorgánicas</i>	8
2.2.4.4. <i>Nutrientes vegetales inorgánicos</i>	8

2.2.4.5.	<i>Compuestos orgánicos</i>	8
2.2.4.6.	<i>Sedimentos y materiales suspendidos</i>	8
2.2.4.7.	<i>Sustancias radiactivas</i>	9
2.2.4.8.	<i>Contaminación térmica</i>	9
2.2.5.	<i>Calidad del agua</i>	9
2.2.6.	<i>Parámetros físicos de la calidad del agua</i>	9
2.2.6.1.	<i>Temperatura</i>	9
2.2.6.2.	<i>Sólidos disueltos totales (SDT)</i>	9
2.2.6.3.	<i>Turbidez</i>	10
2.2.7.	<i>Parámetros químicos de la calidad del agua</i>	10
2.2.7.1.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	10
2.2.7.2.	<i>Oxígeno disuelto (OD)</i>	10
2.2.7.3.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO₅)</i>	10
2.2.7.4.	<i>Nitritos y nitratos</i>	10
2.2.7.5.	<i>Fosfatos</i>	11
2.2.8.	<i>Parámetros microbiológicos de la calidad del agua</i>	11
2.2.8.1.	<i>Coliformes totales</i>	11
2.2.8.2.	<i>Coliformes fecales</i>	11
2.2.9.	<i>Tratamiento fisicoquímico del agua a nivel de laboratorio</i>	11
2.2.9.1.	<i>Ensayos de coagulación – floculación</i>	11
2.2.9.2.	<i>Ensayo de cloración</i>	11
2.2.9.3.	<i>Ensayo de filtración</i>	12
2.2.9.4.	<i>Ensayo de adsorción</i>	12
2.2.9.5.	<i>Ensayo de ajuste de pH</i>	12
2.2.9.6.	<i>Ensayo de desendurecimiento</i>	12
2.2.9.7.	<i>Plantas piloto</i>	12
2.2.10.	<i>Desinfección de aguas</i>	12
2.2.11.	<i>Normativa Ecuatoriana</i>	13
2.2.11.1.	<i>NTE INEN 1108</i>	13
2.2.11.2.	<i>CODA</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1.	Tipo de investigación	14
3.1.1.	<i>Inductiva</i>	14
3.1.2.	<i>Deductiva</i>	14

3.1.3.	<i>Experimental</i>	14
3.2.	Localización	14
3.2.1.	<i>Información de las comunidades</i>	15
3.3.	Diagnóstico actual del agua de consumo	21
3.3.1.	<i>Recolección de muestras</i>	21
3.3.1.1.	<i>Comunidades de La Moya y Rumicruz</i>	21
3.3.1.2.	<i>Comunidades Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay</i>	22
3.3.1.3.	<i>Manejo de las muestras</i>	22
3.3.2.	<i>Equipos y técnicas para la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo</i>	23
3.3.2.1.	<i>Técnicas de la caracterización fisicoquímica</i>	26
3.3.2.2.	<i>Técnica de la caracterización microbiológica</i>	30
3.4.	Alternativas para el tratamiento del agua de consumo	30
3.4.1.	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	31
3.4.1.1.	<i>Pruebas de Jarra</i>	31
3.4.1.2.	<i>Filtración</i>	31
3.4.1.3.	<i>Cloración</i>	32
3.4.2.	<i>Cálculos de ingeniería</i>	32
3.4.2.1.	<i>Sedimentador rectangular</i>	32
3.4.2.2.	<i>Filtro rápido</i>	34
3.4.2.3.	<i>Cloración</i>	37
3.4.3.	<i>Caracterización fisicoquímica y microbiológica postratamiento</i>	39
3.4.4.	<i>Socialización de los resultados obtenidos con la comunidad</i>	39

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
4.1.	Análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua destinada al consumo	41
4.1.1.	Comunidad La Moya	41
4.1.1.1.	<i>Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad La Moya</i>	41
4.1.1.2.	<i>Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad La Moya</i>	43
4.1.1.3.	<i>Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa</i>	43
4.1.2.	Comunidad Rumicruz	45
4.1.2.1.	<i>Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad Rumicruz</i>	45
4.1.2.2.	<i>Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad Rumicruz</i>	46
4.1.2.3.	<i>Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa</i>	47

4.1.3.	<i>Comunidad Palacio Real</i>	48
4.1.3.1.	<i>Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad Palacio Real</i>	48
4.1.3.2.	<i>Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad Palacio Real</i>	49
4.1.3.3.	<i>Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa</i>	50
4.1.4.	<i>Comunidad San Francisco de Cunuhuachay</i>	51
4.1.4.1.	<i>Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad San Francisco de Cunuhuachay</i>	51
4.1.4.2.	<i>Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad San Francisco de Cunuhuachay</i>	53
4.1.4.3.	<i>Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa</i>	53
4.1.5.	<i>Parámetros que sobrepasan los límites permitidos en las comunidades objeto de estudio</i>	55
4.1.5.1.	<i>Fosfatos</i>	55
4.1.5.2.	<i>Coliformes fecales</i>	56
4.1.5.3.	<i>Coliformes totales</i>	57
4.1.5.4.	<i>Microorganismos Aerobios Mesófilos</i>	58
4.2.	Discusión de la caracterización físico química y microbiológica	58
4.2.1.	<i>Caracterización fisicoquímicos</i>	59
4.2.2.	<i>Caracterización microbiológica</i>	60
4.3.	Propuesta de tratabilidad del agua de consumo	61
4.3.1.	<i>Porcentaje de remoción de contaminantes</i>	63
4.3.2.	<i>Parámetros de diseño de la propuesta</i>	64
4.3.2.1.	<i>Caudal de diseño</i>	65
4.3.2.2.	<i>Dimensiones del tanque sedimentador</i>	65
4.3.2.3.	<i>Dimensiones del filtro</i>	66
4.3.2.4.	<i>Dimensiones del sistema de desinfección</i>	66
4.3.3.	<i>Presupuesto para el tanque sedimentador, filtro y clorador</i>	66

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1.	Conclusiones	68
5.2.	Recomendaciones	70

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Información de las comunidades	17
Tabla 3-2: Localización de la comunidad Palacio real	17
Tabla 3-3: Localización de la comunidad San Francisco de Cunuhuachay	18
Tabla 3-4: Localización de La Moya	19
Tabla 3-5: Localización de la comunidad Rumicruz	20
Tabla 3-6: Sistema de abastecimiento de agua de consumo para Moya y Rumicruz	21
Tabla 3-7: Toma, recolección y codificación de las muestras	23
Tabla 3-8: Equipos para la caracterización del agua de consumo.....	24
Tabla 3-9: Técnicas para la caracterización fisicoquímica	26
Tabla 3-10: Técnica de la caracterización microbiológica	30
Tabla 3-11: Información para el diseño de tanque de sedimentación primaria	32
Tabla 3-12: Parámetro de diseño de filtro rápido de arena	34
Tabla 4-1: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°1 (Moya y Rumicruz).....	41
Tabla 4-2: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2(Moya).....	42
Tabla 4-3: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°3(Moya).....	42
Tabla 4-5: Metales pesados de la Moya.....	43
Tabla 4-6: Parámetros microbiológicos de La Moya.....	43
Tabla 4-7: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad La Moya	44
Tabla 4-8: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2 (Rumicruz)	45
Tabla 4-9: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°3 (Rumicruz)	45
Tabla 4-10: Metales pesados de Rumicruz	46
Tabla 4-11: Parámetros microbiológicos de Rumicruz.....	46
Tabla 4-12: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad Rumicruz.....	47
Tabla 4-13: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°1(Palacio Real).....	48
Tabla 4-14: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2 (Palacio Real).....	49
Tabla 4-15: Metales pesados de Palacio Real	49
Tabla 4-16: Parámetros microbiológicos de Palacio Real	50
Tabla 4-17: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad Palacio Real.....	50
Tabla 4-18: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°1(San Francisco de Cunuhuachay).....	52
Tabla 4-19: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2 (San Francisco de Cunuhuachay).....	52
Tabla 4-20: Metales pesados de San Francisco de Cunuhuachay	53
Tabla 4-21: Parámetros microbiológicos de San Francisco de Cunuhuachay	53
Tabla 4-22: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad San Francisco de Cunuhuachay	54

Tabla 4-23: Resultados del agua antes y después del tratamiento para La Moya y Rumicruz ...	62
Tabla 4-24: Resultados del agua antes y después del tratamiento para Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay	63
Tabla 4-25: Porcentaje de remoción de los contaminantes	63
Tabla 4-26: Resultados de caudal de diseño	65
Tabla 4-27: Resultados del Tanque sedimentador rectangular	65
Tabla 4-28: Resultados del filtro rápido	66
Tabla 4-29: Preparación de solución.....	66
Tabla 4-30: Dosificación de la solución	66
Tabla 4-31: Presupuesto para los tanques, filtros y solución	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa de procedencia de agua para vivienda	15
Ilustración 3-2: Mapa de procedencia de agua para vivienda	17
Ilustración 3-3: Ubicación geográfica de la comunidad San Francisco de Cunuhuachay.....	18
Ilustración 3-4: Ubicación geográfica de La Moya.....	19
Ilustración 3-5: Ubicación geográfica Rumicruz	20
Ilustración 3-6: Vertiente, punto de muestreo	23
Ilustración 3-7: Espectrofotómetro HACH DR2800.....	24
Ilustración 3-8: Turbidímetro HACH.....	24
Ilustración 3-9: Conductímetro PC 2700.....	24
Ilustración 3-10: Titulación	25
Ilustración 3-11: pH metro	25
Ilustración 3-12: Generador de llama.....	25
Ilustración 3-13: Generador de hidruro	25
Ilustración3-14: Estufa	26
Ilustración 3-15: Medición de la concentración de cloro libre.....	38
Ilustración 4-1: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible Comunidad La Moya..	44
Ilustración 4-2: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles Comunidad La Moya.....	44
Ilustración 4-3: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible Comunidad Rumicruz.	47
Ilustración 4-4: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles Comunidad Rumicruz	48
Ilustración 4-5: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible comunidad Palacio Real	51
Ilustración 4-6: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles comunidad Palacio Real	51
Ilustración 4-7: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible comunidad San Francisco de Cunuhuachay	54
Ilustración 4-8: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles comunidad San Francisco de Cunuhuachay	54
Ilustración 4-9: Concentración de fosfatos en las comunidades.....	55
Ilustración 4-10: Concentración de coliformes fecales en las comunidades	56
Ilustración 4-11: Concentración de coliformes totales en las comunidades.....	57
Ilustración 4-12: Concentración de microorganismos Áerobios Mesófilos en las comunidades	58

Ilustración 4-13: Propuesta de tratabilidad.....	62
Ilustración 4-14: Propuesta de diseño par la tratabilidad	65

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1: Caudal	18
Ecuación 3-2: Área de sedimentador	33
Ecuación 3-3: Ancho del sedimentador	33
Ecuación 3-4: Longitud del sedimentador	33
Ecuación 3-5: Volumen del sedimentador	34
Ecuación 3-6: Número de filtro	34
Ecuación 3-7: Área de filtro.....	35
Ecuación 3-8: Longitud de filtro.....	35
Ecuación 3-9: Ancho de filtro.....	36
Ecuación 3-10: Altura de filtro	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ACUERDO Y TOMA DE MUESTRA

ANEXO B: TOMA DE MUESTRA DE AGUA

ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

ANEXO D: ANÁLISIS POSTRATAMIENTO

ANEXO E: PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

ANEXO F: PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS POSTRATAMIENTO

ANEXO G: NTE INEN 1108

ANEXO H: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

ANEXO I: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

ANEXO J: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

ANEXO K: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

ANEXO L: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

ANEXO M: DISEÑO DE PLANTA

RESUMEN

El agua del sector rural de la parroquia Calpi proviene de diversas vertientes y es utilizada para el consumo humano, sin embargo, esta agua no recibe un tratamiento previo que la haga apta para su consumo. El presente proyecto técnico tuvo como objetivo determinar la calidad de agua de consumo en las comunidades Palacio Real, San Francisco De Cunuhuachay, La Moya y Rumicruz pertenecientes a la parroquia Calpi de la provincia de Chimborazo, siguiendo la norma NTE INEN 1108:2006 con el fin de verificar si el agua de estas comunidades es apta para el consumo humano. Para llevar a cabo el diagnóstico del agua de consumo se realizó la recolección de muestras de manera exhaustiva, se procedió a tomar muestras en varias ubicaciones clave. Esto incluyó la obtención de muestras directamente de las vertientes, donde el agua tiene su origen, así como de los tanques de almacenamiento utilizados en el proceso de distribución. Además, se tomaron muestras en los domicilios de los residentes, lo que permitió un análisis integral de la calidad del agua a lo largo de todo el sistema de abastecimiento. Los resultados indicaron la presencia de fosfatos, coliformes totales, fecales y aerobios mesófilos fuera de la norma. A nivel de laboratorio, para su tratamiento, se implementó un proceso piloto de filtro de arena, grava y carbón activado, en el área de desinfección se utilizó una solución de hipoclorito de calcio al 5 %. Posteriormente, se evidenció que, en el agua tratada, la concentración de fosfatos, coliformes y aerobios mesófilos se encontraron dentro de la norma. Por lo tanto, se propuso como alternativa de tratabilidad la implementación de un tanque sedimentador, filtro y un tanque clorador.

Palabras clave: <CALPI (PARROQUIA)>, <AGUA SIN TRATAMIENTO>, <CARACTERIZACIÓN>, <PRUEBAS DE TRATABILIDAD>, <TANQUE SEDIMENTADOR>, <FILTRACIÓN>, <DESINFECCIÓN>.



2053-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

The water in the rural sector of the Calpi parish comes from various springs and is used for human consumption, however, this water does not receive prior treatment to make it suitable for consumption. The objective of this technical project was to determine the quality of drinking water in the communities of Palacio Real, San Francisco De Cunuhuachay, La Moya and Rumicruz in the parish of Calpi of the province of Chimborazo, following the NTE INEN 1108:2006 standard in order to verify whether the water in these communities is suitable for human consumption. In order to carry out the drinking water diagnosis, samples were collected in an exhaustive manner, and samples were taken at several key locations. This included obtaining samples directly from the springs, where the water originates, as well as from the storage tanks used in the distribution process. In addition, samples were taken at residents' homes, allowing for a comprehensive analysis of water quality throughout the supply system. The results indicated the presence of phosphates, total coliforms, fecal coliforms and mesophilic aerobes outside the norm. At the laboratory level, a pilot process of activated carbon, zeolite and gravel filter was implemented for treatment, and a 5% calcium hypochlorite solution was used in the disinfection area. Subsequently, it was found that the concentration of phosphates, coliforms and mesophilic aerobes in the treated water was within the standard. Therefore, the implementation of a settling tank, a filter and a chlorination tank was proposed as an alternative for treatability.

Keywords: <CALPI (PARISH)>, <WATER WITHOUT TREATMENT>, <CHARACTERIZATION>, <TREATABILITY TESTS>, <SEDIMENTATION TANK>, <FILTRATION>, <DESINFECTION>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

C.I. 1103696132

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en julio de 2010, mediante su asamblea, expresa que todos los seres humanos tienen derecho al acceso suficiente de agua que satisfaga sus necesidades tales como las de uso personal o domésticas, la misma que debe encontrarse segura, aceptable, asequible económica y físicamente (INCYTU, s.f., p.1), sin embargo, el Banco Mundial expresa que el 45% de la población a nivel mundial no tiene acceso al agua potable (Romero, s.f., p.2).

En la actualidad el tema de la contaminación del agua toma una mayor fuerza debido a la incorrecta disposición de las aguas residuales, basura, presencia de relaves mineros, el desarrollo industrial, entre otros, tomando importancia el tema de su tratamiento en dependencia de las características que presente el agua. El consumo de agua contaminada afecta de manera directa a la salud de las personas debido a la presencia de compuestos químicos de origen orgánico o inorgánico (Torres et al., 2009).

En las localidades de la parroquia rural de Calpi, suele ser común que los sectores carezcan de un sistema de purificación del agua. Por esta razón, las personas consumen el agua directamente de fuentes subterráneas sin ningún proceso de tratamiento previo. Este hecho ha llevado a la aparición de enfermedades en la población, principalmente entre los niños. Por tanto, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) parroquial, las directivas de cada comunidad junto con el apoyo de la fundación Maquita han colaborado para la realización de este estudio. En la actualidad, la mayoría de las fuentes de agua están afectadas por diversas formas de contaminación, lo que enfatiza la importancia de aplicar un tratamiento adecuado al efluente antes de su distribución en los hogares. En años pasados, en las comunidades se han erigido depósitos de recolección que canalizan el agua a través de tuberías de polietileno hacia los barrios establecidos. No obstante, la limpieza del agua no es siempre garantizada debido a las condiciones climáticas, particularmente durante la temporada de invierno. Por ello, se evaluó su calidad y se realizaron pruebas a nivel de laboratorio para corregir los parámetros que se encuentran fuera de la norma, según requiera cada comunidad, asegurando de esta manera agua segura y de calidad que garantice la salud y la calidad de vida de la población.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El agua del sector rural de la parroquia Calpi proviene de diversas vertientes y es utilizada para el consumo humano, sin embargo, esta agua no recibe un tratamiento previo que la haga apta para su consumo por lo que se ve la necesidad de realizar un estudio que permita conocer el estado actual y la calidad del agua para proponer alternativas de tratabilidad ya que el agua debe estar libre de sustancias tóxicas y microorganismos patógenos. Se cuenta con el apoyo del GAD parroquial de Calpi, Fundación Maquita, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), mediante el proyecto de vinculación ESPOCH universidad latinoamericana por el comercio justo y las comunidades; Palacio Real, San Francisco de Cunuhuachay, La Moya y Rumicruz.

En trabajos anteriores, se encontró que en la comunidad de San José de Gaushi el agua de consumo presentaba una cierta cantidad de plomo y fósforo, siendo preocupante por los efectos que causan estos metales en la salud del ser humano. En consecuencia, se pretende efectuar los estudios necesarios en las comunidades vecinas para garantizar la calidad del agua a sus habitantes.

1.2. Justificación

Las vertientes y las fuentes de agua de esta parroquia presentan acumulación de basura orgánica e inorgánica como desechos naturales, excrementos, fundas, envases plásticos, residuos de pesticidas usados en la agricultura y el pastoreo de los animales lo cual es un problema para las comunidades de Calpi, debido a que se encuentran cerca de los ojos de agua. Todo esto ocasiona afectación en la cadena alimenticia, problemas de salud en los habitantes como: disentería, fiebre tifoidea, cólera entre otras, siendo los niños el sector mayormente afectado (GAD Parroquial Santiago de Calpi, 2019:).

El control de la calidad del agua es de fundamental importancia puesto que es consumida diariamente por sus habitantes y los animales domésticos y es utilizada en las labores agrícolas y demás actividades. Si no recibe ningún tratamiento puede ser considerada como un foco de enfermedades, afectando el correcto desarrollo de una persona, sobre todo en sus primeros años de vida.

Este trabajo técnico, propone un tratamiento de bajo costo para la implementación de los procesos de remoción de sustancias contaminantes y un sistema de cloración. La estrategia propuesta abarata costos, mediante la organización de mingas comunitarias para llevar a cabo la obra civil. Además, existe el compromiso de los habitantes en el cuidado de las fuentes ya que actualmente están siendo afectadas por actividades agrícolas y la presencia de ganado.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

- Determinar la calidad de agua de consumo en la zona centro de las comunidades Palacio Real y San Francisco De Cunuhuachay y zona norte de las comunidades La Moya y Rumicruz pertenecientes a la parroquia Calpi de la provincia de Chimborazo.

1.3.2. Específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema de abastecimiento de agua de consumo de las comunidades.
- Determinar los sitios de muestreo a lo largo del sistema de distribución para el estudio de la calidad del agua de consumo en las comunidades.
- Realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo en las dos comunidades de la Zona Centro y las dos comunidades de la Zona Norte de la parroquia de Calpi según la norma INEN 1108: 2006.
- Establecer alternativas de tratabilidad más adecuados para el buen funcionamiento del sistema de distribución del agua de consumo de las comunidades.
- Caracterizar el agua posterior al tratamiento mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, a nivel de laboratorio, según la normativa INEN 1108: 2006.
- Realizar una capacitación a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución de agua de consumo de las comunidades.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

Para contrarrestar los problemas presentes de contaminación en el agua para consumo humano de las comunidades La Moya, Rumicruz, Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay, existen investigaciones afines al tema, donde se exponen datos útiles para su aplicación y análisis, tal es el caso de los siguientes estudios.

En su investigación realizada en la comunidad Nitiluisa de la parroquia Calpi, (Logroño, 2015, p. 15) informó que, tras llevar a cabo un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua, se identificó que los niveles de fosfatos y nitritos excedían los límites permitidos según la norma INEN 1108:2006. Se aclaró que los fosfatos pueden ocasionar un crecimiento excesivo de plantas y algas, además de provocar problemas gastrointestinales en los residentes. Por otro lado, la presencia de nitritos indica la existencia de materia orgánica en el agua, lo cual es perjudicial para el organismo humano. Para abordar esta problemática, se llevó a cabo una prueba de jarras utilizando un filtro de zeolita y policloruro de aluminio con distintas concentraciones, logrando determinar la cantidad adecuada para eliminar los fosfatos y nitritos.

De acuerdo con (Yubaille, 2017, p. 56) en la parroquia Punín provincia de Chimborazo el agua se distribuye a la población sin ningún tratamiento previo, en los habitantes se presentan casos de infecciones intestinales siendo el principal problema la contaminación fecal, al caracterizar el agua en su estudio mostró que los parámetros químicos cumplen con la normativa INEN 1108:2014 pero los parámetros físicos como color, sólidos totales disueltos, turbidez no cumplen con los requisitos, tampoco los microbiológicos, encontrándose así la presencia de *Áscaris lumbricoide*, *Entamoeba coli*, *Chilomastix mesnili*, *Entamoeba hytolitica* y *Giardia lamblia*, concluyendo que el agua de esta parroquia no es apta para su consumo.

En la parroquia rural de Cubijies, se encontró coliformes fecales en todas las muestras de agua tomadas pero las pruebas químicas se estuvieron dentro de los parámetros establecidos proponiendo como una solución óptima y de suma emergencia el proceso de cloración para que se pueda realizar la desinfección y de este modo evitar problemas de salud en la población (Oleas, 2016, p.7).

En un estudio realizado en la parroquia de San Andrés se evidenció que el agua que allí se consume cumple con todos los parámetros establecidos en cada una de sus características físicas,

químicas y microbiológicas, sin embargo, la revisión de sus tuberías y mantenimiento debe ser constante para de este modo seguir garantizando su calidad (Baldeón, 2018, p.16).

Basándose en las investigaciones realizadas por los autores mencionados anteriormente sobre la caracterización del agua de consumo, se pudo notar que algunos cumplen con los parámetros requeridos y otros no. Los factores para dicho resultado fueron la mala dosificación de químicos en el tratamiento, contaminación por excremento de animales entre otras.

2.2. Referencia teórica

2.2.1. Agua

2.2.1.1. Definición

El agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno en su estructura molecular los cuales se mantienen unen por medio de un enlace covalente, a 0°C esta se puede congelar mientras que su punto de ebullición es a los 100°C, tiene una apariencia de color transparente (incolora), tampoco presente sabor (insabora) y carece de olor (inolora) (García et al., 2001, pp. 115-116).

2.2.1.2. Clasificación

- **Agua potable.** Es aquella que fluye a través de tuberías y que antes de ser distribuida ha pasado por un tratamiento lo cual la hace apta para el consumo (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua dulce.** También es conocida como agua natural, las sales que se encuentran presentes aquí son bajas (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua salada.** Se considera a toda aquella agua que dentro de su composición cuenta con más de 10000mg/L de sal (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua salobre.** En esta podemos encontrar la combinación de agua dulce y salda (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua dura.** La existencia de magnesio y calcio, así como la presencia de una gran cantidad de iones positivos son las características que aquí prevalecen (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua blanda.** Las concentraciones de iones de magnesio, hierro y calcio son nulas (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Aguas residuales.** Es el fluido resultante de alguna actividad doméstica, comunidad, granja, industria o municipio que circula a través del sistema de alcantarillado donde prima la

existencia de materia orgánica la cual se encuentra disuelta o suspendida (Martínez y Clemente, 2017, p.2)..

- **Aguas negras.** Es la combinación de aguas residuales que provienen de comunidades, industrias, municipios y hogares, regularmente los residuos aquí son líquidos o en suspensión (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Aguas grises.** Son las aguas residuales que se obtienen de los hogares (Martínez y Clemente, 2017, p.2)..
- **Agua bruta.** Son denominadas de este modo a toda agua que no ha sido sometida a ningún tipo de tratamiento (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua muerta.** La presencia de oxígeno al igual que su fluidez es nula (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua alcalina.** Se considera alcalina aquella donde su pH es superior a 7 (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua capilar.** Esta se mantiene en el suelo y está sobre el nivel freático (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua de gravedad.** Es aquella que se mueve mediante la fuerza de gravedad (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua de suelo.** Se la puede localizar en la superficie del suelo o en la zona de aireación y regularmente está es la que participa en el proceso de evapotranspiración (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua estancada.** El movimiento en este tipo de agua es nulo se la puede localizar en algunas zonas de ríos, lagos, estanques o acuíferos (Martínez y Clemente, 2017, p.2).
- **Agua subterránea.** Es conocida también como manto acuífero, al agua se localiza bajo el suelo y forma parte del ciclo hidrológico (Martínez y Clemente, 2017, p.3).

2.2.1.3. Usos

Se puede clasificar en dos grupos muy pronunciados conocidos como constitutivos y no constitutivos. Dentro del grupo constitutivo se encuentran aquellas aguas conocidas como residuales o las que se obtienen una vez que ya haya sido utilizada, las podemos encontrar en los abastecimiento, agricultura e industrias; mientras que, las no constitutivas son aquellas que no han pasado por ningún tratamiento o pasado por algún proceso de contaminación por ende el agua no tiene alteración (Aragón, 2020, p.59).

2.2.2. Contaminantes

Es la presencia de sustancias o formas de energía en el agua, suelo o aire que tiene la capacidad de alterar el medio de manera negativa afectando de manera directa a los seres vivos ya que el lugar donde éstos se encuentran se considera contaminado, cabe destacar que si este no afecta de manera negativa al medio donde se encuentra no se considera contaminante (Encinas, 2011, p.3).

2.2.2.1. Tipos de contaminantes

Se catalogan en cuatro definidos grupos:

1. **Contaminantes no degradables:** Son aquellos que no se descomponen de manera alguna, por eso a estos elementos se les debe realizar reciclaje, los elementos representativos son el mercurio y el plomo (Rubio, 2019, p.16).
2. **Contaminantes de degradación lenta o persistente:** Los compuestos químicos que pertenecen a este grupo toman un tiempo demasiado prolongado para iniciar su descomposición (Rubio, 2019, p.16).
3. **Contaminantes degradables o no persistentes:** Son aquellos compuestos químicos que tienen la capacidad de descomponerse casi que en su totalidad mediante procesos naturales, químicos, físicos o microbiológicos (Rubio, 2019, p.17).
4. **Contaminantes biodegradables:** Las macromoléculas son capaces de descomponerse en pequeñas moléculas por la participación activa de microorganismos que ayudan con este proceso (Rubio, 2019:d, p.17).

2.2.3. Contaminación del agua

La OMS (Organización Mundial de la Salud) lo explica como la introducción de un cuerpo extraño lo que ocasiona que no cumpla con las características requeridas para su uso, puede tener un origen microbiológico, químico, industrial o residuos de agua repercutiendo de manera negativa sobre la salud de los seres vivos que la consuma (Mina, 2010, p.1).

2.2.4. Contaminantes del agua

2.2.4.1. Microorganismos patógenos

Dentro de esta clasificación podemos encontrar a todas las bacterias, virus, protozoos y otros microorganismos que son los causantes de enfermedades gastrointestinales entre otras, las cuales

son en algunas ocasiones son causantes de muerte sobre todo en la población de niños (Rebello, 1998, pp.1-2).

2.2.4.2. Desechos orgánicos

Estos son obtenidos a partir de las heces fecales provenientes de animales, humanos y materiales que dentro de su composición contienen bacterias aerobias, las mismas que se convierten en problema una vez que hay un exceso de estas ocasionando que el oxígeno no ingrese al agua (Rebello, 1998, p.2).

2.2.4.3. Sustancias químicas inorgánicas

Sustancias como sales, ácidos y metales tóxicos son las que regularmente se encuentran en este tipo aguas, las mismas que causan graves problemas en los seres vivos, afectan de manera directa a la agricultura, corroen equipos de trabajo, entre lo más relevante (Rebello, 1998, p.2).

2.2.4.4. Nutrientes vegetales inorgánicos

Algunos elementos como nitratos y fosfatos son requeridos para el desarrollo de las plantas sin embargo este se convierte en un problema cuando existe un exceso ya que inicia un proceso de eutrofización ocasionando que el agua no sea apta (Rebello, 1998, p.2).

2.2.4.5. Compuestos orgánicos

Los compuestos orgánicos tales como gasolina, petróleo, plásticos y demás son considerados macro moléculas las mismas que son bastantes complejas para descomponer los microorganismos (Rebello, 1998, p.2).

2.2.4.6. Sedimentos y materiales suspendidos

Algunas moléculas y materiales del suelo son arrastrados por el flujo del agua ocasionando una turbidez la cual se acumula formando sedimentos que en ocasiones causan algún taponamiento en canales, ríos o puertos; también evita la formación de vida de los organismos que allí habitan (Rebello, 1998, p.2).

2.2.4.7. Sustancias radiactivas

Regularmente algunos isótopos son solubles en agua los mismos que de algún modo terminan dentro de la cadena trófica y terminan en los tejidos de los seres vivos (Rebello, 1998, p.3).

2.2.4.8. Contaminación térmica

El verter el agua caliente que vienen de industrias en especial o centrales de energía terminan afectando la vida acuática (Rebello, 1998, p.3).

2.2.5. Calidad del agua

La OMS y algunos organismos internacionales indican que la calidad del agua no es más que el cumplimiento de los parámetros establecidos en cuanto a la caracterización físico, química y microbiológica del agua en su estado natural o una vez que esta haya sido manipulada y utilizada por el hombre, regularmente este concepto se utiliza más para el agua que va dirigida para el consumo humano pero también existen otros usos en los cuales existen diferentes parámetros que hacen que el agua tenga calidad (Baeza Gómez, 2016, p.7).

2.2.6. Parámetros físicos de la calidad del agua

2.2.6.1. Temperatura

El medir la temperatura es de especial importancia pues ayuda a determinar la alcalinidad, conductividad eléctrica, actividad biológica y el oxígeno disuelto que depende la flora y fauna del agua, ya que, cuando existe un alza de temperatura también se acelera el proceso de fotosíntesis y por ende la remoción de materia orgánica (Mora y Tamay, 2022, pp.20-21).

2.2.6.2. Sólidos disueltos totales (SDT)

Es la cantidad de sales orgánicas e inorgánicas, partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión y cantidad de sólidos que se puedan encontrar en la muestra tomada mismas que quedan como residuo una vez que haya terminado el proceso de secado clasificándola además por su tamaño, su volatilidad, decantabilidad y sedentabilidad; esta variable guarda una íntima relación con la cantidad de oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (Mora y Tamay, 2022, p.21).

2.2.6.3. Turbidez

La turbidez en el agua indica que está a pasado por un proceso de contaminación ya que la luz no puede ingresar a través de ella resultando un problema ambiental que repercute de manera directa sobre el proceso de fotosíntesis, regularmente el cambio del color es habitualmente provocado por la actividad humana que generalmente resulta con sedimentos (Mora y Tamay, 2022, p.21).

2.2.7. *Parámetros químicos de la calidad del agua*

2.2.7.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Indica la acidez, neutralidad y basicidad del agua jugando un papel fundamental dentro del desarrollo de la flora y fauna acuática por ende es importante que se exista el correcto equilibrio carbónico (Mora y Tamay, 2022, pp.21-22).

2.2.7.2. Oxígeno disuelto (OD)

Este parámetro es uno de los más importantes dentro de los índices de calidad de agua ya que proporciona información acerca del origen del contaminante mismo que puede ser orgánico o inorgánico debido a consumo de oxígeno que exista, para su determinación se toma en cuenta la presión atmosférica, temperatura y salinidad (Mora y Tamay, 2022, p.22).

2.2.7.3. Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO₅)

Es un parámetro cuantitativo pues se encarga del conteo de los microorganismos que se encuentran en las muestras bajo condiciones estipuladas durante cinco días en los que se desarrollaran mediante el consumo de oxígeno para la oxidación bioquímica de la materia orgánica (Mora y Tamay, 2022, pp.22-23).

2.2.7.4. Nitritos y nitratos

Se encuentran participando de forma activa en el ciclo del nitrógeno del suelo el mismo que regularmente es añadido al medio por fertilizantes, aunque, los nitritos son también el resultado de la degradación de los nitratos que serán utilizados como indicadores de contaminación fecal (Mora y Tamay, 2022, p.23).

2.2.7.5. Fosfatos

Es el elemento utilizado para la formación de la estructura y función de la célula mientras que el ion de fosfato tiene una participación activa para el desarrollo de las plantas acuáticas pues se lo utiliza como nutriente y el incremento del ion es proporcional al de las plantas las cuales captan una mayor cantidad de oxígeno causando la eutrofización del agua (Mora y Tamay, 2022, p.23).

2.2.8. *Parámetros microbiológicos de la calidad del agua*

2.2.8.1. Coliformes totales

Se los puede localizar en la superficie de agua dulce y suelo lo que indica que no es exclusivo del tracto digestivo del ser humano, no obstante, su presencia indica que existen problemas en el proceso del tratamiento (Instituto de Hidrología, 2007, p.2).

2.2.8.2. Coliformes fecales

Son microorganismos que tienen la apariencia de bacterias que se encuentran regularmente en el tracto digestivo del ser humano y se lo elimina mediante las heces fecales al medio ambiente, misma que si no es tratada como corresponde se puede transmitir a otras especies (Mora y Calvo, 2010, p.35).

2.2.9. *Tratamiento fisicoquímico del agua a nivel de laboratorio*

2.2.9.1. Ensayos de coagulación – floculación

Para la realización de este ensayo se requiere de dos vasos de precipitación de 1L y agitador mecánico donde luego se va a introducir la muestra y a esta se le va a agregar coagulantes y floculantes hasta que se obtenga los resultados esperados controlando variables como temperatura, pH, velocidad de agitación, tiempo de agitación y tiempo de coagulación; este ensayo es conocido en la industria como coagulación-floculación y decantación (Galvín, 2012, pp.251-257).

2.2.9.2. Ensayo de cloración

En este ensayo se agrega cloro hasta que los resultados sean los esperados, es decir, la eliminación de microorganismos, materia orgánica, hierro, etc., pero la cantidad de cloro libre debe encontrarse en un rango de 0,6 y 1 mg/L (Galvín, 2012, p.258).

2.2.9.3. Ensayo de filtración

La realización de este ensayo tiene como finalidad separar los líquidos y sólidos mediante el uso de filtros o con material de relleno (Galvín, 2012, pp.263-264).

2.2.9.4. Ensayo de adsorción

Tiene como finalidad la eliminación de materiales contaminantes mediante la adsorción que se encuentra dentro de la materia bruta o en curso de tratamiento (Galvín, 2012, pp.264-265).

2.2.9.5. Ensayo de ajuste de pH

Lo que aquí se busca es aumentar o disminuir el valor de pH que estará en dependencia de la normativa que esté vigente en el momento y la necesidad que exista, los reactivos que aquí se utilice pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos (Galvín, 2012, pp.265-266).

2.2.9.6. Ensayo de desendurecimiento

El principio es similar al ensayo de ajuste de pH radicado la diferencia en que aquí existirá un rellano donde después de la realización del test se deberá realizar análisis de dureza, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, suspensiones químicas los mismo que serán eliminados en su totalidad a través de la precipitación (Galvín, 2012, p.267).

2.2.9.7. Plantas piloto

Todos los ensayos que se realicen en el laboratorio son a pequeña escala, el cual sirve como base para llevar a la industria donde existe varios equipos, por este motivo, es imprescindible que los ensayos se realicen hasta la obtención de los resultados esperados (Galvín, 2012, pp.267-268).

2.2.10. Desinfección de aguas

La desinfección del agua es una de las alternativas más utilizadas al momento de existir una contaminación en el agua, esto se debe a su eficacia y a los diversos métodos que este tiene para llevar a cabo la limpieza entre estos se destacan los procesos físico, radiación, iones metálicos,

álcalis y ácidos, químicos y tensoactivos, fotocátalisis homogénea y los oxidantes; para la realización de la desinfección regularmente se utilizan hipoclorito, dióxido de cloro, cloraminas, permanganato y cloro potásico (Ramírez, 2005, pp. 8-11).

2.2.11. Normativa Ecuatoriana

2.2.11.1. NTE INEN 1108

La Normativa Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN) 1108 son los requerimientos con los que debe cumplir el agua para ser considerada potable es decir apta para el consumo humano (NTE INEN 1108, 2014, p.4). Ver anexo G

2.2.11.2. CODA

El CODA (Código Orgánico del Ambiente) se fundamenta en los contenidos presentes en El Texto Unificado de la Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA). Dentro de este último, existe una sección titulada "Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes recurso agua", en la cual se detalla el principio, enfoque, criterios de calidad, límites permisibles, permisos de descargas y otros aspectos relevantes. Se observa que se otorga una especial importancia a los criterios de calidad del agua para sus diversas aplicaciones (TULSMA, 2017. pp. 262-263).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. *Inductiva*

La base del desarrollo de esta investigación tuvo un razonamiento inductivo, ya que lo observado representó una problemática que afectaba a comunidades enteras (Abreu, 2014, p. 200). Este razonamiento ayudó a identificar de manera global el problema, el cual estaba fundamentado en el agua y su calidad. Esta identificación se logró a través de la investigación bibliográfica y el levantamiento de la línea base.

3.1.2. *Deductiva*

La investigación se basó en la necesidad de determinar la causa subyacente de la problemática, lo cual resultó ser un elemento fundamental en su desarrollo. Esto implicó que el enfoque de la investigación adoptara también un carácter deductivo, ya que era crucial identificar con precisión la causa raíz (Rodríguez y Pérez, 2017, p. 10). Para llevar a cabo esta identificación, se empleó la norma NTE-INEN:1108, la cual establece los parámetros y los valores apropiados necesarios para considerar el agua como apta para el consumo humano en términos de calidad.

3.1.3. *Experimental*

La investigación en su desarrollo toma un carácter experimental, puesto que, su desarrollo ayudará a la obtención de datos que permita obtener una solución a la problemática que aqueja a las comunidades (González, et al., 2020, p.111), para su determinación se tomaran muestras dentro de cada una de las comunidades, mismas que serán trasladada hasta los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al laboratorio químico de la Junta Administradora de Agua Potable Regional Vinchoa donde se realizara su caracterización.

3.2. Localización

Las comunidades de la parroquia Calpi, ubicada en la provincia de Chimborazo, se caracterizan por su entorno rural. Dentro de esta parroquia, se distinguen dos zonas geográficas: la zona centro,

que alberga comunidades más extensas como Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay, y la zona norte, donde se encuentran comunidades de menor tamaño, como La Moya y Rumicruz.

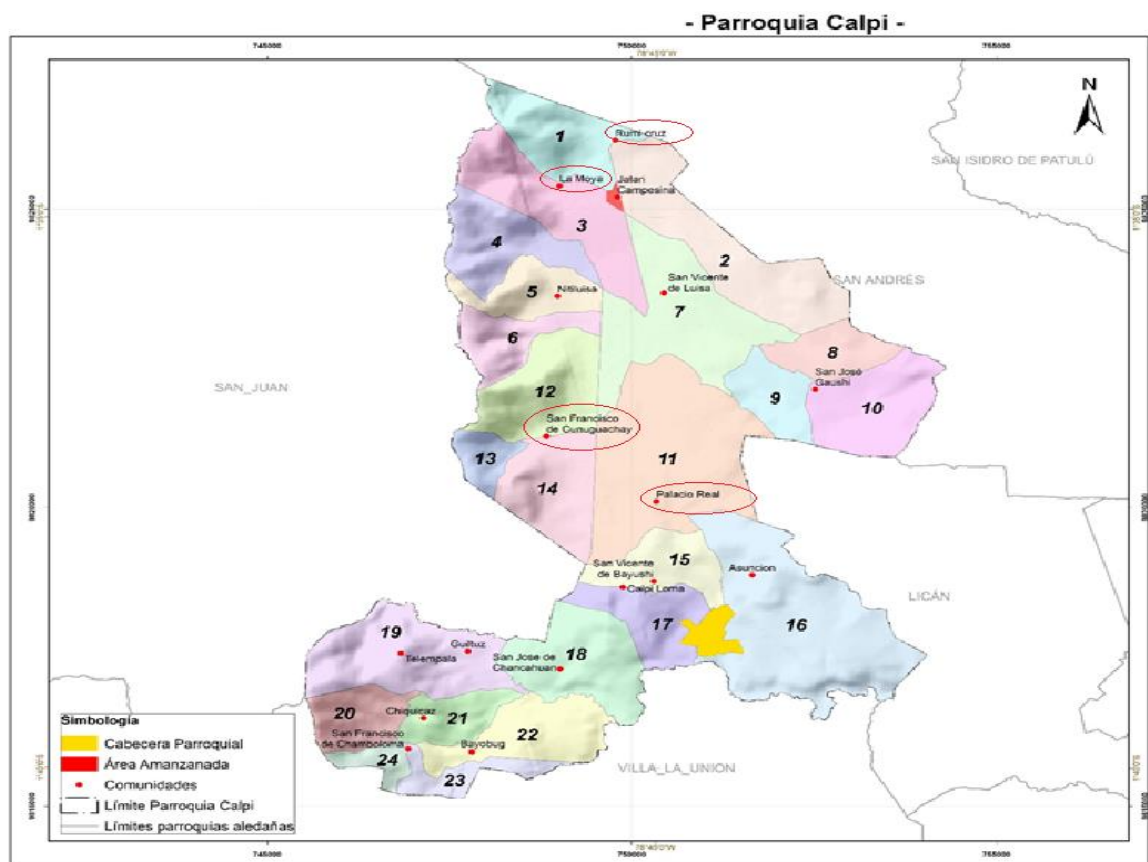



Ilustración 3-1: Mapa de procedencia de agua para vivienda

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

3.2.1. Información de las comunidades

Tabla 3-1: Información de las comunidades

Comunidad	Habitantes	Ubicación	Ecuación	Caudal					
<p>Palacio Real</p> <p>La comunidad está conformada por 450 habitantes, cuenta con un sistema de agua potable para consumo humano, se dedican a la producción agrícola mediante el cultivo de maíz, alfalfa y papas, a actividad pecuaria como la crianza y comercialización de especies menores y mayores, los desechos inorgánicos son quemados y arrojarlos a ríos o quebradas lo que genera en gran parte la contaminación ambiental (Gobierno Parroquial Santiago de Calpi, 2020, p.1).</p>				$450 \text{ hab.} \cdot \frac{250 \frac{\text{L}}{\text{d}}}{1 \text{ hab}} \times \frac{1 \text{ d}}{86400 \text{ s}} = 1.30 \text{ L/s}$ <p>Por lo tanto</p> $Q_{PR} = 1.30 \text{ L/s}$					
		<p>Ilustración 3-2: Mapa de procedencia de agua para vivienda</p> <p>Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.</p>							
		<p>Tabla 3-2: Localización de la comunidad Palacio real</p>							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> </table>			Parámetro	Descripción	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> </table>	Parámetro	Descripción
		Parámetro			Descripción				
		Parámetro			Descripción				
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Provincia</td> <td>Chimborazo</td> </tr> </tbody> </table>			Provincia	Chimborazo	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Provincia</td> <td>Chimborazo</td> </tr> </tbody> </table>	Provincia	Chimborazo
		Provincia			Chimborazo				
Provincia	Chimborazo								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cantón</td> <td>Riobamba</td> </tr> </tbody> </table>	Cantón	Riobamba	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cantón</td> <td>Riobamba</td> </tr> </tbody> </table>	Cantón	Riobamba				
Cantón	Riobamba								
Cantón	Riobamba								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Parroquia</td> <td>Calpi</td> </tr> </tbody> </table>	Parroquia	Calpi	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Parroquia</td> <td>Calpi</td> </tr> </tbody> </table>	Parroquia	Calpi				
Parroquia	Calpi								
Parroquia	Calpi								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Comunidad</td> <td>Palacio Real</td> </tr> </tbody> </table>	Comunidad	Palacio Real	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Comunidad</td> <td>Palacio Real</td> </tr> </tbody> </table>	Comunidad	Palacio Real				
Comunidad	Palacio Real								
Comunidad	Palacio Real								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Longitud</td> <td>-78.74932°</td> </tr> </tbody> </table>	Longitud	-78.74932°	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Longitud</td> <td>-78.74932°</td> </tr> </tbody> </table>	Longitud	-78.74932°				
Longitud	-78.74932°								
Longitud	-78.74932°								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Latitud</td> <td>-1.62482°</td> </tr> </tbody> </table>	Latitud	-1.62482°	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Latitud</td> <td>-1.62482°</td> </tr> </tbody> </table>	Latitud	-1.62482°				
Latitud	-1.62482°								
Latitud	-1.62482°								
<p>Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.</p>	<p>Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.</p>								

San Francisco de Cunuhuachay

La comunidad está conformada por 1000 habitantes, cuenta con un sistema de agua potable para consumo humano, también con servicio de alcantarillado, su producción es agrícola, pecuaria y artesanal, sus suelos son con pendientes fuertes, áridos y arenosos (Gobierno Parroquial Santiago de Calpi, 2020, p.1).



Ilustración 3-3: Ubicación geográfica de la comunidad San Francisco de Cunuhuachay.

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 3-3: Localización de la comunidad San Francisco de Cunuhuachay

Parámetro	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Calpi
Comunidad	San Francisco De Cunuhuachay
Longitud	-78.76267°
Latitud	-1.61755°

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Ecuación 3-1: Caudal

$$Q = \frac{1}{S}$$

$$1000 \text{ hab.} \times \frac{250 \frac{L}{d}}{1 \text{ hab}} \times \frac{1 d}{86400 S} = 2.89 \text{ L/s}$$

Por lo tanto

$$Q_{SF} = 2.89 \text{ L/s}$$

La Moya

La comunidad está conformada por 220 usuarios, cuenta con agua entubada pero no con servicio de alcantarillado generando problemas sanitarios en la población, en cuanto a comunicación fija tiene baja cobertura de los servicios de CNT, sus suelos tienen pendientes fuertes, arenosos y áridos, cuenta con cultivos, páramos, pastos, zonas erosionadas, abandonadas y amenazadas por las acciones que impactan sobre el recurso suelo en zonas de páramo-pajonal por el empleo de insumos químicos para el control de plagas y malezas, la presencia de desechos y basuras (Gobierno Parroquial Santiago de Calpi, 2020, p.1).



Ilustración 3-4: Ubicación geográfica de La Moya

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 3-4: Localización de La Moya


Parámetro	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Calpi
Comunidad	La Moya
Longitud	-78.76207°
Latitud	-1.57820°

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

$$220 \text{ hab.} \cdot \frac{250 \frac{\text{L}}{\text{d}}}{1 \text{ hab}} \times \frac{1 \text{ d}}{86400 \text{ s}} = 0.64 \text{ L/s}$$

Por lo tanto

$$Q_{LM} = 0.64 \text{ L/s}$$

<p>Rumicruz</p>	<p>La comunidad está conformada por 300 habitantes, cuenta con agua entubada, sus vertientes son Soldado Pogyo, Quishuar, Colcha Pogyo, Quilli Pogyo (Gobierno Parroquial Santiago de Calpi, 2020, p.1).</p>	 <p>Ilustración 3-5: Ubicación geográfica Rumicruz</p> <p>Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.</p> <p>Tabla 3-5: Localización de la comunidad Rumicruz</p> <table border="1" data-bbox="790 906 1332 1273"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Provincia</td> <td>Chimborazo</td> </tr> <tr> <td>Cantón</td> <td>Riobamba</td> </tr> <tr> <td>Parroquia</td> <td>Calpi</td> </tr> <tr> <td>Comunidad</td> <td>Rumicruz</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>-1.57174°</td> </tr> <tr> <td>Latitud</td> <td>-78.75552°</td> </tr> </tbody> </table> <p>Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.</p>	Parámetro	Descripción	Provincia	Chimborazo	Cantón	Riobamba	Parroquia	Calpi	Comunidad	Rumicruz	Longitud	-1.57174°	Latitud	-78.75552°	$300 \text{ hab.} \cdot \frac{250 \frac{L}{d}}{1 \text{ hab}} \times \frac{1 d}{86400 s} = 0.87 \text{ L/s}$ <p>Por lo tanto</p> $Q_R = 0.87 \text{ L/s}$
Parámetro	Descripción																
Provincia	Chimborazo																
Cantón	Riobamba																
Parroquia	Calpi																
Comunidad	Rumicruz																
Longitud	-1.57174°																
Latitud	-78.75552°																

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

3.3. Diagnóstico actual del agua de consumo




3.3.1. Recolección de muestras

3.3.1.1. Comunidades de La Moya y Rumicruz

Las comunidades de La Moya y Rumicruz comparten tres vertientes subterráneas conocidas como Quilli pogyo, Colcha pogyo y Soldado pogyo. En estas vertientes, es posible observar la presencia de vegetación, hojas secas e insectos. Estas fuentes de agua están interconectadas a través de tuberías que confluyen en el tanque de captación denominado Ayahuma. Sin embargo, en este tanque se ha identificado la presencia de moho adherido a las paredes, así como raíces y algas en contacto directo con el agua. Existe la posibilidad de que esta contaminación se transfiera al tanque de distribución y, posteriormente, llegue a los hogares.

Para llevar a cabo la recolección de muestras de manera exhaustiva, se procedió a tomar muestras en varias ubicaciones clave. Esto incluyó la obtención de muestras directamente de las vertientes, donde el agua tiene su origen, así como de los tanques de almacenamiento utilizados en el proceso de distribución. Además, se tomaron muestras en los domicilios de los residentes, lo que permitió un análisis integral de la calidad del agua a lo largo de todo el sistema de abastecimiento.

Tabla 3-6: Sistema de abastecimiento de agua de consumo para Moya y Rumicruz

Vertientes		
1 Quilli pogyo	2 Colcha pogyo	3 Soldado pogyo
		
Tanque de captación Ayahuma	Tanque de distribución	Domicilio



Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

3.3.1.2. Comunidades Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay

Las comunidades de Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay obtienen su suministro de agua de la vertiente conocida como El Lirio, ubicada en la comunidad Guabug de la parroquia San Juan. Se sabe que estas comunidades cuentan con tanques de cloración situados en la cabecera de la comunidad. Esta información se obtuvo de fuentes bibliográficas ya que, lamentablemente, la visita técnica a estos tanques no pudo llevarse a cabo debido a la limitada colaboración por parte de los habitantes locales. Esta falta de cooperación se debe al temor de que la suspensión del servicio de agua que llega a sus hogares sea una consecuencia. A pesar de este obstáculo, se logró tomar muestras directamente de los grifos de agua en los hogares de los residentes.

3.3.1.3. Manejo de las muestras

El objeto de análisis en este estudio fue el agua destinada al consumo humano en las cuatro comunidades previamente mencionadas. Esta agua proviene de fuentes naturales y es canalizada a tanques de almacenamiento antes de ser distribuida a los hogares. Las recolecciones de muestras se llevaron a cabo durante los meses de noviembre de 2022 y enero de 2023. Se seleccionaron días tanto soleados como posteriores a lluvias para abarcar diversas condiciones ambientales. Las muestras se obtuvieron en diferentes puntos de consumo dentro de las comunidades, incluyendo domicilios particulares, donde se tomaron directamente de los grifos para garantizar la integridad de las muestras, se realizó un procedimiento de limpieza utilizando algodón y permitiendo que el agua fluyera durante 2 o 3 minutos antes de su recolección.

Se recolectó una cantidad significativa de agua con el propósito de evaluar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Estas muestras se depositaron en envases plásticos previamente esterilizados y se les asignó una etiqueta identificativa. Posteriormente, se colocaron en un cooler herméticamente sellado junto con hielo para asegurar su preservación durante el transporte. Las muestras fueron trasladadas a tres destinos diferentes: al laboratorio de Calidad de Agua, al laboratorio de investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica

de Chimborazo y al laboratorio químico de la Junta Administradora de Agua Potable Regional Vinchoa.



Ilustración 3-6: Vertiente, punto de muestreo

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 3-7: Toma, recolección y codificación de las muestras

Comunidad	Codificación	Lugar	Días de muestreo	Veces
La Moya y Rumicruz	V	Vertiente	Martes	1
	TC	Tanque de captación	Martes	1
	TD	Tanque de distribución	Martes	1
Rumicruz	R	Domicilios	Martes	3
			Jueves	3
La Moya	LM	Domicilios	Martes	3
			Jueves	3
Palacio Real	PR	Domicilios	Martes	3
			Jueves	3
San Francisco De Cunuhuachay	SF	Domicilios	Martes	3
			Jueves	3




Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.





3.3.2. Equipos y técnicas para la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo

En el proceso de caracterización del agua de consumo, se procedió a seguir los lineamientos establecidos por la Normativa Técnica Ecuatoriana 1108:2006. Esta normativa define los parámetros y criterios necesarios para determinar si el agua es apta para el consumo humano y

cumple con los estándares de agua potable. Además, para llevar a cabo el análisis, se utilizó el manual proporcionado por HACH, que se considera una referencia en la industria para la realización de análisis de calidad del agua.

Tabla 3-8: Equipos para la caracterización del agua de consumo

Parámetros	Determinación	Equipos
Fisicoquímicos (1 L de muestra)	Nitritos, nitratos, hierro, fosfatos, fluoruros, color.	 <p>Ilustración 3-7: Espectrofotómetro HACH DR2800</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>
	Turbiedad, sólidos en suspensión	 <p>Ilustración 3-8: Turbidímetro HACH</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>
	Conductividad, sólidos totales disueltos	 <p>Ilustración 3-9: Conductímetro PC 2700</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>

	Alcalinidad, cloruros, dureza	 <p>Ilustración 3-10: Titulación</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>
	pH	 <p>Ilustración 3-11: pH metro</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>
Metales pesados (1 L de muestra)	Cadmio y plomo	 <p>Ilustración 3-12: Generador de llama</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>
	Arsénico, mercurio, selenio	 <p>Ilustración 3-13: Generador de hidruro</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>

Microbiológicos (100 ml de muestra)	Coliformes fecales, coliformes totales, aerobios mesófilos	 <p>Ilustración 3-14: Estufa</p> <p>Realizado por: Chela, M., 2023.</p>
----------------------------------------	------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

3.3.2.1. Técnicas de la caracterización fisicoquímica

Tabla 3-9: Técnicas para la caracterización fisicoquímica

Parámetro	Materiales y reactivos	Técnica	Bibliografía
Conductividad	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Vaso de precipitación • Agua destilada • Muestras de agua 	Poner 40 ml de muestra en un vaso de precipitación, y con el conductímetro ir midiendo la conductividad, se recomienda lavar el electrodo con agua destilada en cada medición. Si los valores de medición arrojan un valor superior a 1000 es necesario realizar la disolución.	(Mayorga, 2015:a, pp.64-67)
Sólidos totales disueltos	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Tubos HACH • Vaso de precipitación • Muestras de agua 	En el conductímetro, se selecciona la opción medición de sólidos disueltos, luego en un vaso de precipitación colocar la muestra de agua y colocar el electrodo en el interior del vaso para hacer la lectura correspondiente.	
Sólidos en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro • Celdas • Tubos Hach • Muestras de agua 	En el turbidímetro HACH, las muestras se coloca en la celda y se va midiendo, es recomendable lavar la celda en cada uso con agua destilada.	
pH	<ul style="list-style-type: none"> • pH metro • Vaso de precipitación • Agua destilada 	En el pH metro, se selecciona la opción medición de pH la muestra, en un recipiente de precipitación, poner la muestra de agua y sumergir el	

	<ul style="list-style-type: none"> Muestras de agua 	electrodo dentro del recipiente para realizar la lectura adecuada.
Turbiedad	<ul style="list-style-type: none"> Turbidímetro Tubos HACH Celdas para turbidímetro Agua destilada Muestras de agua 	En el turbidímetro HACH, se selecciona la opción para medir la turbiedad, la muestra se coloca en la celda y se hace la lectura correspondiente. Se recomienda lavar las celdas en cada medición con agua destilada.
Color	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro HACH DR 2800 Tubos HACH Agua destilada Celdas Pipeta 	Introducir en una celda 10 ml de agua destilada que se usara como blanco para encerrar el equipo y colocar equipo HACH DR 2800. Luego poner 10 ml de muestra en otra celda, colocar la cubierta protectora para realizar la medición.
Dureza	<ul style="list-style-type: none"> Matraz Erlenmeyer Pipeta Bureta EDTA 0,02 M (0,023 Normalizado) Solución de KCN 1%, Buffer pH 10 Negro de Eriocromo 	Agregar 25 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer, seguido de la adición de 1 ml de solución de KCN al 1%, 1 ml de Buffer pH 10 y una pequeña cantidad del indicador negro de Eriocromo. Mezclar la solución hasta obtener una uniformidad en la mezcla. Después, llevar a cabo la titulación utilizando una solución de EDTA 0,02 M (normalizada a 0,023) hasta que se observe el desarrollo de una coloración rosado violeta.
Alcalinidad	<ul style="list-style-type: none"> Matraz Erlenmeyer Pipeta Bureta H_2SO_4 a 0,05 N (normalizado 0,057). Indicador Naranja de metilo 	Añadir 25 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer junto con 6 gotas de indicador de naranja de metilo. Agitar la mezcla y posteriormente llevar a cabo la titulación utilizando una solución de H_2SO_4 a 0,05 N (normalizado 0,057).

Nitritos	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Celdas • Tubos hach • Reactivo en polvo de Nitrite LR M00055F10 	<p>Dentro del dispositivo HACH DR2800, se elige la alternativa de "programas almacenados" en la pantalla. Luego, se procede a seleccionar la prueba 375 de Nitrito N RB AV, colocar 10 ml de agua destilada en una celda para encerrar. Colocar 10 ml de muestra en el tubo Hach y luego el reactivo en polvo, agitarlo por rotación y dejarlo en reposo para luego colocarlo en otra celda, tapar para tomar la lectura.</p>	
Nitratos	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Celdas • Tubos Hach • Reactivo en polvo 	<p>Dentro del dispositivo HACH DR2800, se elige en la pantalla la alternativa de "programas almacenados". Luego, se procede con la prueba 351 de detección de nitrato tipo N Nitrato RB, añadiendo 10 ml de agua destilada en una celda para la preparación. Colocar en 10 ml de muestra el reactivo en polvo, agitarlo durante 3 minutos luego dejarlo en reposo, esta muestra se coloca en otra celda, se debe limpiar bien la celda antes de colocar en el soporte, luego tapar para tomar la lectura.</p>	
Fluoruros	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Celdas • Tubos Hach • Reactivo SPANDS • Agua destilada 	<p>En el dispositivo HACH DR2800, se elige la alternativa de "programas guardados" en la pantalla. Después, se opta por la prueba 580 de detección de fluoruros, y se prepara el equipo añadiendo 10 ml de agua destilada y 2 ml del reactivo SPANDS. Colocar en 10 ml de muestra 2 ml del reactivo SPANDS esta muestra se coloca en otra celda. Colocar en el soporte, tapar y seleccionar medición para tomar la lectura.</p>	

Cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer • Pipeta volumétrica • Bureta • Indicador cromato de potasio • $AgNO_3$ 0,01 N 	Colocar 25 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer con 4 gotas de cromato de potasio que da un color amarillo remover para luego titular con $AgNO_3$ 0,01 N hasta obtener un color ladrillo.
Fosfatos	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Celdas • Tubos hach • Reactivo en polvo de Phos Ver 3 phosphate rgt 	En el equipo HACH DR2800, colocar 10 ml de agua destilada en el equipo para encerrar Colocar 10 ml de muestra en tubo hach con el reactivo en polvo, esperar 2 min luego poner en otra celda y en el equipo. Realizar la lectura.
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Celdas • Tubos hach • Reactivo en polvo de Iron Phen - Anthroune 	En la pantalla del dispositivo HACH DR2800, se elige la alternativa "programas almacenados". Después, se opta por el test 265, que corresponde al análisis de Hierro FerroVer. Se procede a introducir 10 ml de agua destilada en una celda destinada para este propósito. Colocar en 10 ml de muestra el reactivo en polvo, agitarlo y dejar en reposo, luego colocar en otra celda, tapar para tomar la lectura.
Metales pesados (Arsénico, cadmio, mercurio, plomo, selenio)	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer o vasos de precipitación de 1000 ml • Hornilla eléctrica • Malla de asbesto • Probeta de 1000 ml • Pipeta de 10 ml 	Para digerar, con una probeta medir 1000 ml de muestra y colocar en un matraz Erlenmeyer con 10 ml de ácido nítrico, encender la hornilla eléctrica y calentar hasta que la muestra llegue por debajo de 100 ml luego dejar enfriar y aforar con un balón de 100 ml, colocar en recipientes de orina, etiquetar y refrigerarla. Utilizar el generador de

	<ul style="list-style-type: none"> • Balón de aforo de 100 ml • Piseta • Ácido nítrico 	llama para determinar el cadmio y el plomo y el generador de hidruro para determinar el arsénico, selenio y mercurio.	
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

3.3.2.2. Técnica de la caracterización microbiológica

Tabla 3-10: Técnica de la caracterización microbiológica

Parámetro	Materiales y reactivos	Técnica	Bibliografía
Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Pipeta de 1ml • Piseta • Placas Petrifilm aerobios y coliformes 	<p>Desinfectar el área de trabajo. Levantar la cubierta de la placa. Colocar 1 ml de agua cruda en las placas aerobias y coliformes. Cerrar cuidadosamente para evitar que se formen burbujas en las placas. Presionar con el aplicador para que la muestra se distribuya uniformemente en la placa. Encender la estufa y programar para 48 horas a una temperatura de 32°C. Realizar el conteo de colonias, aquellas que presenten gas son coliformes fecales y aquellas colonias sin gas son coliformes totales.</p>	(Yubaille, 2016, p.30).

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

3.4. Alternativas para el tratamiento del agua de consumo

3.4.1. Pruebas de tratabilidad

Tras completar la etapa de caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano, se evidenció la presencia de ciertos valores que excedían los límites establecidos por la normativa aplicable. Concretamente, los niveles de fosfatos y la detección de coliformes fecales y totales sobrepasaron los estándares permitidos. Este hallazgo suscitó la necesidad de abordar estas discrepancias con el fin de asegurar que el agua cumpla con los requisitos de calidad para su uso en consumo humano.

En respuesta a estos hallazgos, se implementaron una serie de ensayos de tratabilidad. La esencia principal de estos ensayos radicaba en la identificación de las estrategias de tratamiento más eficientes con el propósito de rectificar los valores que estaban fuera de los rangos aceptables. El objetivo final era asegurar que el agua cumpliera con los estándares normativos necesarios para su consumo. A continuación, se presentan los detalles específicos de las pruebas de tratabilidad llevadas a cabo. Es relevante destacar que, considerando la compartición de un sistema de distribución de agua potable entre las comunidades de estudio mediante vertientes y tanques, se optó por fusionar las muestras de Moya con Rumicruz, así como las de Palacio Real con San Francisco, para llevar a cabo el proceso de tratamiento.

3.4.1.1. Pruebas de Jarra

Para estudiar la formación de flóculos, se realizaron pruebas de Jarra con policloruro de aluminio como agente coagulante. Debido a que las muestras de agua eran transparentes, se pudo notar la aparición de una sustancia similar al almidón durante el proceso. Esto sugiere que la adición del coagulante contribuyó a la formación de flóculos, lo cual se evaluó de manera efectiva a través de estas pruebas experimentales.

3.4.1.2. Filtración

El sistema de filtración empleado utilizó carbón activado, zeolita y grava como medios filtrantes, todos en proporciones equitativas. Se optó por esta combinación con el fin de mejorar la calidad del agua. En relación a la eliminación de fosfatos, la literatura científica respalda el uso de zeolita como medio filtrante, ya que ha demostrado ser altamente eficaz en la retención de fosfatos.

3.4.1.3. Cloración

Tras el proceso de filtración, se procedió a llevar a cabo la etapa de desinfección con el propósito de eliminar o neutralizar los agentes microbianos presentes. En este sentido, se utilizó hipoclorito de calcio al 5% como agente desinfectante. La función principal de este compuesto consiste en la oxidación de la materia vegetal, incluyendo los fosfatos, además de prevenir la proliferación de microorganismos en el agua.

3.4.2. Cálculos de ingeniería

3.4.2.1. Sedimentador rectangular

Los sólidos suspendidos se someten a un proceso de sedimentación en un tanque especialmente diseñado, donde el agua permanece durante un período de 0,5 a 3 horas, o incluso más. Este lapso de tiempo es suficiente para que aproximadamente el 50% a 70% de los sólidos finamente divididos se depositen en el fondo del tanque. Además, esta etapa facilita la oxidación de la materia orgánica, logrando una reducción de entre el 25% y el 40% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (Metcalf y Eddy, 1995, p.195).

Tabla 3-11: Información para el diseño de tanque de sedimentación primaria

Características	Intervalo	Típico
Sedimentación primaria		
Tiempo de retención, h	1,5 – 2,5	2
Carga superficie, m³/m²*d		
A caudal medio	30 – 50	40
A caudal punta	80 – 120	100
Carga sobre vertedero, m ³ /m*d	125 – 50	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso		
Tiempo de retención, h	1,5 – 2.5	2
Carga superficie, m³/m²*día		
A caudal medio	24 – 32	28
A caudal punta	48 – 70	60
Carga sobre vertedero	125 - 500	250

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

- **Área del sedimentador**

Datos:

Cs: Carga superficial = $80 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ (Valor obtenido de la Tabla 3-12)

Q: Caudal = $1,51 \text{ L/s} = 130.46 \text{ m}^3/\text{d}$ (Suma de los caudales Rumicruz y la Moya)

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

Ecuación 3-2: Área de sedimentador

$$As = \frac{130.46 \text{ m}^3/\text{d}}{80 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}}$$

$$As = 1.63 \cong 2 \text{ m}^2$$

- **Ancho del sedimentador (a)**

Datos

As: Área superficial del sedimentador 1.63 m^2

$$a = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 3-3: Ancho del sedimentador

$$a = \sqrt{\frac{1.63 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 0.90 \cong 1 \text{ m}$$

- **Longitud del sedimentador**

Datos

a: Ancho del sedimentador = 0.90

$$L = 2 * a$$

Ecuación 3-4: Longitud del sedimentador

$$L = 2 * 0.90\text{m}$$

$$L = 1.8 \cong 2 \text{ m}$$

- **Volumen del sedimentador**

Datos

L: Largo del sedimentador = 2 m

a: Ancho del sedimentador = 1 m

h: Profundidad del sedimentador = 2,5 (Valor asumido por el proyectista) altura en función del caudal

$$V = L * a * h$$

Ecuación 3-5: Volumen del sedimentador

$$V = 2 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2,5 \text{ m}$$

$$V = 5 \text{ m}^3$$

Nota: Si el caudal fuera más grande el largo y el ancho también tiene una variación

3.4.2.2. Filtro rápido

Tabla 3-12: Parámetro de diseño de filtro rápido de arena

Parámetro	Valor
Tasa de filtración	120 m ³ /d
Medio	Arena
Altura de la capa de agua sobre el lecho C _a	1.5 m
Profundidad del medio L _a	0.60 – 0.75 m
Profundidad de grava C _s	0.30 – 0.45 m
Tamaño efectivo del medio	0.35 – 0.70 mm (valor típico 0.5 mm)
Coefficiente de uniformidad	1.3 – 1.7 (valor típico 1.5)
Drenaje	Tubería perforada
Altura del drenaje F _c	0.10 – 0.25 m

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

- **Número de filtro**

Datos

n_f = número de filtros, adimensional

Q = caudal de diseño = 1.51 L/s

$$n_f = 0.044\sqrt{Q}$$

Ecuación 3-6: Número de filtro

$$n_f = 0.044\sqrt{1.51}$$

$$n_f = 0.054 \cong 1$$

- **Área del filtro**

Datos:

$$A_f = \text{Área de filtro, } m^2$$

$$Q = \text{caudal (130,46 } m^3/d)$$

$$\text{Tasa de filtración} = 120 \text{ } m/d \text{ para filtros rápidos (Tabla 3-13)}$$

El área del filtro se calcula por la expresión:

$$A_f = \frac{Q}{\text{tasa de filtración}}$$

Ecuación 3-7: Área de filtro

$$A_f = \frac{130,46 \text{ } m^3/d}{120 \text{ } m/d}$$

$$A_f = 1.09 \text{ } m^2$$

- **Longitud de filtro**

Datos:

$$L_f = \text{Longitud del filtro, } m$$

$$A_f = \text{Área de filtro (1.09 } m^2)$$

$$K_c = \text{Coeficiente de mínimo costo (1.5)}$$

$$L_f = \sqrt{A_f * k_c}$$

Ecuación 3-8: Longitud de filtro

$$L_f = \sqrt{1.09 * 1.5}$$

$$L_f = 1.28 = 1m$$

- **Ancho del filtro**

Datos:

a_f = ancho del filtro, m

A_f = Área de filtro (1.09 m^2)

K_c = Coeficiente de mínimo costo (1.5)

$$a_f = \sqrt{\frac{A_f}{k_c}}$$

Ecuación 3-9: Ancho de filtro

$$a_f = \sqrt{\frac{1.09}{1.5}}$$

$$a_f = 0.85 \cong 1 \text{ m}$$

- **Altura del filtro**

La altura del sistema de drenaje, denotada como F_c , se deriva de los parámetros de diseño detallados en la tabla 3-12. Por otro lado, el cálculo de la altura del filtro se realizó considerando la composición específica del lecho filtrante y aplicando un factor de seguridad f_s del 10%.

Datos:

Z_f = Altura del filtro, m

f_s = Factor de seguridad, 10 %

C_a = Altura de la capa de agua, 1.5 m

L_a = Altura del lecho filtrante o profundidad de arena (Carbón activado) 0.75 m

C_s = Altura de capa de soporte, profundidad de grava 0.45 m

F_c = Altura del drenaje, 0.25 m

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + F_c)$$

Ecuación 3-10: Altura de filtro

$$Z_f = 1.10(1.5 + 0.75 + 0.45 + 0.25)$$

$$Z_f = 3.24 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

Para las comunidades de Palacio Real y San Francisco, se establecieron dimensiones similares debido a que se calcularon en base al número de habitantes de cada comunidad.

3.4.2.3. Cloración

- **Cálculo para preparar la solución**

Para la preparación de una solución de hipoclorito de calcio, se tuvo en cuenta la eficacia del producto, debido a que su pureza podía variar en un rango del 65% al 75%.

$$0,5 \frac{P(g Cl)}{V (100 g sol)} * \frac{1 g sol}{1 ml sol} * \frac{1000 ml sol}{1 l sol} * \frac{1000 mg Cl}{1 g Cl} = 5000 \frac{mg Cl}{l}$$

Para preparar 20 L de solución.

$$5000 \frac{mg Cl}{l} * 20 l * \frac{1 g Cl}{1000 mg Cl} = 100 g Cl$$

$100 g Cl \rightarrow 100\% \text{ eficiencia}$

Para un hipoclorito de calcio con eficiencia de 65 % (Regla de tres inversa).

$$100 g Cl \rightarrow 1$$

$$Xg Cl \rightarrow 0,65$$

$$Xg Cl (0,65) = 100g Cl$$

$$Xg Cl = \frac{100g Cl}{0,65}$$

$$Xg Cl = 153,84 = 154 g Cl$$

$$20 l * \frac{1000 g}{1l} = 20000g sol$$

Por lo tanto

$$154g Cl + Xg H2O = 20000g sol$$

$$Xg H2O = 20000g sol - 154g Cl$$

$$Xg H2O = 19,85 l H2O$$

Por consiguiente, se procedió a diluir 154 g de cloro en 19.85 L de agua.

- **Dosificación de la solución de hipoclorito de calcio para el caudal La Moya y Rumicruz**

La dosificación se realizó por sistema de goteo en vaso de precipitación de 1000 ml donde posteriormente se mide la concentración de cloro libre con el equipo portátil. El hipoclorito de calcio al 5% actúa oxidando la materia vegetal (fosfatos) y eliminando agentes microbianos.



Ilustración 3-15: Medición de la concentración de cloro libre

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Procedimiento

- Con gotas de solución de hipoclorito de calcio al 5 %, en vaso de precipitación de 1000 ml se determina la concentración de cloro libre.
- Se mide la concentración libre de cloro con el equipo portátil.
- Se observa los resultados (Mayorga Ortiz, 2015).

Dosificación

Con 4 gotas de solución de hipoclorito de calcio se obtuvo 0,9 mg/L cloro libre.

Por lo tanto

$$4 \text{ gota Cl} \frac{0.005 \text{ ml Cl}}{1 \text{ gota Cl}} = 0.20 \text{ ml Cl.}$$

Al agregar 0.20 ml de solución de hipoclorito de calcio al 5 % en 1 litro de agua cruda, se logra una concentración de 0.9 mg/L de cloro libre. Esta cantidad representa una concentración adecuada para una desinfección eficaz del agua destinada al consumo humano.

$$Q = 1,51 \text{ L/s}$$

Por lo tanto

$$\frac{90,6L}{1 \text{ min}} * \frac{0.20 \text{ ml}}{L} = 18,12 \text{ ml/min}$$

Se requiere administrar 18.12 ml a través de goteo en el transcurso de un minuto.

3.4.3. Caracterización fisicoquímica y microbiológica postratamiento

En el contexto de la caracterización del agua tratada en el laboratorio, se optó por emplear las mismas técnicas que se detallaron en los apartados 3.3.2.1 y 3.3.2.2. Estas técnicas abarcan la caracterización fisicoquímica para fosfatos y la caracterización microbiológica, respectivamente. Ambas metodologías se aplicaron de manera consistente tanto en el análisis del agua tratada como en el examen del agua originaria proveniente de diversas vertientes.

3.4.4. Socialización de los resultados obtenidos con la comunidad

Para llevar a cabo la socialización, se contó con el respaldo del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la parroquia de Calpi, la fundación MAQUITA y la colaboración de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Durante este proceso, se presentaron los resultados derivados del análisis del agua procedente de las vertientes, los depósitos y los hogares, los cuales fueron compartidos con los residentes de las diversas comunidades.

La información se transmitió empleando presentaciones visuales que ilustraban la situación actual del agua, con el propósito de aumentar la conciencia sobre el tema. Además, se destacó la urgente necesidad de construir un tanque sedimentador con un filtro que incluyera carbón activado, zeolita y grava en la salida. Este sistema estaría conectado mediante tuberías al tanque ya existente para llevar a cabo el proceso de cloración, y a su vez, estaría enlazado con el tanque de reserva para la posterior distribución del agua tratada.

Se hizo hincapié en los parámetros que estaban por encima de los estándares normativos, ya que estos constituían el punto de partida fundamental para resolver la problemática. La solución propuesta a esta situación se considera como la más viable en todos los aspectos, y su implementación generara resultados positivos en la salud de los miembros de la comunidad.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua destinada al consumo

4.1.1. Comunidad La Moya

4.1.1.1. Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad La Moya

La Tabla 4-1 presenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el primer muestreo (N°1), que abarca las comunidades de Moya y Rumicruz. Estas comunidades comparten vertientes (V), un tanque de captación (TC) y un tanque de distribución (TD).

Tabla 4-1: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°1 (Moya y Rumicruz)

Parámetro	Unidades	Muestras			Límite máximo permisible
		V	TC	TD	
Dureza	mg/L	2,5	1,4	2,6	300
Conductividad	μ Siems/cm	293,3	297,9	484,1	< 1250
Alcalinidad	mg/L	2	2,08	2,09	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	13	9	10	15
Turbiedad	NTU	0,624	0,415	0,278	5
pH	-----	7,64	7,56	7,36	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	181,6	178,6	372,6	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	3	1	2	500
Cloruros	mg/L	0,8	0,7	0,8	250
Nitratos	mg/L	3,7	4,5	2,2	50
Fluoruros	mg/L	0,67	0,60	0,91	1,5
Hierro	mg/L	0,12	0,20	0,14	0,3
Fosfatos	mg/L	1,08	1,06	1,18	0,3
Nitritos	mg/L	0,003	0,004	0,005	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Los resultados presentados en la tabla 4-1 arrojan que, de los 14 parámetros fisicoquímicos sometidos a análisis, solamente los niveles de fosfatos superan los límites establecidos. Esto sugiere que, en líneas generales, la calidad del agua en términos de sus características fisicoquímicas es adecuada, excepto por la presencia elevada de fosfatos. Es relevante resaltar

que los valores de fosfatos en las muestras obtenidas en diferentes lugares presentan una uniformidad en su concentración a lo largo del sistema de suministro de agua.

Tabla 4-2: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2(Moya)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	2,3	2,5	2,1	2,3	300
Conductividad	μ S/cm	353,5	340,9	360,2	351,53	< 1250
Alcalinidad	mg/L	2,2	2,07	2,11	2,13	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	14	13	13	13,33	15
Turbiedad	NTU	0,393	0,430	0,413	0,41	5
pH	-----	7,32	7,35	7,50	7,39	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	218,8	230,1	273,4	240,77	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	2	2	1	1,67	500
Cloruros	mg/L	0,8	0,8	0,6	0,73	250
Nitratos	mg/L	3,2	3,6	3,1	3,3	50
Fluoruros	mg/L	0,90	0,87	1,13	0,97	1,5
Hierro	mg/L	0,15	0,16	0,20	0,17	0,3
Fosfatos	mg/L	1,01	1,15	0,94	1,03	0,3
Nitritos	mg/L	0,003	0,003	0,004	0,003	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 4-3: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°3(Moya)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	2,2	2,5	2,4	2,37	300
Conductividad	μ S/cm	350,8	341,3	357,9	350	< 1250
Alcalinidad	mg/L	2,15	2,10	2,04	2,10	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	13	10	11	11,33	15
Turbiedad	NTU	0,354	0,410	0,404	0,39	5
pH	-----	7,09	7,33	7,48	7,30	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	215,3	225,6	270,8	237,23	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	1	2	1	1,33	500
Cloruros	mg/L	0,5	0,7	0,7	0,63	250
Nitratos	mg/L	3,4	3,3	3,9	3,53	50
Fluoruros	mg/L	0,95	0,69	1,09	0,91	1,5
Hierro	mg/L	0,11	0,22	0,16	0,16	0,3

Fosfatos	mg/L	1,12	1,27	1,04	1,14	0,3
Nitritos	mg/L	0,002	0,002	0,003	0,002	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

En las tablas 4-2 y 4-3, que se refieren a las muestras N° 2 y N° 3, respectivamente, se repite la misma tendencia que se observó en la muestra N° 1. En los resultados de los 14 parámetros fisicoquímicos analizados, los niveles de fosfatos excedieron los límites permitidos definidos por la norma NTE INEN 1108.

Tabla 4-5: Metales pesados de la Moya

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
		1	
Arsénico	mg/L	Negativo	0,01
Cadmio	mg/L	Negativo	0,003
Mercurio	mg/L	Negativo	0,006
Plomo	mg/L	Negativo	0,01
Selenio	mg/L	Negativo	0,01

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.1.1.2. Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad La Moya

Tabla 4-6: Parámetros microbiológicos de La Moya

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	UFC/100 ml	21	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	44	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	200	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

En relación a los parámetros microbiológicos, los resultados de la tabla 4-6 indican que en las muestras de agua se registran niveles superiores de coliformes fecales, coliformes totales y aerobios mesófilos en comparación con los estándares de seguridad establecidos. Estos hallazgos indican la potencial existencia de microorganismos y bacterias en el agua, lo cual podría conllevar riesgos para la salud.

4.1.1.3. Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa

Luego de completar la caracterización del agua de consumo en la comunidad La Moya, se constató que cuatro parámetros excedieron los límites permitidos según la norma NTE INEN

1108 y ; NTE INEN 2200:2017. De estos parámetros, uno corresponde a características fisicoquímicas, mientras que los otros tres son de naturaleza microbiológica. Se calculó un promedio basado en los resultados de los tres muestreos para el parámetro fisicoquímico, y estos valores se detallan en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad La Moya

Parámetro	Unidades	Promedio	Límite máximo permisible
Fosfatos	mg /L	1,09	0,3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	21	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	44	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	200	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

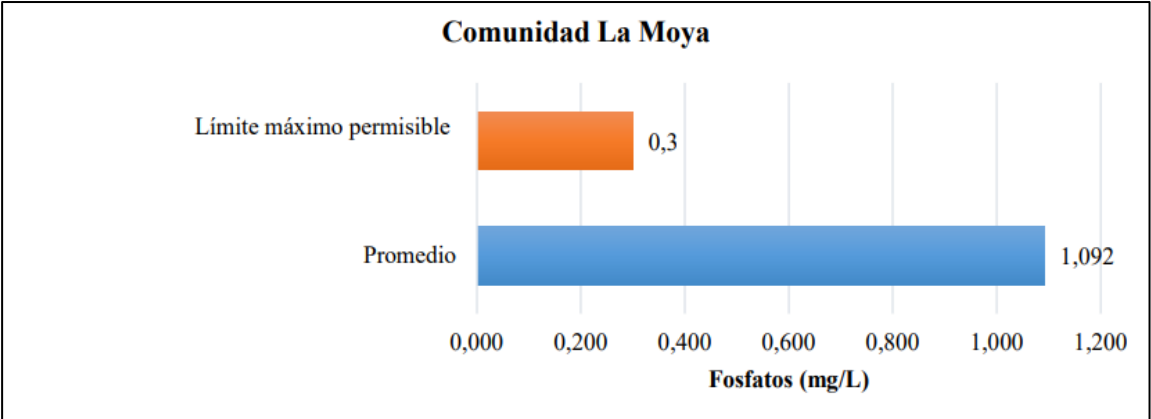


Ilustración 4-1: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible Comunidad La Moya

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

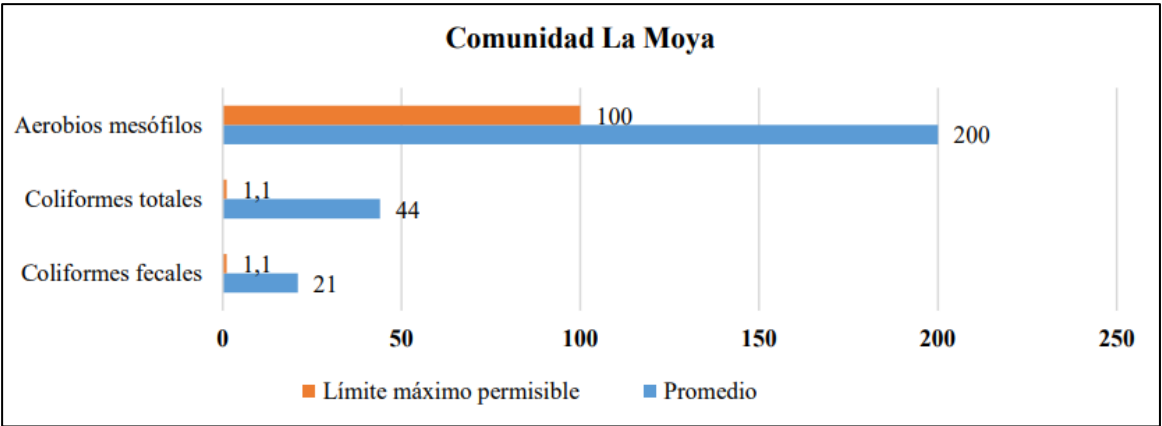


Ilustración 4-2: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles Comunidad La Moya

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

En las ilustraciones 4-1 y 4-2, se presentan de manera gráfica el valor promedio de los parámetros del agua en la comunidad La Moya, contrastando estos con los límites permisibles. Se puede observar claramente que existen problemas tanto en términos de fosfatos como en aspectos microbiológicos, ya que estos valores exceden significativamente los límites permisibles establecidos en la norma NTE INEN 1108 para coliformes totales y fecales y; NTE INEN 2200:2017 para aerobios mesófilos.

4.1.2. Comunidad Rumicruz

4.1.2.1. Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad Rumicruz

Tabla 4-8: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2 (Rumicruz)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	3,4	3,4	3	3,27	300
Conductividad	μ S/cm	382,3	355,1	394,5	377,3	< 1250
Alcalinidad	mg/L	2	2,1	2	2,03	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	9	11	13	11	15
Turbiedad	NTU	0,424	0,450	0,483	0,452	5
pH	-----	7,44	7,66	7,92	7,67	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	234,9	237,2	271,4	247,83	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	3	2	2	2,33	500
Cloruros	mg/L	0,5	0,9	1	0,8	250
Nitratos	mg/L	3,4	3,6	3,1	3,37	50
Fluoruros	mg/L	1,22	1,38	1,44	1,35	1,5
Hierro	mg/L	0,14	0,12	0,10	0,12	0,3
Fosfatos	mg/L	1,14	1,13	1,07	1,11	0,3
Nitritos	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,004	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 4-9: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°3 (Rumicruz)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	3	3,7	3,7	3,47	300
Conductividad	μ S/cm	346,4	372,9	388,3	369,2	< 1250
Alcalinidad	mg/L	2,5	2,2	2,2	2,3	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	8	10	10	9,33	15
Turbiedad	NTU	0,385	0,409	0,433	0,409	5
pH	-----	6,97	7,07	7,19	7,08	6,5 – 8,5

Sólidos totales disueltos	mg/L	211,3	259,6	296,2	255,7	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	2	2	2	2	500
Cloruros	mg/L	0,7	0,7	0,9	0,77	250
Nitratos	mg/L	3,2	3,5	3,5	3,4	50
Fluoruros	mg/L	1,14	1,29	1,38	1,27	1,5
Hierro	mg/L	0,16	0,19	0,19	0,18	0,3
Fosfatos	mg/L	1,05	1,17	1,19	1,14	0,3
Nitritos	mg/L	0,002	0,004	0,004	0,003	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Las tablas 4-8 y 4-9 exponen los resultados derivados de los muestreos efectuados al agua de consumo de Rumicruz. A partir del análisis de los 14 parámetros fisicoquímicos, se pudo identificar una contaminación en el agua debido a los fosfatos. En este sentido, los valores de este parámetro sobrepasaron los límites permitidos, de manera similar a lo observado en la comunidad de La Moya, con la cual comparte vertientes, tanque de captación y de distribución. Estos resultados apuntan a que la fuente misma de abastecimiento presenta contaminación, lo que podría estar contribuyendo a esta problemática.

Tabla 4-10: Metales pesados de Rumicruz

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
		1	
Arsénico	mg/L	Negativo	0,01
Cadmio	mg/L	Negativo	0,003
Mercurio	mg/L	Negativo	0,006
Plomo	mg/L	Negativo	0,01
Selenio	mg/L	Negativo	0,01

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.1.2.2. Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad Rumicruz

Tabla 4-11: Parámetros microbiológicos de Rumicruz

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	UFC/100 ml	15	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	127	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ml	215	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Respecto a los parámetros microbiológicos, al igual que en la comunidad La Moya, los resultados de la tabla 4-11 revelan que las muestras de agua de la comunidad Rumicruz presentan niveles elevados de coliformes fecales, coliformes totales y aerobios mesófilos en relación con los límites permisibles establecidos.

4.1.2.3. Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa

Al concluir la caracterización del agua en la comunidad de Rumicruz, se verificó que varios parámetros excedieron los límites establecidos por la norma NTE INEN 1108. Entre estos, uno corresponde a características fisicoquímicas, mientras que los otros tres son de índole microbiológica. Se calculó el promedio del parámetro fisicoquímico que rebasa el límite permitido, específicamente, el fosfato. Los detalles precisos de estos resultados se encuentran en la tabla 4-12, que también incluye los parámetros microbiológicos.

Tabla 4-12: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad Rumicruz

Parámetro	Unidades	Promedio	Límite máximo permisible
Fosfatos	mg /L	1,12	<0,3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	15	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	127	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ml	215	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

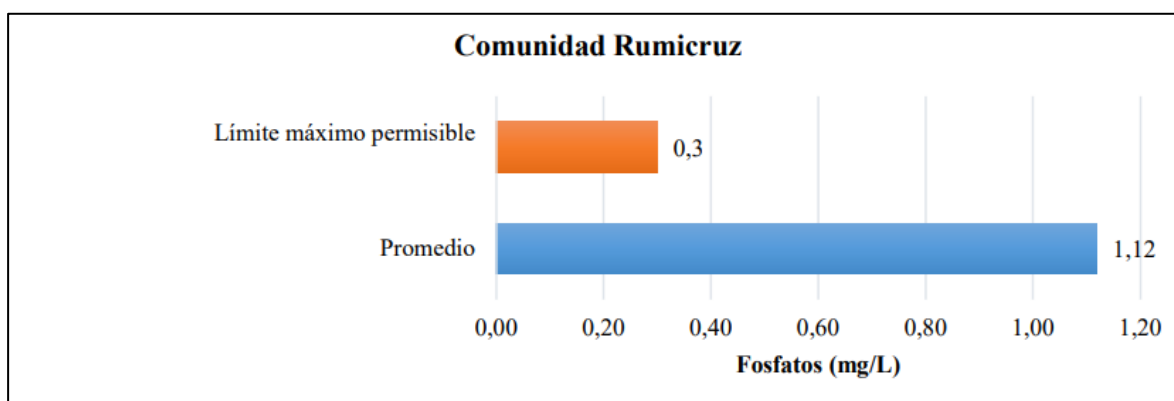


Ilustración 4-3: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible Comunidad Rumicruz

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

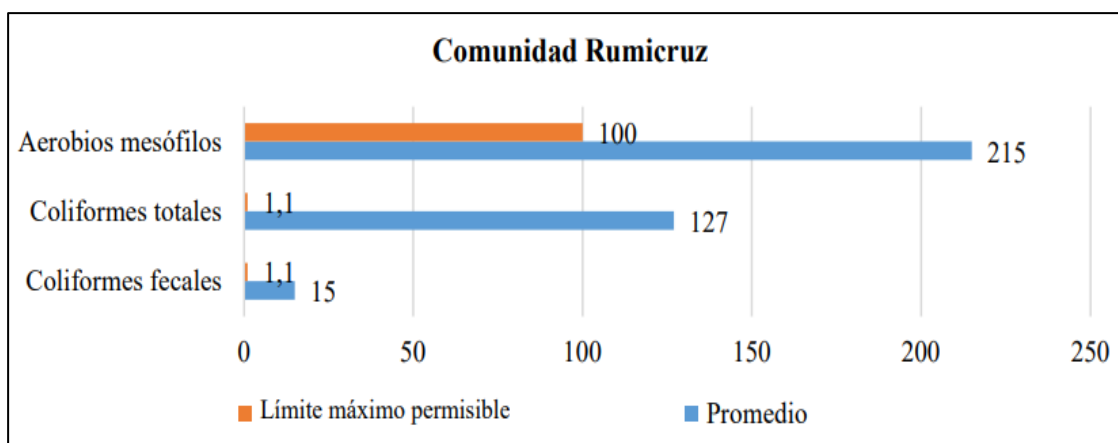


Ilustración 4-4: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles Comunidad Rumicruz

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Las ilustraciones 4-3 y 4-4 muestran el promedio de valor del agua en la comunidad de Rumicruz, comparado con los límites permitidos. Es evidente que los valores exceden en gran medida los límites establecidos según la norma NTE INEN 1108. Estos resultados apuntan a la presencia de desafíos tanto en relación al contenido de fosfatos como en aspectos microbiológicos del agua.

4.1.3. Comunidad Palacio Real

4.1.3.1. Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad Palacio Real

Tabla 4-13: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°1(Palacio Real)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	2,5	2,5	2,2	2,4	300
Conductividad	μ S/cm	398,2	397,8	394,0	396,7	< 1250
Alcalinidad	mg/L	1,5	2	2	1,83	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	4	4	8	5,33	15
Turbiedad	NTU	0,30	0,29	0,32	0,30	5
pH	-----	6,8	6,55	6,90	6,75	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	241,2	232,8	219,4	231,13	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	1	1	1	1	500
Cloruros	mg/L	0,8	0,7	0,5	0,66	250
Nitratos	mg/L	2,4	2,2	2,6	2,4	50
Fluoruros	mg/L	0,74	0,75	0,75	0,75	1,5
Hierro	mg/L	0,10	0,11	0,13	0,11	0,3

Fosfatos	mg/L	0,67	1,04	1,13	0,95	0,3
Nitritos	mg/L	0,004	0,005	0,005	0,005	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 4-14: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2 (Palacio Real)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	2,3	2,3	2,6	2,4	300
Conductividad	μ S/cm	381,3	381,6	380,4	381,1	< 1250
Alcalinidad	mg/L	2	2	2	2	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	6	6	8	6,67	15
Turbiedad	NTU	0,35	0,30	0,30	0,32	5
pH	-----	6,93	6,93	6,85	6,90	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	237,7	237,9	224,2	233,27	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	0	0	1	0,33	500
Cloruros	mg/L	0,7	0,8	0,8	0,77	250
Nitratos	mg/L	2,4	2,4	2,7	2,5	50
Fluoruros	mg/L	0,86	0,86	0,88	0,87	1,5
Hierro	mg/L	0,23	0,23	0,21	0,22	0,3
Fosfatos	mg/L	0,94	1,15	1,15	1,08	0,3
Nitritos	mg/L	0,003	0,003	0,003	0,003	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Las tablas 4-13 y 4-14 ofrecen una exposición detallada de los resultados obtenidos tras los dos muestreos realizados en el agua de consumo de la comunidad de Palacio Real. A través de estos datos, se confirma que, entre los 14 parámetros fisicoquímicos analizados, son los fosfatos los que muestran valores que exceden el límite permitido en ambas muestras.

Tabla 4-15: Metales pesados de Palacio Real

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
		1	
Arsénico	mg/L	Negativo	0,01
Cadmio	mg/L	Negativo	0,003
Mercurio	mg/L	Negativo	0,006
Plomo	mg/L	Negativo	0,01
Selenio	mg/L	Negativo	0,01

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.1.3.2. Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad Palacio Real

Tabla 4-16: Parámetros microbiológicos de Palacio Real

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	UFC/100 ml	4	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	2	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ml	140	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

La tabla 4-16 proporciona información sobre los resultados microbiológicos obtenidos en la comunidad de Palacio Real. Aunque los valores de coliformes fecales, coliformes totales y aerobios mesófilos en las muestras de agua se encuentran ligeramente por encima de los límites permitidos, es importante resaltar que estos valores son considerablemente más bajos en comparación con las otras comunidades que fueron estudiadas. Esta variación podría ser atribuida a factores locales que influyen en la calidad del agua en esta comunidad en particular. Tales factores podrían incluir las características geográficas y las prácticas agrícolas y pecuarias específicas de Palacio Real.

4.1.3.3. Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa

Después de finalizar la caracterización del agua en la comunidad de Palacio Real, se confirmó que diversos parámetros superaron los límites definidos en la norma NTE INEN 1108 y NTE INEN 2200:2017. En la tabla 4-12 se presenta el cálculo promedio del parámetro físico-químico que excede el límite permitido, junto con los parámetros microbiológicos correspondientes.

Tabla 4-17: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad Palacio Real

Parámetro	Unidades	Promedio	Límite máximo permisible
Fosfatos	mg /L	1,02	0,3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	4	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	2	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	140	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

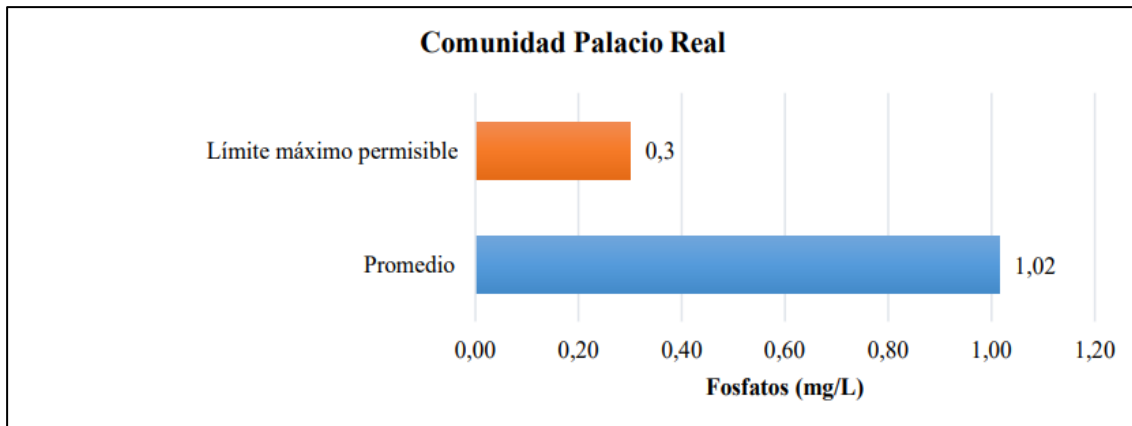


Ilustración 4-5: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible comunidad Palacio Real
Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

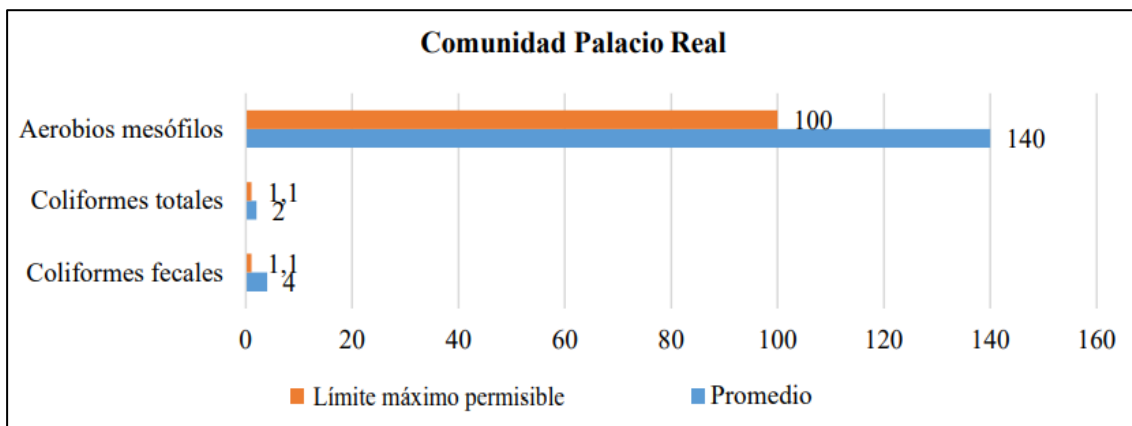


Ilustración 4-6: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles comunidad Palacio Real
Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Las ilustraciones 4-5 y 4-6 exhiben que en la comunidad de Palacio Real, los valores promedio del agua superan los límites permisibles establecidos por la norma NTE INEN 1108 y NTE INEN 2200:2017. Es crucial destacar que los niveles de coliformes fecales y totales, a pesar de ser relativamente bajos con valores promedio de 4 y 2 UFC/100 ml, aún superan el límite máximo permisible establecido de <1.1 UFC/100 ml. Aunque estos valores podrían considerarse más bajos en comparación con otras comunidades, siguen siendo preocupantes desde una perspectiva de seguridad y salud pública.

4.1.4. Comunidad San Francisco de Cunuhuachay

4.1.4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua para la comunidad San Francisco de Cunuhuachay

Tabla 4-18: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°1(San Francisco de Cunuhuachay)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	2,5	2,3	2,5	2,43	300
Conductividad	μ S/cm	395,2	395,4	382,1	390,9	< 1250
Alcalinidad	mg/L	2	2	1,5	1,83	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	14	13	13	13,33	15
Turbiedad	NTU	0,21	0,25	0,23	0,23	5
pH	-----	6,48	6,83	6,72	6,68	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	239,5	260,5	200	233,33	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	1	0	0	0,33	500
Cloruros	mg/L	0,9	0,5	0,8	0,73	250
Nitratos	mg/L	2,2	2,5	2,9	2,53	50
Fluoruros	mg/L	0,70	0,71	0,71	0,71	1,5
Hierro	mg/L	0,05	0,05	0,03	0,04	0,3
Fosfatos	mg/L	4,59	5,06	5,20	4,95	0,3
Nitritos	mg/L	0,038	0,034	0,029	0,033	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 4-19: Parámetros fisicoquímicos, muestreo N°2 (San Francisco de Cunuhuachay)

Parámetro	Unidades	Muestras			Promedio	Límite máximo permisible
		1	2	3		
Dureza	mg/L	2,2	2,3	2,3	2,27	300
Conductividad	μ Siems/cm	389,3	389,6	390,2	389,7	< 1250
Alcalinidad	mg/L	1,5	1,5	1,5	1,5	250 - 300
Color	Unid. Pt/Co	10	10	12	10,67	15
Turbiedad	NTU	0,32	0,32	0,34	0,33	5
pH	-----	7,22	7,25	7,25	7,24	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/L	246,3	248,2	249,5	248	1000
Sólidos en suspensión	mg/L	0	0	0	0	500
Cloruros	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	250
Nitratos	mg/L	2,7	2,8	2,8	2,78	50
Fluoruros	mg/L	0,66	0,66	0,69	0,67	1,5
Hierro	mg/L	0,02	0,02	0,03	0,023	0,3
Fosfatos	mg/L	4,85	4,87	4,91	4,88	0,3
Nitritos	mg/L	0,026	0,028	0,028	0,027	3,0

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Las tablas 4-18 y 4-19 detallan de los resultados obtenidos tras los dos muestreos realizados en el agua de consumo de la comunidad de San Francisco de Cunuhuachay. A través de estos datos, se

confirma que al igual en las otras comunidades, entre los 14 parámetros fisicoquímicos analizados, son los fosfatos los que muestran valores que exceden el límite permitido en ambas muestras. Esta comunidad se destaca en ser la que obtuvo la mayor concentración de fosfatos, y esto puede estar relacionado con factores locales y prácticas en la zona. La alta concentración de fosfatos podría estar influenciada por actividades agrícolas, el uso de fertilizantes y otras fuentes de contaminación, que podrían estar introduciendo estos compuestos en el agua.

Tabla 4-20: Metales pesados de San Francisco de Cunuhuachay

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
		1	
Arsénico	mg/L	Negativo	0,01
Cadmio	mg/L	Negativo	0,003
Mercurio	mg/L	Negativo	0,006
Plomo	mg/L	Negativo	0,01
Selenio	mg/L	Negativo	0,01

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.1.4.2. Parámetros microbiológicos del agua para la comunidad San Francisco de Cunuhuachay

Tabla 4-21: Parámetros microbiológicos de San Francisco de Cunuhuachay

Parámetro	Unidades	Muestras	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	UFC/100 ml	18	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	129	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ml	106	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

La tabla 4-21 proporciona los resultados microbiológicos obtenidos en la comunidad de San Francisco de Cunuhuachay, los cuales superan los límites permisibles establecidos según la norma. Al contrastar estos resultados con los obtenidos en la comunidad Palacio Real, se observa que las muestras de agua de San Francisco de Cunuhuachay presentan niveles más altos tanto de coliformes totales como de aerobios mesófilos, estos resultados podrían estar relacionados con diversas condiciones locales y prácticas que afectan la calidad del agua en cada comunidad.

4.1.4.3. Parámetros que exceden los límites establecidos por la normativa

Tras obtener los datos de la caracterización del agua de consumo en la localidad de San Francisco de Cunuhuachay, se llevó a cabo el cálculo del promedio del parámetro fisicoquímico que excede el límite permitido, específicamente el fosfato. Los resultados se presentan en la tabla 4-22, que también incluye los parámetros microbiológicos correspondientes.

Tabla 4-22: Parámetros que exceden los límites permisibles comunidad San Francisco de Cunuhuachay

Parámetro	Unidades	Promedio	Límite máximo permisible
Fosfatos	mg /L	4,92	0,3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	18	<1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	129	<1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ml	106	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

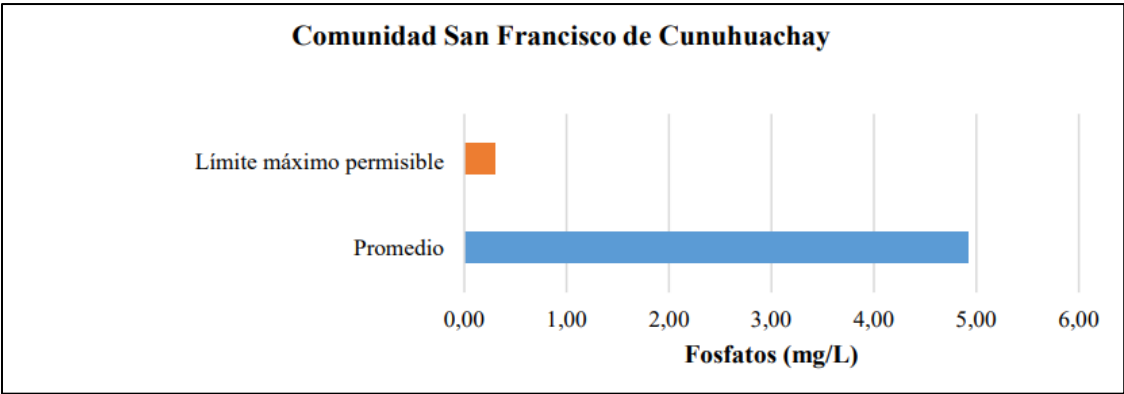


Ilustración 4-7: Parámetro fisicoquímico superior al límite permisible comunidad San Francisco de Cunuhuachay

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

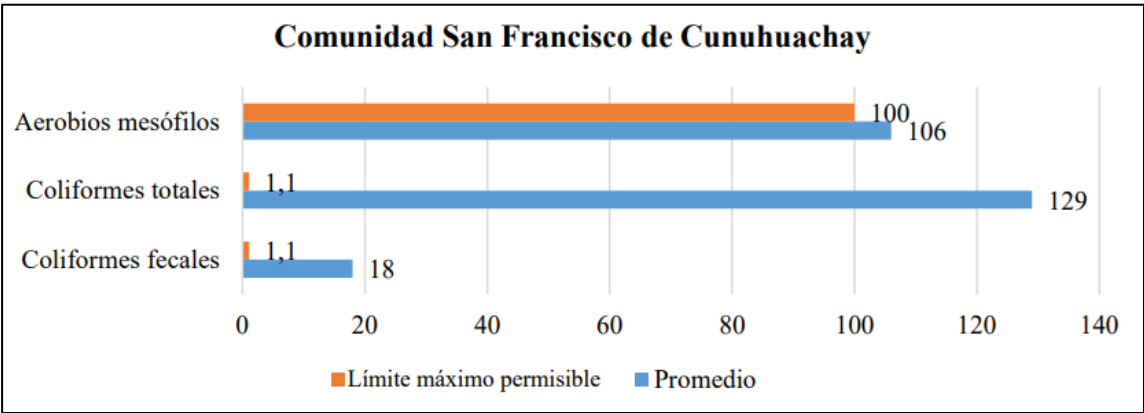


Ilustración 4-8: Parámetros microbiológicos superiores a los límites permisibles comunidad San Francisco de Cunuhuachay

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Las ilustraciones 4-7 y 4-8 muestran que en la comunidad San Francisco de Cunuhuachay, los valores promedio del agua están por encima de los límites permitidos según la norma NTE INEN 1108 y NTE INEN 2200:2017. Estos valores son mayores que los encontrados en la comunidad Palacio Real, lo que sugiere que el problema no solo se debe a la fuente de agua, sino que hay otros factores contribuyendo a la contaminación del agua en la comunidad San Francisco de Cunuhuachay.

4.1.5. Parámetros que sobrepasan los límites permitidos en las comunidades objeto de estudio

4.1.5.1. Fosfatos

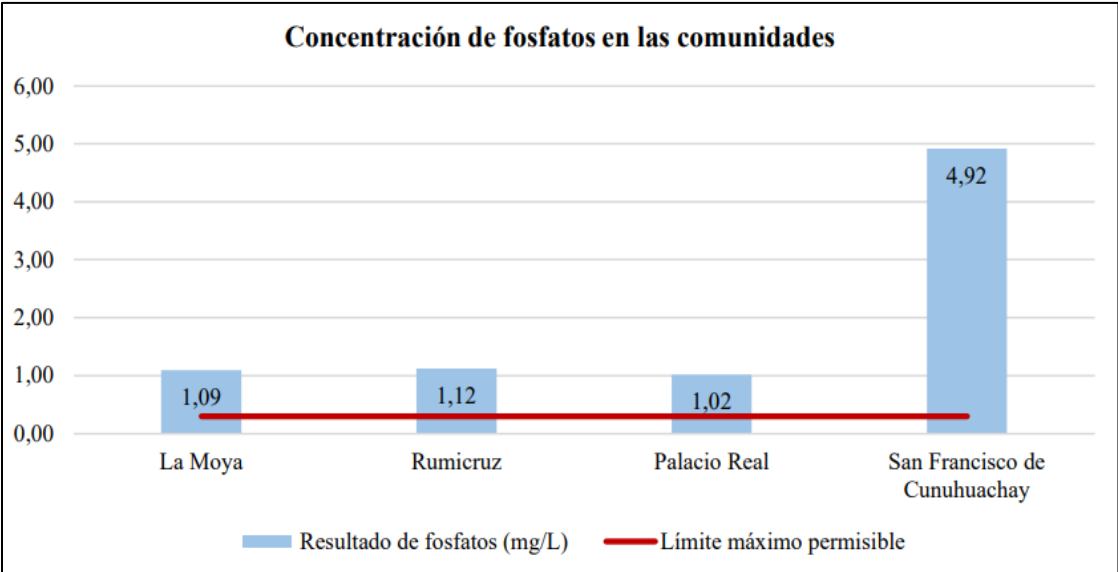


Ilustración 4-9: Concentración de fosfatos en las comunidades

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

En las comunidades de La Moya, Rumicruz y Palacio Real, los niveles de fosfatos exceden el límite permitido, con valores cercanos de 1,09 mg/L, 1,12 mg/L y 1,02 mg/L, respectivamente (Ilustración 4-9). Esto sugiere una mayor concentración de fosfatos en el agua de consumo en estas comunidades, aunque en menor grado en comparación con San Francisco de Cunuhuachay. En esta última, el nivel de fosfatos es aún más elevado, alcanzando 4,92 mg/L. Este incremento significativo podría tener diversas causas, como la actividad agrícola, ganadera y artesanal, que podrían añadir compuestos químicos al agua. Además, las características del suelo con pendientes pronunciadas y textura arenosa podrían facilitar la liberación de fosfatos hacia las fuentes de agua.

4.1.5.2. Coliformes fecales

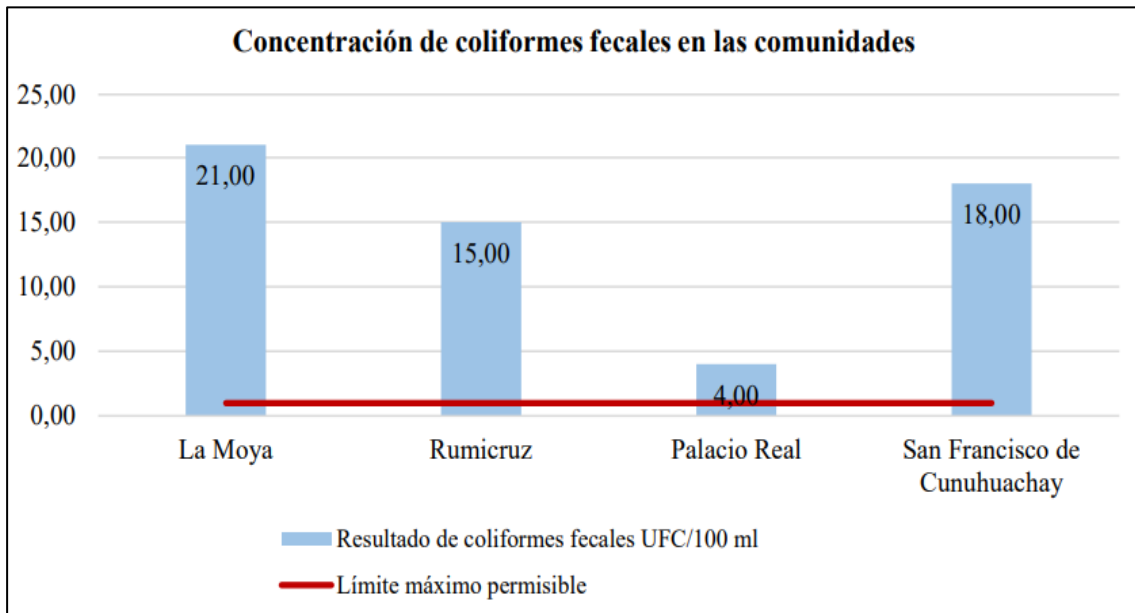


Ilustración 4-10: Concentración de coliformes fecales en las comunidades

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

La ilustración 4-10 proporciona información sobre los niveles de coliformes fecales en las cuatro comunidades: La Moya, Rumicruz, Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay. La norma NTE INEN 1108:2006 establece un límite máximo permisible de 1,1 UFC/100 ml para los coliformes fecales en agua potable. En La Moya se encontraron 21 UFC/100 ml, en Rumicruz 15 UFC/100 ml, en Palacio Real 4 UFC/100 ml, y en San Francisco de Cunuhuachay 18 UFC/100 ml.

Estos resultados indican que en todas las comunidades, los niveles de coliformes fecales exceden el límite permitido. La presencia de coliformes fecales en el agua puede ser un indicador de contaminación microbiológica, posiblemente debido a la introducción de agentes patógenos de origen fecal en el suministro de agua. Es relevante señalar que incluso en Palacio Real, donde los niveles son más bajos en comparación con otras comunidades, la presencia de coliformes fecales sigue siendo preocupante, ya que sugiere la posible presencia de fuentes de contaminación que podrían afectar la salud pública.

4.1.5.3. Coliformes totales

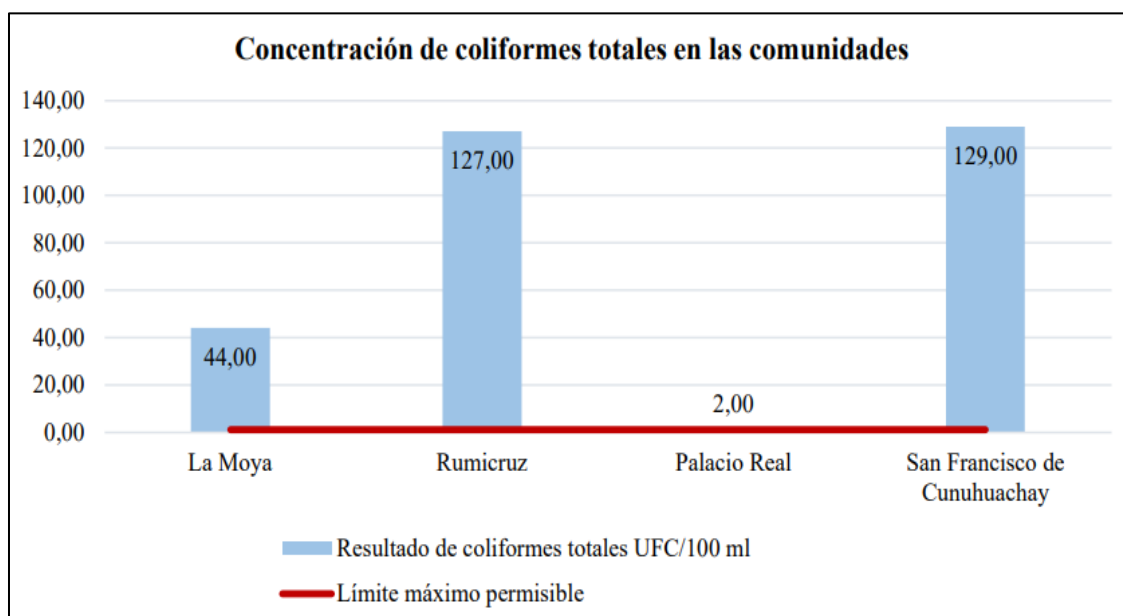


Ilustración 4-11: Concentración de coliformes totales en las comunidades

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

La ilustración 4-11 presenta datos acerca de los niveles de coliformes totales en las cuatro comunidades, tomando en cuenta el límite máximo permisible según la norma NTE INEN 1108:2006, que es de 1,1 UFC/100 ml.

Los resultados demuestran que en todas las comunidades los valores de coliformes totales superan el límite aceptable. Es relevante subrayar que las comunidades de Rumicruz y San Francisco de Cunuhuachay presentan niveles particularmente elevados, con valores de 127 UFC/100 ml y 129 UFC/100 ml respectivamente. Estos niveles significativos sugieren claramente la presencia de una problemática de contaminación microbiológica en estas zonas. Además, al observar que estas dos comunidades comparten fuentes de agua con las otras, es plausible deducir que la alta concentración de coliformes totales no proviene directamente de las vertientes. En lugar de ello, podría estar relacionada con factores locales, como la actividad agrícola, pecuaria o prácticas higiénicas inadecuadas. La presencia de microorganismos patógenos en el agua aumenta la preocupación por la salud de quienes la consumen, ya que representa un riesgo potencial para enfermedades

4.1.5.4. Microorganismos Aerobios Mesófilos

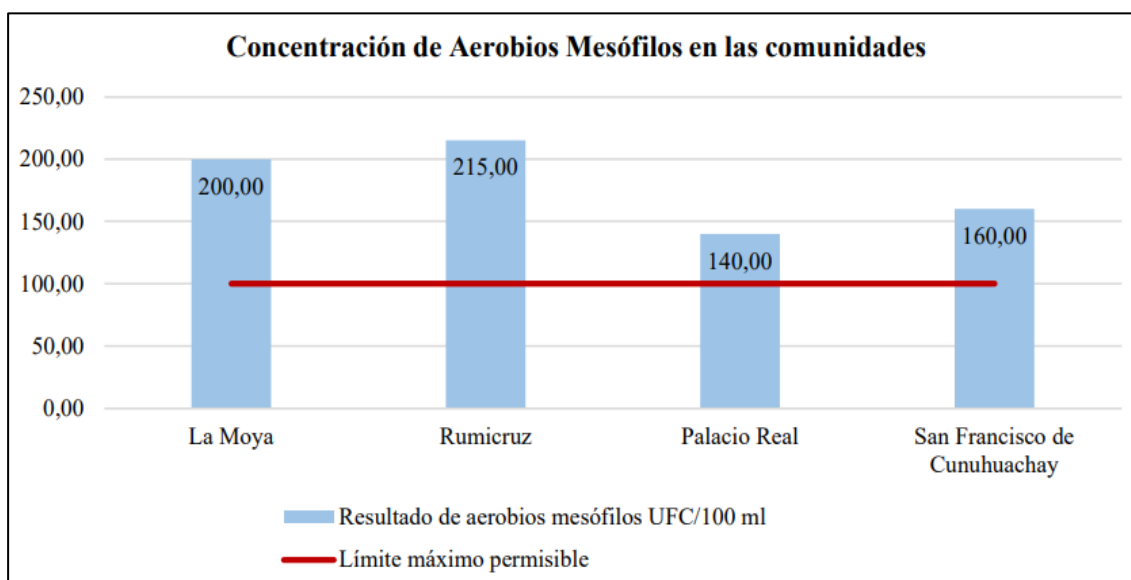


Ilustración 4-12: Concentración de Aerobios Mesófilos en las comunidades

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Los datos representados en la ilustración 4-12 ponen de manifiesto que los niveles de microorganismos aerobios mesófilos exceden el límite máximo permisible de 100 UFC/ml, según la norma NTE INEN 2200:2017. Este hallazgo indica que en todas las comunidades analizadas, incluyendo La Moya, Rumicruz, Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay, los niveles de microorganismos aerobios mesófilos en el agua destinada al consumo superan los valores permitidos. Notablemente, las comunidades de La Moya y Rumicruz muestran los niveles más altos de microorganismos aerobios mesófilos. Es relevante mencionar que estas dos comunidades comparten el mismo sistema de suministro de agua, lo que podría indicar una posible fuente común de contaminación microbiológica.

Es importante resaltar que los microorganismos aerobios mesófilos son organismos que pueden desarrollarse y reproducirse en entornos con oxígeno y temperaturas moderadas. Su presencia en el agua no necesariamente significa que haya patógenos perjudiciales para la salud, pero su elevada concentración puede indicar la calidad microbiológica del agua. El aumento en la cantidad de estos microorganismos podría estar relacionado con la presencia de materia orgánica en el agua, como residuos de plantas o desechos de actividades humanas y animales.

4.2. Discusión de la caracterización fisicoquímica y microbiológica

4.2.1. Caracterización físicoquímicos

La presencia de niveles elevados de fosfatos en las muestras recopiladas en las comunidades de estudio constituye una preocupación significativa. Los resultados obtenidos revelan una gama de concentraciones de fosfatos que varían entre las distintas comunidades, con valores alarmantes como 1,02 mg/L en Palacio Real, 1,09 mg/L en La Moya, 1,12 mg/L en Rumicruz y sorprendentemente, 4,92 mg/L en San Francisco de Cunuhuachay. Estos valores superan de manera considerable el límite máximo permitido de 0,3 mg/L establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 1108, que regula la calidad del agua de consumo.

La elevada presencia de niveles concentrados de fosfatos en el suministro de agua potable en las comunidades de las zonas central y norte de la parroquia Calpi podría estar directamente relacionada con las actividades agrícolas y el uso del suelo en los alrededores. Esta asociación es respaldada por las investigaciones de Jiménez (2021, pp. 2-3), quien establece que las actividades agrícolas son la causa principal del deterioro de los cuerpos de agua debido a la contaminación generada por el uso de agroquímicos. De manera complementaria, Ramos (2018, pp. 56-57) resalta que el aumento de los niveles de fosfatos guarda una conexión estrecha con las descargas de agua sin tratamiento previo y el escurrimiento de aguas de origen agrícola, ya que los fosfatos se encuentran abundantemente presentes en fertilizantes y detergentes.

La acumulación significativa de fosfatos en el agua de consumo puede tener como consecuencia el florecimiento excesivo de algas en los cuerpos de agua, dando lugar a un fenómeno denominado eutrofización. Este fenómeno puede ser adverso para la calidad y disponibilidad del agua potable, tal como argumentan García y Rosales (2018, pp. 354-365).

Al contrastar estos hallazgos con los resultados previamente obtenidos por Salazar, quien examinó la calidad del agua de consumo en la Parroquia Calpi, se observa un denominador común: la superación de los límites permisibles de fosfatos. En su estudio, Salazar (2015, pp. 92-93) registró un promedio de 1,45 mg/L de fosfatos en el agua. Paralelamente, Logroño (2015, p. 16) también encontró indicios de contaminación por fosfatos en su investigación en la comunidad de Nitiluisa, con un valor medido de 1,07 mg/L. Estos resultados presentan similitudes con los obtenidos en el presente estudio, salvo por una excepción destacable: la comunidad de San Francisco de Cunuhuachay, que reportó un valor considerablemente superior a los registrados por los investigadores anteriores. La constatación de que los niveles de fosfatos sobrepasan los estándares permitidos en diferentes investigaciones insinúa una problemática persistente en relación con la calidad del agua en la Parroquia Calpi.

Por otro lado, el estudio realizado por Tenelema (2017, pp. 59-63) en relación con la calidad del agua en la Junta de Agua Potable de la Parroquia San Miguelito, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua, también consideró los niveles de fosfatos. Los resultados obtenidos en su investigación revelaron un rango de valores comprendido entre 0,33 y 6,54 mg/L. Al comparar estos hallazgos con los obtenidos en el presente estudio, se observa una similitud en cuanto a la presencia de niveles superiores a los valores deseados de fosfatos en el agua. Esto indica que el problema vinculado a los fosfatos en el agua no se circunscribe únicamente a las comunidades examinadas en este estudio.

Basándose en los resultados obtenidos del diagnóstico del agua de consumo, se hace evidente la imperiosa necesidad de poner en marcha medidas eficaces para elevar la calidad del agua en las comunidades objeto de estudio.

4.2.2. Caracterización microbiológica

Los resultados del análisis microbiológico del agua en las comunidades estudiadas revelan una preocupante presencia de coliformes fecales y totales, con niveles detectados oscilando entre 4 y 21 UFC/100 ml para los coliformes fecales, y desde 2 hasta 129 UFC/100 ml para los coliformes totales. Es fundamental resaltar que tanto los coliformes fecales como los totales excedieron los límites permitidos en estas comunidades, subrayando una situación crítica en términos de la calidad microbiológica del agua. La presencia de coliformes fecales es un indicador de posible contaminación fecal, lo que podría conllevar riesgos para la salud como enfermedades gastrointestinales y otras infecciones (Swistock, 2020, pp. 1-6).

En su análisis de la calidad del agua en la Parroquia Calpi, Zalazar (2015, pp. 93-94) observó niveles de 1 UFC/100 ml, los cuales estaban en conformidad con los límites permitidos. Sin embargo, es notable que los valores tanto para coliformes fecales como para coliformes totales en nuestra investigación actual son considerablemente más altos. La marcada disparidad observada podría tener su origen en una variedad de factores, y uno de ellos podría estar asociado a cambios en la contaminación ambiental que han ocurrido entre el estudio llevado a cabo por Zalazar y nuestra investigación. Es plausible que modificaciones en las prácticas agrícolas, el uso del suelo y la gestión de residuos hayan contribuido al aumento de la presencia de contaminantes en el agua. Además, las condiciones climáticas y ambientales podrían haber influido, ya que la variabilidad estacional es capaz de inducir variaciones en los niveles de coliformes presentes en el agua (Vergara et al, 2023, pp. 94-100).

Al comparar nuestros resultados con los hallazgos obtenidos en investigaciones realizadas en otras localidades, se pueden apreciar patrones preocupantes. En el estudio de Yubaille (2017, pp. 51-52), se registraron valores de 9 UFC/ml para Coliformes fecales y 22 UFC/ml para coliformes totales. Por otro lado, en el trabajo de Tenelema (2017, pp. 59-63), se obtuvieron valores en un rango amplio, desde 0 UFC/100 ml hasta 84 UFC/100 ml para coliformes fecales, y de 0 UFC/100 ml a 200 UFC/100 ml para coliformes totales. Estos datos revelan que el agua de consumo en las localidades estudiadas en estas investigaciones no cumple con los límites establecidos por las normativas.

En el contexto de esta investigación, la alta cuenta de colonias, tal como sugiere Yubaille (2017, pp. 51-52), podría ser atribuida a la presencia de heces de animales de pastoreo y humanas en las proximidades de los afluentes de agua. La influencia de factores climáticos podría estar arrastrando estas contaminaciones hacia los cuerpos de agua, lo que a su vez contribuiría a la contaminación del suministro de agua potable. Este escenario subraya el serio riesgo de la contaminación de este recurso esencial para la población.

En relación a los aerobios mesófilos, que son microorganismos presentes en seres humanos o animales y cuyo crecimiento se da en un rango de temperatura óptima entre 30°C y 37°C, la normativa establece que su presencia en el agua de consumo debe ser menor a 100 UFC/ml, tal como lo establece el Codex Alimentarius (Codex Alimentarius, 2010, p.17). En este contexto, es preocupante que todas las comunidades analizadas superen los límites permisibles.

Sin embargo, merece especial atención la situación en las comunidades de La Moya y Rumicruz, donde los niveles son más significativos, llegando a 200 UFC/ ml y 215 UFC/ ml, respectivamente. Aunque estos valores son inferiores a los registrados en el río Pachanlica, que oscilan entre 600 UFC/ml y 1500 UFC/ml. En ambos casos, el agua debe ser sometida a tratamiento para poder ser considerada apta para el consumo humano (Puente, 2015, p.48). Estos resultados subrayan la importancia de implementar medidas para mejorar la calidad del agua en estas comunidades y asegurar que cumplan con los estándares de seguridad sanitaria.

4.3. Propuesta de tratabilidad del agua de consumo

El proceso de tratamiento propuesto (Ilustración 4-13), consta de una serie de etapas que incluyen prueba de jarras, filtración y desinfección. Para evaluar la formación de flóculos, se llevaron a cabo pruebas de jarra empleando policloruro de aluminio como agente coagulante. Posteriormente, se configuró un sistema de filtración en un embudo de decantación, utilizando carbón activado, zeolita y grava como medios de filtración. El agua se hizo pasar a través de este

filtro utilizando una llave de paso. Finalmente, se procedió a la desinfección utilizando hipoclorito de calcio al 5%. Este proceso de tratamiento tuvo como objetivo mejorar la calidad del agua, eliminando contaminantes y microorganismos presentes en las muestras, y así garantizar su aptitud para el consumo humano.

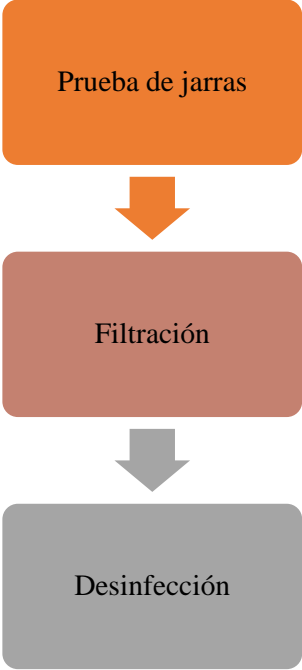


Ilustración 4-13: Propuesta de tratabilidad

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tras llevar a cabo el proceso de tratamiento, se procedió a realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las muestras, enfocándose especialmente en los parámetros que se encontraban fuera de los límites establecidos por la norma NTE INEN 1108:2006 "Agua Potable, Requisitos". Para maximizar los recursos y abordar los desafíos en comunidades con fuentes y tanques compartidos, se optó por un enfoque colaborativo.

Las comunidades La Moya y Rumicruz, se fusionaron los flujos de agua para someterlos a un tratamiento conjunto. Del mismo modo, en San Francisco de Cunuhuachay y Palacio Real, donde también había compartición de fuentes y tanques, se adoptó esta misma estrategia. Esta táctica abordó integralmente la eliminación de fosfatos, coliformes fecales, coliformes totales y microorganismos aerobios mesófilos.

Tabla 4-23: Resultados del agua antes y después del tratamiento para La Moya y Rumicruz

Parámetros	Unidades	Agua cruda	Agua tratada	Límite máximo permisible

Cloro libre residual	mg/L	---	0,9	0,3 – 1,5
Fosfatos	mg/L	1,11	0,15	0,3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	18	Ausencia	< 1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	85,5	Ausencia	< 1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	207,5	Ausencia	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 4-24: Resultados del agua antes y después del tratamiento para Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay

Parámetros	Unidades	Agua cruda	Agua tratada	Límite máximo permisible
Cloro libre residual	mg/L	---	0,9	0,3 – 1,5
Fosfatos	mg/L	2,97	0,20	0,3
Coliformes fecales	UFC/100 ml	11	Ausencia	< 1,1
Coliformes totales	UFC/100 ml	65,5	Ausencia	< 1,1
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	123	Ausencia	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tal como se refleja en las tablas 4-23 y 4-24, los resultados demuestran de manera concluyente que el proceso de tratamiento instaurado ha logrado con éxito mejorar la calidad del agua. Los parámetros bajo análisis han sido adecuadamente ajustados a los límites estipulados por las regulaciones, lo que consolida un suministro de agua seguro y apto para el consumo en estas comunidades. Estos hallazgos recalcan enfáticamente la importancia vital de implementar medidas de tratamiento efectivas para salvaguardar la calidad del recurso hídrico, un pilar esencial para la salud y el bienestar de la población.

4.3.1. Porcentaje de remoción de contaminantes

Tabla 4-25: Porcentaje de remoción de los contaminantes

Comunidades	Remoción				
	Fosfatos (mg/L)	Fosfatos (%)	Coliformes fecales (%)	Coliformes totales (%)	Aerobios (%)
La Moya y Rumicruz	0,15	86	100	100	100
Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay	0,20	93	100	100	100
Promedio		89,5	100	100	100

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

La tabla 4-25 presenta los resultados de la eficacia del proceso de tratamiento aplicado en diferentes comunidades para la remoción de fosfatos y la reducción de la presencia de coliformes fecales, coliformes totales y aerobios en el agua.

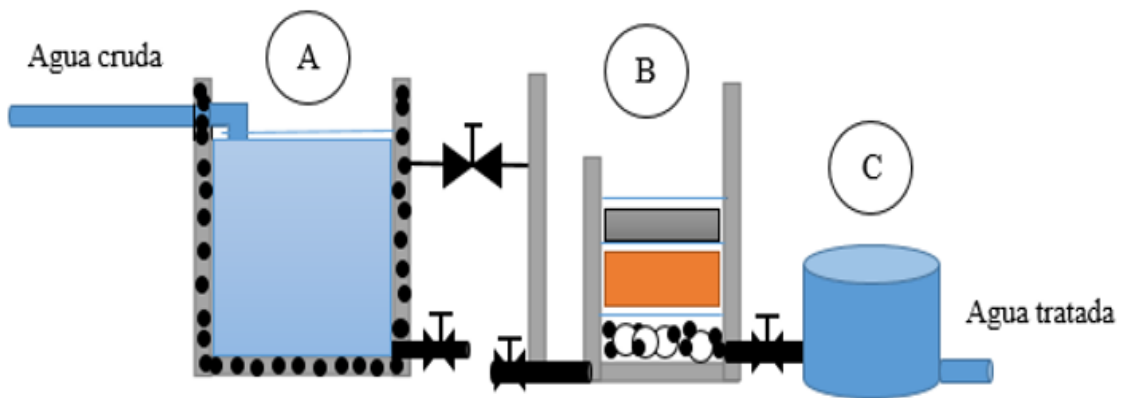
En el caso de las comunidades La Moya y Rumicruz, el tratamiento logró una remoción de fosfatos del 86%, lo que indica que se redujo significativamente la concentración inicial de fosfatos en el agua. Además, se observa una remoción del 100% en cuanto a la presencia de coliformes fecales, coliformes totales y aerobios. Esto significa que después del tratamiento, no se detectaron estos microorganismos en el agua tratada, lo que demuestra la eficacia del proceso en eliminar contaminantes microbiológicos.

En las comunidades de Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay, el proceso de tratamiento tuvo un impacto aún mayor. La remoción de fosfatos alcanzó el 93%, demostrando una significativa reducción en la concentración de este contaminante. Similarmente, se logró una eliminación total (100%) de coliformes fecales, coliformes totales y aerobios, asegurando que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad microbiológica.

El promedio general de los resultados de ambas comunidades muestra que el tratamiento alcanzó una remoción promedio del 89.5% en fosfatos y una eliminación completa del 100% en cuanto a la presencia de los distintos tipos de microorganismos. Esto destaca la efectividad del proceso de tratamiento en mejorar la calidad del agua en todas las comunidades evaluadas.

4.3.2. *Parámetros de diseño de la propuesta*

Basándose en las observaciones de las fuentes de agua estudiadas, la revisión de la literatura y los datos de laboratorio recopilados post tratamiento, se ha propuesto un sistema de tratamiento integral para mejorar la calidad del agua potable. La propuesta incluye un tanque sedimentador rectangular para eliminar partículas suspendidas, un filtro de carbón activado, zeolita y grava para la adsorción de impurezas, y un tanque clorador para desinfectar el agua con hipoclorito de calcio al 5%. Se ha planificado un mantenimiento cada quince días para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema. Esta propuesta busca asegurar un suministro de agua potable seguro y de calidad para las comunidades involucradas.



NOMENCLATURA	
ITEM	DESCRIPCION
A	Tanque sedimentador
B	Filtro
C	Tanque de cloración

Ilustración 4-14: Propuesta de diseño por la tratabilidad

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.3.2.1. Caudal de diseño

Tabla 4-26: Resultados de caudal de diseño

Datos	Símbolo	Unidades	
		L/s	m ³ /d
Caudal de diseño	Q	1,51	130.46

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.3.2.2. Dimensiones del tanque sedimentador

Tabla 4-27: Resultados del Tanque sedimentador rectangular

Cálculos	Término	Valor	Unidades
Área de sedimentador (Ecuación 2-3)	<i>As</i>	2	m ²
Ancho del sedimentador (Ecuación 3-3)	<i>a</i>	1	m
Longitud del sedimentador (Ecuación 4-3)	<i>L</i>	2	m
Volumen del sedimentador (Ecuación 5-3)	<i>V</i>	5	m ³

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.3.2.3. Dimensiones del filtro

Tabla 4-28: Resultados del filtro rápido

Cálculos	Término	Valor	Unidades
Número de filtro (Ecuación 6-3)	n_f	1	---
Área del filtro (Ecuación 7-3)	A_f	1.09	m^2
Longitud de filtro (Ecuación 8-3)	L_f	1.28	m
Ancho del filtro (Ecuación 9-3)	a_f	1	m
Altura del filtro (Ecuación 10-3)	Z_f	3	m

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.3.2.4. Dimensiones del sistema de desinfección

Tabla 4-29: Preparación de solución

Solución	Eficiencia	Peso de solución	Litros de agua
Hipoclorito de Calcio	5%	154 g	19,85 L

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

Tabla 4-30: Dosificación de la solución

Comunidades	Dosificación				
	Caudal		Tiempo	Goteo de solución	Cloro Libre
	L/s	L/min	min	ml	mg/L
La Moya y Rumicruz	1.51	90.6	1	18.12	0.9
Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay	4.19	251.4	1	50.28	0.9

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

4.3.3. Presupuesto para el tanque sedimentador, filtro y clorador

A continuación, se proporciona una estimación aproximada de los costos asociados al sistema de tratamiento del agua de consumo para las comunidades de La Moya y Rumicruz, así como para Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay.

Tabla 4-31: Presupuesto para los tanques, filtros y solución

Trabajos Preliminares				
Tarea	Cantidad	Unidad	Área	Costo (\$)
Movimiento de Tierras				
Limpieza del terreno manual		m^2	15	80
Trazo y replanteo		m^2	24	40
Obras de concreto simple				
Excavación para estructuras		m^3	30	60
Relleno compactado		m^3	10	20
Acarreo de materiales excedentes		m^3	8	10
Obras de concreto armado				
Soldado E-0.10		m^2	30	70
Revestimiento				
Concreto fc-175/ cm^2		m^3	40	90
Encofrado y desencofrado normal		m^2	60	80
Hierro diámetro 12 ^{mm}				300
Hierro diámetro 8 ^{mm}				150
Alambre de amarre				50
Accesorios				
Tarrageo con impermeabilizante		m^2	60	40
Tarrageo en exteriores		m^2	60	40
3 válvula de paso				450
Tubería de acero inoxidable		m	20	10
Bomba dosificadora				500
Medios filtrantes				
Carbón activado		m	1	300
Zeolita		m	1	150
Grava		m	1	60
Solución				
Caneca de hipoclorito de calcio HTH 45 Kg al 70%				295
COSTO TOTAL				2.705

Realizado por: Chela, Marilyn, 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó la calidad de agua que consumen los moradores de las comunidades Palacio Real, San Francisco de Cunuhuachay, La Moya y Rumicruz de la parroquia Calpi Provincia de Chimborazo mediante caracterización fisicoquímica y microbiológica, de los 22 parámetros analizados 4 se encontraron fuera de la norma.
- La evaluación de la situación actual del suministro de agua en las comunidades de estudio muestra diferencias notables. En La Moya y Rumicruz, ubicadas en la zona norte, se encontraron condiciones regulares debido a la falta de tratamiento del agua y la presencia de problemas en los tanques, como moho y algas. Por otro lado, en Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay, en la zona centro, se ha observado a través de fuentes bibliográficas que cuentan con tanques de cloración. En general, la evaluación subraya la necesidad de abordar la gestión y el mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua para asegurar un suministro seguro y de calidad en estas comunidades de la parroquia Calpi, en la provincia de Chimborazo.
- La selección de los puntos de muestreo se realizó de manera aleatoria y abarcó desde las fuentes de agua hasta los grifos de los hogares de los residentes en las comunidades. De esta manera, se obtuvo una representación integral de la calidad del agua en diferentes etapas del proceso de suministro.
- Las evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas se llevaron a cabo siguiendo los lineamientos establecidos por la norma NTE INEN 1108:2006 y NTE INEN 2200:2017, los resultados obtenidos en general presentaron una situación alentadora. Sin embargo, se identificaron parámetros que demandan una atención particular, siendo los niveles de fosfatos y la presencia de microorganismos los aspectos más destacados. Se registraron concentraciones de fosfatos que excedieron los límites permisibles, como se evidencia en los valores de 1,02 mg/L en Palacio Real, 1,09 mg/L en La Moya, 1,12 mg/L en Rumicruz y sorprendentemente, 4,92 mg/L en San Francisco de Cunuhuachay. En relación al análisis microbiológico, los resultados indican una inquietante presencia de coliformes fecales y totales en las comunidades examinadas. Las mediciones variaron entre 4 y 21 UFC/100 ml

para los coliformes fecales, y de 2 a 129 UFC/100 ml para los coliformes totales. Adicionalmente, se identificaron aerobios mesófilos en rangos de 106 a 215 UFC/ ml.

- Las alternativas para mejorar la calidad del agua se fundamentan en la implementación de un enfoque integral. Este incluye la construcción de un tanque sedimentador, la instalación de filtros de diversos medios, y la adaptación del tanque existente como un punto crucial para la desinfección mediante la adición de hipoclorito de calcio. Estas medidas combinadas apuntan a asegurar un tratamiento efectivo y completo del agua, garantizando así un suministro de agua potable seguro y de alta calidad para las comunidades en estudio.
- Después del tratamiento, los valores de los parámetros se mantuvieron dentro de los límites establecidos. En La Moya y Rumicruz, la remoción de fosfatos fue del 86%, reduciendo significativamente su concentración. También se logró eliminar completamente (100%) coliformes fecales, coliformes totales y aerobios mesófilos. En Palacio Real y San Francisco de Cunuhuachay, el proceso fue aún más efectivo, con una remoción de fosfatos del 93% y una eliminación total (100%) de los microorganismos mencionados. Esto asegura que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad establecidos.
- Se realizó la capacitación a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución de agua, para concienciar a las comunidades sobre la calidad del agua y la necesidad de adoptar una alternativa de tratamiento. Esta solución integral tiene el potencial de mejorar la salud de los residentes.

5.2. Recomendaciones

- Realizar la toma de muestras de agua de 3 a 6 meses para llevar a cabo la caracterización fisicoquímica y microbiológica, lo que permitirá un monitoreo constante de la calidad del agua.
- Establecer un manual de mantenimiento para el sistema de abastecimiento de agua de consumo, asegurando la limpieza y funcionamiento óptimo.
- Garantizar una correcta desinfección al recolectar las muestras de agua y llevar a cabo su transporte adecuado hasta el laboratorio, donde se llevarán a cabo los análisis.
- Cumplir rigurosamente con las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas conforme a las pautas establecidas en la normativa NTE INEN 1108:2006, ya que estos parámetros son esenciales para garantizar la potabilidad del agua.
- Implementar tanques de sedimentación, cloración y filtros para mejorar la calidad del agua y garantizar su seguridad para el consumo humano.
- Se recomienda realizar análisis microbiológicos y de fosfatos de manera regular, dada su tendencia a aumentar con el tiempo. Esta vigilancia continua contribuirá a mantener la calidad del agua en niveles óptimos.

BIBLIOGRAFÍA

ABREU, J. L. “El Método de la Investigación”. *Daena: International Journal of Good Conscience*, [en línea], 2014, 9(3), pp. 195–204. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN. 1542-1020. Disponible en: <http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9%283%29195-204.pdf>

ARAGÓN GARCÍA, V. *La construcción social del discurso en torno al agua y su contribución a la creación de opinión pública* [en línea]. Cataluña: Editor publico, 2020. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/81688/TMVAG.pdf>

BAEZA GÓMEZ, E. *Calidad del agua*. [en línea]. Chile: Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile, 2016. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>

BALDEÓN CAJO, J. E. *Control de la calidad del agua para consumo humana a través de parámetros físico químico y microbiológico en la parroquia de San Andrés, Chimborazo, para una gestión sanitaria eficiente* [en línea]. Ecuador: Ediciones SEK, 2018. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://SEKuissek.edu.ec/bitstream/123456789/3166/1/jose%20blade%c3%b3n%20cajo%20TESIS%20AGUA%20POTABLE%20SAN%20ANDRES.pdf>

CHULLUNCUY CAMACHO, N. C. “Tratamiento de agua para consumo humano”. *Ingeniería Industrial*, [en línea], 2011, 2(9), pp. 153–170. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN. 2021-2325. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>

CODEX ALIMENTARIUS. *Programa conjunto fao/OMS sobre normas alimentarias-2010*

ENCINAS MALAGÓN, M. D. *Medio ambiente y Contaminación*. [en línea]. Ecuador: Publicaciones del Estado, 2011. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>

FELICITA NATO, O. M. Estudio de presencia de contaminantes (metales pesados y agrotóxicos) en agua, suelo y alimentos en los cantones Riobamba y Guano de la provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación) (titulación). Universidad Andino Simón Bolívar,

Ambato, Ecuador. 2018. pp.1-34. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6711/1/PI-2018-15-Felicita-Estudio.pdf>

GARCÍA, M., et al. *El agua: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, [en línea]. Colombia: Ediciones Parce, 2001. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>

GARCÍA, Fátima Goretti, & ROSALES, Verónica. *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. In: impacto socio-ambiental, territorios sostenibles y desarrollo regional desde el turismo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores. 2018. ISBN UNAM: 978-607-30-0971-3, ISBN AMECIDER: 978-607-8632-02-2

GOBIERNO PARROQUIAL SANTIAGO DE CALPI. *El Agua*. [en línea], Ecuador: Ediciones del estados, 2020. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.santiagodecalpi.gob.ec/la-parroquia/biofisico-ambiental/el-agua.html>

GONZÁLEZ VERA, R., et al. *Métodos de Investigación: Experimentales y Cualitativos. Alternativas Psicología* [en línea], Ecuador: Nuevos textos, 2020. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.alternativas.me/attachments/article/230/8%20-%20M%C3%A9todos%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, M. Y E. A. (IDEAM). *Determinación de Coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Numero Más Probable. 2*, [en línea], Ecuador: Impresiones Letras Blancas, 2007. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+agua+NM+M%C3%A9todo+Colilert.pdf/463a6c8d-122c-4f75-8572-81bd64baa2d2>

JIMÉNEZ, A. El gran reto de la agricultura ante la contaminación del agua. *Biofábrica* [en línea]. 2021. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://biofabrica.com.mx/blog/que-son-los-biofertilizantes/el-gran-reto-de-la-agricultura-ante-la-contaminacion-del-agua/>

LANDA FIALLOS, S. E. Evaluación de la calidad físico químico y microbiológico de agua de consumo humano en la parroquia de totoras, cantón Ambato, provincia de Tungurahua [en línea] (Trabajo de titulación) (titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba,

Ecuador. 2016. pp.1-87. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5799/1/56T00670.pdf>

LOGROÑO VILLAMARÍN, P. E. Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para consumo humano para la comunidad Nitiluisa (Trabajo de titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp.1-32.

MARÍN GALVÍN, R. *Procesos fisicoquímicos de depuración de aguas*. Ecuador: Ciencia y Técnicas (Díaz de Santos): 2012, pp.32-45.

MARTÍNEZ RAMÍREZ, G., & CLEMENTE SOSA, J. A. Clasificación del agua para elaborar fluidos de control de acuerdo a la naturaleza de las formaciones presentes en pozos petroleros [en línea] (Trabajo de titulación) (titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp.1-87. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/22936/1/Clasificaci%C3%B3n%20del%20agua%20para%20elaborar%20flu%C3%ADos%20de%20control%20de%20acuerdo%20a%20la%20naturaleza%20de%20las%20formaciones%20presentes%20en%20pozos%20petroleros.pdf>

MAYORGA ORTIZ, L. C. Análisis físico, químico y microbiológico del sistema de agua de la junta administradora de agua potable y alcantarillado regional yanahurco antes y después del tratamiento convencional. (Trabajo de titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp.1-74.

METCALF, & EDDY. *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. EE.UU.: McGraw-Hill, 1995, p.67.

MINA VILLALTA, G. Y. Impacto de la contaminación ambiental en los moradores del barrio lucha de los pobres [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2010. pp.1-8. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1704/1/MINA%20VILLALTA%20GEOVANNA%20YAMILEY%20.pdf>

MORA CAMPOS, M. R., & TAMAY HERAS, A. A. Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macro invertebrados, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río sinincay, Cuenca – Ecuador. (Trabajo de titulación). (Titulación) Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2015. pp.1-32.

MORA, J., & CALVO, G. *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa.* [en línea]. Ecuador: Tecnología En Marcha, 2010. [Consulta: 20 agosto 2023]. <http://www.Dialnet-EstadoActualDeContaminacionConColiformesFecalesDeL-4835746-1.pdf>

NTE INEN 1108. *NTE INEN 1108:2014*

OFICINA DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA PARA EL CONGRESO DE LA UNIÓN (INCYTU). Tratamiento de aguas residuales [en línea], s.f, 2(3), pp. 1–6. [Consulta: 20 Agosto 2023]. ISSN 1052-1048. Disponible en: https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf

OLEAS LARA, B. F. Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en la parroquia rural de Cubijés del cantón Riobamba [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Pontificia Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp.1-82. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/234592435.pdf>

PABÓN, S., BENÍTEZ, R., SARRIA, R., & GALLO, J. (2020). “Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción”. *Entre Ciencias e Ingeniería*, [en línea], 2020, 4(27), pp.9–18. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN 1011-1251. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n27/1909-8367-ecei-14-27-9.pdf>

PUENTE BALDA, M. B. Acción microbiciada del agua de plata en muestras de agua de riego del río Pachanlica - provincia de Tungurahua. [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. pp.1-8. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12130/ACCI%20C3%93N%20MICROBICIDA%20DEL%20AGUA%20DE%20PLATA%20EN%20MUESTRAS%20DE%20AGUA%20DE%20RIEGO%20DEL%20R%20C3%8DO%20PACHANLICA%20-%20PROVINCIA%20DE%20TUNGURAHUA.pdf?sequence=1>

RAMÍREZ QUIRÓS, F. *Tratamiento de desinfección del agua potable.* [en línea]. Ecuador: Canal educa, 2005, [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2.pdf>

RAMOS GUILLÍN, E. L. “Desechos contaminantes e índice de calidad del agua del río Chibunga, cantón Riobamba, año 2017”. [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Universidad Estatal de Quevedo, Ecuador. 2018. pp.2-89. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/802a5328-9666-40a3-8a9a-7f05404d6b4d/content>

REBELLO FREIRE, L. F. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp.1-38. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/868/course/section/485/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf>

RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, A., & PÉREZ JACINTO, A. O. (2017). *Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento* [en línea]. Ecuador: Enhanced, 2017, [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>

ROMERO, M. *MicroING02 Enhanced Reader*. [en línea]. Ecuador: Enhanced, 2015, [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: [eee0d0f5-26a3-440d-8f42-9fd20c8faa2c/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fgsalazar.net%2FLANDIVAR%2FING-PRIMERO%2Fboletin08%2FURL_08_ING02.pdf](https://www.ing02.net/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fgsalazar.net%2FLANDIVAR%2FING-PRIMERO%2Fboletin08%2FURL_08_ING02.pdf)

RUBIO RUIZ, S. P. Malformaciones congénitas en neonatos relacionadas con contaminación ambiental [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua, Ecuador. 2019. pp.1-59. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30404/2/TESIS%20FINAL.pdf>

SWISTOCK, B. “Bacterias coliformes”. *PennState Extension* [en línea], 2020, 1(1). pp. 1-6. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj6-re4g_aAAxUImGoFHe4pAKYQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fextension.psu.edu%2Fdownloadable%2Fdownload%2Fsample%2Fsample_id%2F23387%2F&usq=AOvVaw0W6fQjMZZProZs3F5goMsU&opi=89978449

TENELEMA LAGUA, D. L. (2017). Evaluación físico, químico y microbiológico del agua de la junta de agua potable de la parroquia san miguelito, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,

Riobamba, Ecuador. 2017. pp.1-38. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6840/1/56T00729.pdf>

TIERRA LLANGA, F. S. (2015). Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia de san Luis, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp.1-97. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4438/1/56T00562%20UDCTFC.pdf>

TORRES, P., CRUZ, C. H., & PATIÑO, P. J. (2009). “Índice de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano”. *Una revisión crítica. Ingenierías*, [en línea], 2009 8(15), pp. 79–94. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN. 1020-0205. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

TULSMA. *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente-2017*

VALDIVIEZO SÁNCHEZ, P. S. Diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la parroquia san Andrés del cantón guano, provincia de chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. pp.1-8. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3220/1/96T00224.pdf>

VERGARA, C.; et al. “Calidad del agua de una playa del Pacífico de Panamá: condiciones fisicoquímicas y bacterias fecales”. *Revista ID* [en línea], 19(2), pp. 94-100. 2023. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/3826/4384>

YUBAILLE CALUÑA, D. C. Evaluación de la calidad física, química, microbiológica y resistencia bacteriana del agua de consumo humano de la parroquia Punín cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. [en línea] (Trabajo de titulación). (titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp.1-38. [Consulta: 2023-07-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6354/1/56T00684.PDF>



ANEXOS

ANEXO A: ACUERDO Y TOMA DE MUESTRA

a.



b.



c.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN</i> <i>ARACELY</i>	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información		<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	LÁMINA	ESCALA
a. Reunión de acuerdo b. Toma de muestra de la vertiente c. Toma de muestra de tanque de captación Ayahuma			1	1:1	24/08/2023

ANEXO B: TOMA DE MUESTRA DE AGUA

d.



e.



f.



g.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:		DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
d. Toma de muestra en tanque de distribución e. Toma de muestra en domicilio de Moya f. Toma de muestra en domicilio de Palacio Real g. Traslado de las muestras a los laboratorios de la ESPOCH	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN</i> <i>ARACELY</i>	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	24/08/2023

ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

h.



i.



j.



k.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN</i> <i>ARACELY</i> </p>	<p align="center"> DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO </p>		
h. Prueba de turbiedad i. Prueba de conductividad j. Prueba de fosfatos k. Digestar para las pruebas de metales	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			3	1:1	24/08/2023

ANEXO D: ANÁLISIS POSTRATAMIENTO

l.



m.



n.



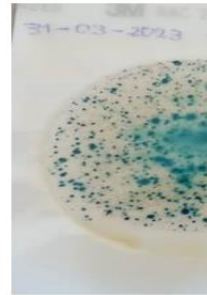
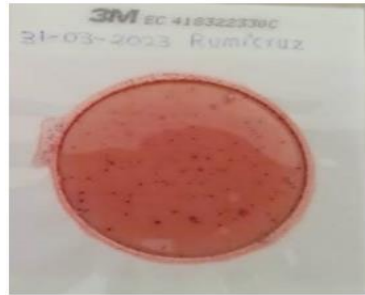
o.



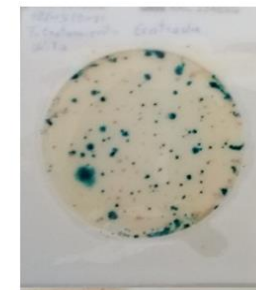
<p>DESCRIPCIÓN:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN ARACELY</i></p>	<p>DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO</p>		
<p>l. Prueba de jarra m. Dosificación de HTH n. Medio filtrante o. Medición de cloro libre</p>	<p> <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar </p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
		<p>4</p>	<p>1:1</p>	<p>24/08/2023</p>	

ANEXO E: PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

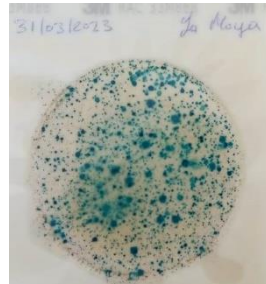
p.



q



r.



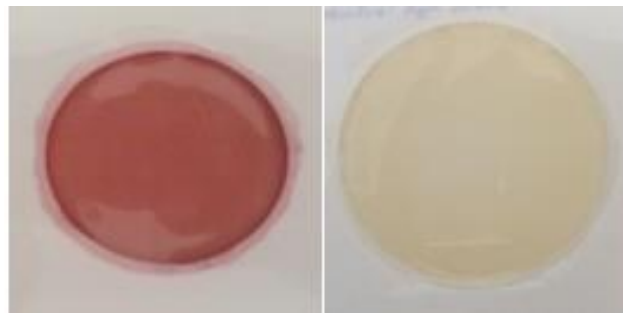
DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN ARACELY</i></p>	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
<p>p. Pruebas microbiológicas Rumicruz</p> <p>q. Pruebas microbiológicas San Francisco</p> <p>r. Pruebas microbiológicas La Moya</p> <p>s. Pruebas microbiológicas Palacio Real</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	24/08/2023

ANEXO F: PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS POSTRATAMIENTO

t.



u.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN</i> <i>ARACELY</i> </p>	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
t. Pruebas microbiológicas postratamiento comunidades Rumicruz y La Moya u. Pruebas microbiológicas postratamiento comunidades San Francisco y Palacio Real	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<p align="center">LÁMINA</p>	<p align="center">ESCALA</p>	<p align="center">FECHA</p>
		<p align="center">6</p>	<p align="center">1:1</p>	<p align="center">24/08/2023</p>	

ANEXO G: NTE INEN 1108



Quito - Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1108
Quinta revisión
2014-01

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

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

DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:		DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
NTE INEN 1108	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN</i> <i>ARACELY</i></p>	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			7	1:1	24/08/2023

ANEXO H: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

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

1. OBJETO

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

2. CAMPO DE APLICACIÓN

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

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

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

Ministerio de salud Pública. **REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS** Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

4. DEFINICIONES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
NTE INEN 1108	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN ARACELY</i>	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	24/08/2023

ANEXO J: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

TABLA 2. Sustancias orgánicas

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

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Limite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,008
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifos	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetato	mg/l	0,006
Endrin	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
NTE INEN 1108	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN ARACELY</i>	10	1:1	24/08/2023

ANEXO K: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

TABLA 4. Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

TABLA 5. Subproductos de desinfección

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

TABLA 6. Cianotoxinas

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

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

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de oocistas/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia

* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo.

** < 1 significa que no se observan colonias

(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

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

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

DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN ARACELY</i>	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
NTE INEN 1108	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			11	1:1	24/08/2023

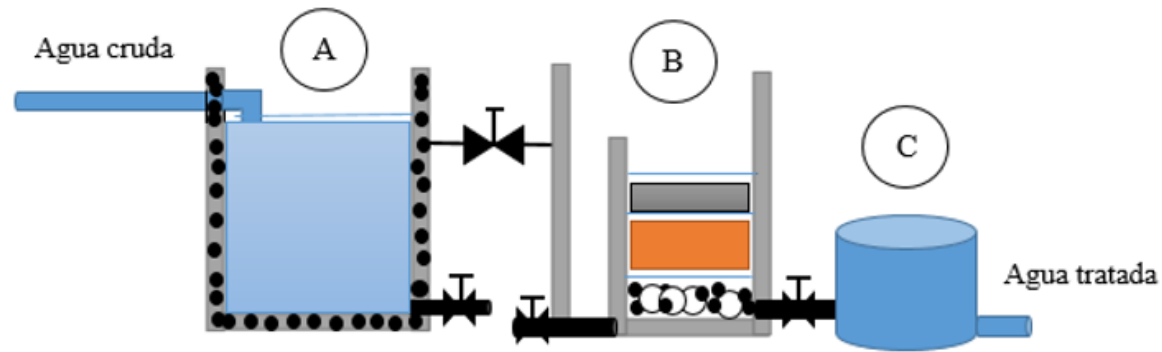
ANEXO L: NTE INEN 1108 (CONTINUACIÓN)

7. MÉTODOS DE ENSAYO

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

DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: <i>CHELA LLUMIGUANO MARILYN ARACELY</i> </p>	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
NTE INEN 1108	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		<p align="center">LÁMINA</p>	<p align="center">ESCALA</p>	<p align="center">FECHA</p>
			11	1:1	24/08/2023

ANEXO M: DISEÑO DE PLANTA



NOMENCLATURA	
ITEM	DESCRIPCIÓN
A	Tanque sedimentador
B	Filtro
C	Tanque de cloración

DESCRIPCIÓN:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: CHELA LLUMIGUANO MARILYN ARACELY	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO EN LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES PALACIO REAL Y SAN FRANCISCO DE CUNUHUACHAY Y ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES LA MOYA Y RUMICRUZ PERTENECIENTES A LA PARROQUIA CALPI DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Diseño de planta	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		11	1:1	24/08/2023



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 26 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Marilyn Aracely Chela Llumiguano
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo, MSc.

2053-DBRA-UPT-2023

