



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO
DE LA ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES: JATARI
CAMPESINO, NITILUISA, SAN VICENTE DE LUISA Y SAN JOSÉ
DE GAUSHI DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE
CHIMBORAZO.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA:

LIZBETH CAROLINA PAULLAN AYNAGUANO

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO
DE LA ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES: JATARI
CAMPESINO, NITILUISA, SAN VICENTE DE LUISA Y SAN JOSÉ
DE GAUSHI DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE
CHIMBORAZO.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: LIZBETH CAROLINA PAULLAN AYNAGUANO

DIRECTORA: Dra. LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO, PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Lizbeth Carolina Paullan Aynaguano**

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, Lizbeth Carolina Paullan Aynaguano, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 26 de Octubre del 2023



Lizbeth Carolina Paullan Aynaguano

C.I. 060589347-8

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 DEL AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA NORTE DE LAS COMUNIDADES: JATARI CAMPESINO, NITILUISA, SAN VICENTE DE LUISA Y SAN JOSÉ DE GAUSHI DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **LIZBETH CAROLINA PAULLAN AYNAGUANO**, 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. Segundo Hugo Calderón, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-10-26
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego, PhD. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-10-26
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-10-26

DEDICATORIA

A mi madre Sonia Aynaguano y a mi padre Luis Paullan. A mis hermanos Cristian, Santiago y Joseth. A mis abuelos Adán Paullan y Mercedes Aynaguano.

Lizbeth

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi madre y a mi padre por el amor y apoyo infinito brindado a lo largo de esta trayectoria.

Lizbeth

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	<i>Objetivo general</i>	4
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	6
2.2.	Referencias Teóricas.....	7
2.2.1.	<i>El agua</i>	7
2.2.2.	<i>Estructura química</i>	8
2.2.3.	<i>Fuentes de agua</i>	8
2.2.3.1.	<i>Fuentes subterráneas</i>	8
2.2.3.2.	Fuentes superficiales.....	9
2.2.4.	<i>Agua de consumo humano</i>	9
2.2.4.1.	<i>Agua potable</i>	9
2.2.4.2.	<i>Calidad del agua</i>	9
2.2.5.	<i>Índice de la calidad del agua</i>	9
2.2.6.	<i>Parámetros físico-químicos</i>	10
2.2.6.1.	<i>Color</i>	10
2.2.6.2.	<i>Turbidez</i>	11

2.2.6.3.	<i>Alcalinidad</i>	11
2.2.6.4.	<i>Sólidos</i>	11
2.2.6.5.	<i>Conductividad</i>	12
2.2.6.6.	<i>Dureza</i>	12
2.2.6.7.	<i>El pH</i>	13
2.2.6.8.	<i>Nitrógeno y derivados</i>	13
2.2.6.9.	<i>Fosfatos</i>	14
2.2.6.10.	<i>Cloro y cloruros</i>	14
2.2.6.11.	<i>Fluoruros</i>	15
2.2.6.12.	<i>Hierro</i>	15
2.2.6.13.	<i>Metales</i>	16
2.2.7.	<i>Parámetros microbiológicos</i>	16
2.2.7.1.	<i>Coliformes totales</i>	16
2.2.7.2.	<i>Coliformes fecales</i>	16
2.2.7.3.	<i>Escherichia coli</i>	17
2.2.8.	<i>Procesos de tratamiento para el agua potable</i>	17
2.2.8.1.	<i>Filtración</i>	17
2.2.8.2.	<i>Aireación</i>	18
2.2.8.3.	<i>Desinfección</i>	19
2.2.9.	<i>Lechos o medios filtrantes</i>	21
2.2.9.1.	<i>Carbón</i>	21
2.2.9.2.	<i>Carbón activado</i>	21
2.2.9.3.	<i>Grava</i>	21
2.2.9.4.	<i>Arena sílice</i>	21
2.2.9.5.	<i>Carbón a base de cáscara de coco</i>	22
2.2.10.	<i>Normativas para medir el agua en el Ecuador</i>	22
2.2.11.	<i>Purificación del agua</i>	23
2.2.12.	<i>Importancia de la calidad del agua para el consumo humano</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Localización del proyecto	25
3.2.	Diagnóstico	28
3.3.	Procedimiento para la toma de muestras	30
3.3.1.	<i>Selección de los puntos de toma de muestras</i>	30

3.3.2.	<i>Precauciones de seguridad</i>	31
3.3.3.	<i>Materiales y equipos para el muestreo</i>	31
3.3.4.	<i>Muestreo</i>	31
3.3.5.	<i>Toma de muestras</i>	31
3.3.5.1.	<i>Consideraciones generales</i>	31
3.3.5.2.	<i>Consideraciones para la toma de muestras</i>	32
3.3.5.3.	<i>Consideraciones para la toma de muestras microbiológicas</i>	32
3.3.5.4.	<i>Manejo de muestras</i>	33
3.4.	Caracterización de las muestras del agua de consumo	33
3.4.1.	<i>Análisis fisicoquímicos</i>	34
3.4.2.	<i>Análisis microbiológicos</i>	36
3.5.	Metodología para las pruebas de tratabilidad	36
3.5.1.	<i>Tratamientos para la desinfección del agua</i>	37
3.6.	Caracterización fisicoquímica del agua tratada	41
3.6.1.	<i>Análisis fisicoquímicos</i>	41
3.6.2.	<i>Análisis microbiológicos</i>	41
3.7.	Diseño de la torre de aireación	41
3.7.1.	<i>Cálculos de ingeniería</i>	41
3.7.1.1.	<i>Cálculo de la proyección de población</i>	42
3.7.2.	<i>Cálculo de dotaciones</i>	42
3.7.2.1.	<i>Cálculo de dotación básica</i>	42
3.7.2.2.	<i>Cálculo de la dotación media futura</i>	43
3.7.3.	<i>Cálculo de gastos</i>	43
3.7.3.1.	<i>Cálculo de gato medio diario</i>	43
3.7.3.2.	<i>Cálculo de gasto máximo diario</i>	44
3.7.4.	<i>Cálculo del caudal de diseño</i>	44
3.7.5.	<i>Diseño de la torre de aireación</i>	45
3.7.5.1.	<i>Cálculo de área total del aireador</i>	45
3.7.5.2.	<i>Dimensiones de cada bandeja</i>	46
3.8.	Capacitación a los habitantes de las comunidades	48

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	50
4.1.	Resultado de los análisis físico-químicos del agua	50
4.1.1.	<i>Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad Jatari Campesino</i>	50

4.1.2.	<i>Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad Nitiluisa</i>	52
4.1.3.	<i>Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad San Vicente de Luisa</i> .	54
4.1.4.	<i>Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad San José de Gaushi</i>	55
4.2.	Resultado de los análisis microbiológicos del agua	57
4.2.1.	<i>Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad Jatari Campesino</i>	57
4.2.2.	<i>Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad Nitiluisa</i>	58
4.2.3.	<i>Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad San Vicente de Luisa</i>	58
4.2.4.	<i>Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad San José de Gaushi</i> .	58
4.3.	Resultado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fuera de Norma	59
4.4.	Resultado comparativo de las 4 comunidades	64
4.5.	Resultado de las pruebas de tratabilidad para la disminución de fosfatos	65
4.5.1.	<i>Resultado del tratamiento 1</i>	65
4.5.2.	<i>Resultado del tratamiento 2</i>	66
4.5.3.	<i>Resultado del tratamiento 3</i>	66
4.5.4.	<i>Resultado del tratamiento 4</i>	67
4.5.5.	<i>Resultado del tratamiento 5</i>	68
4.5.6.	<i>Resultado del tratamiento 6</i>	69
4.6.	Resultado de la desinfección del agua	71
4.7.	Propuesta	72
4.7.1.	<i>Propuesta de diseño de la planta de potabilización de agua</i>	72
4.8.	Discusión	73

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1.	Conclusiones	75
5.2.	Recomendaciones	77

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Localización de la comunidad Jatari Campesino.....	25
Tabla 3-2:	Localización de la comunidad de Nitiluisa.....	26
Tabla 3-3:	Localización de la comunidad San Vicente de Luisa.....	27
Tabla 3-4:	Localización de la comunidad San José de Gaushi.....	27
Tabla 3-5:	Análisis físicoquímicos del agua de consumo.....	34
Tabla 3-6:	Análisis microbiológicos del agua de consumo.....	36
Tabla 3-7:	Pruebas de tratabilidad para disminuir fosfatos.....	37
Tabla 3-8:	Desinfección del agua.....	37
Tabla 3-9:	Tratamientos para disminuir fosfatos.....	39
Tabla 3-10:	Parámetro para el diseño de una torre de aireación.....	45
Tabla 3-11:	Capacitación a las comunidades.....	49
Tabla 4-1:	Resultado del análisis físicoquímico del muestreo 1.....	50
Tabla 4-2:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 2.....	50
Tabla 4-3:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 3.....	51
Tabla 4-4:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 1.....	52
Tabla 4-5:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 2.....	52
Tabla 4-6:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 3.....	53
Tabla 4-7:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 1.....	54
Tabla 4-8:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 2.....	54
Tabla 4-9:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 3.....	55
Tabla 4-10:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 1.....	55
Tabla 4-11:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 2.....	56
Tabla 4-12:	Resultado de los análisis físicoquímicos del muestreo 3.....	56
Tabla 4-13:	Resultado de los análisis microbiológicos: Jatari Campesino.....	57
Tabla 4-14:	Resultado de los análisis microbiológicos: Nitiluisa.....	58
Tabla 4-15:	Resultado de los análisis microbiológicos: San Vicente de Luisa.....	58
Tabla 4-16:	Resultado de los análisis microbiológicos: San José de Gaushi.....	58
Tabla 4-17:	Resultado de los parámetros fuera de Norma: Jatari Campesino.....	59
Tabla 4-18:	Resultado de los parámetros fuera de Norma: San Vicente de Luisa.....	60
Tabla 4-19:	Resultado de los parámetros fuera de Norma: Nitiluisa.....	61
Tabla 4-20:	Resultado de los parámetros fuera de Norma: San José de Gaushi.....	63
Tabla 4-21:	Resultado del tratamiento 1.....	65
Tabla 4-22:	Resultado del tratamiento 2.....	66

Tabla 4-23:	Resultado del tratamiento 3	66
Tabla 4-24:	Resultado del tratamiento 4	67
Tabla 4-25:	Resultado del tratamiento 5	68
Tabla 4-26:	Resultado del tratamiento 6	69
Tabla 4-27:	Resultados de la desinfección del agua.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Requisitos fisicoquímicos del agua potable.....	22
Ilustración 2-2:	Requisitos Microbiológicos del agua potable.....	23
Ilustración 3-1:	Ubicación geográfica de la comunidad Jatari Campesino	25
Ilustración 2-3:	Ubicación geográfica de la comunidad de Nitiluisa	26
Ilustración 3-3:	Ubicación geográfica de la comunidad San Vicente de Luisa.....	27
Ilustración 3-4:	Ubicación geográfica de la comunidad San José de Gaushi.....	28
Ilustración 3-5:	Tanque construido para la vertiente.....	28
Ilustración 3-6:	Tanque de distribución de San José de Gaushi.....	29
Ilustración 3-7:	Tanque de distribución de Nitiluisa.....	30
Ilustración 3-8:	Tanque de distribución	30
Ilustración 3-9:	Limpieza del área de toma de muestras	32
Ilustración 3-10:	Muestreo	33
Ilustración 3-11:	Realización de los análisis fisicoquímicos.....	34
Ilustración 3-12:	Desinfección del agua.....	38
Ilustración 3-13:	Dimensiones aireador	48
Ilustración 3-14:	Reunión con el presidente del GAD Parroquial de Calpi	49
Ilustración 4-1:	Parámetro fuera de Norma de Jatari Campesino: Fosfatos.....	59
Ilustración 4-2:	Parámetro fuera de norma de Jatari campesino: Coliformes totales.....	60
Ilustración 4-3:	Parámetros fuera de Norma de San Vicente de Luisa: Fosfatos.....	61
Ilustración 4-4:	Parámetros fuera de Norma de Nitiluisa: Fosfatos	62
Ilustración 4-5:	Parámetros fuera de norma de Nitiluisa: Coliformes totales	62
Ilustración 4-6:	Parámetros fuera de Norma de San José de Gaushi: Fosfatos.....	63
Ilustración 4-7:	Parámetros fuera de Norma de las 4 comunidades: Fosfatos	64
Ilustración 4-8:	Resultado del tratamiento 1	65
Ilustración 4-9:	Resultado del tratamiento 2	66
Ilustración 4-10:	Resultado del tratamiento 3	67
Ilustración 4-11:	Resultado del tratamiento 4	68
Ilustración 4-12:	Resultado del tratamiento 5	69
Ilustración 4-13:	Resultado del tratamiento 6	70
Ilustración 4-14:	Propuesta de diseño	72

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** INEN 1105:1983. “AGUAS. MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO”
- ANEXO B:** INEN 2176:1998 “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO”
- ANEXO C:** INEN 2169:1998 “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS”
- ANEXO D:** INEN 1108:2006
- ANEXO E:** SOCIALIZACION CON LAS AUTORIDADES
- ANEXO F:** CARACTERIZACION FISICOQUIMICA
- ANEXO G:** DESINFECCIÓN DEL AGUA
- ANEXO H:** MEDIDAS DE LA TORRE DE AIREACIÓN
- ANEXO E:** ESQUEMA DEL SISTEMA
- ANEXO F:** TORRE DE AIREACIÓN

RESUMEN

Se realizó la determinación la calidad del agua de consumo de la zona norte de las comunidades: Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi de la parroquia Calpi provincia de Chimborazo, en diferentes puntos seleccionadas aleatoriamente alrededor de las vertientes y los domicilios de las comunidades en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo” según Norma NTE INEN 1108:2006, mediante métodos estandarizados como Standard Methods for examination of water and wastewater, método Hach y Filtración por membrana. Se demostró que en todas las comunidades el agua de consumo en cuanto a los parámetros de calidad fisicoquímicos cumple con los límites máximos permitidos por la Norma a excepción de los fosfatos con valores de 0,83; 0,79; 0,75 y 0,74 mg/l respectivamente, en cuanto a los parámetros microbiológicos presentan un crecimiento de Coliformes totales con valores de 54 UFC/100mL para Jatari Campesino y 56 UFC/100 mL para Nitiluisa. Después de realizar pruebas de tratabilidad para la remoción de fosfatos se determinó que el adecuado es el tratamiento 5 que mediante el proceso de aireación se obtuvo un promedio de remoción del 47,27% cumpliendo con este los requerimientos de la Norma para fosfatos, siendo eficiente y económico para las comunidades ya que su valor se aproximó al tratamiento con mayor % de remoción. En cuanto a la eliminación de Coliformes totales se optó por un proceso de desinfección con hipoclorito de sodio al 6% en una dosificación de 0,10 mL /L para Jatari Campesino y Nitiluisa que como resultado se obtuvo la ausencia de coliformes totales. La propuesta de tratabilidad aprobada fue de una torre de aireación con un lecho filtrante de carbón activado, esta torre debe ser colocada a aproximadamente 20 metros de los tanques de distribución de cada comunidad.

Palabras clave: <CALIDAD DEL AGUA>, <CARACTERIZACIÓN>, <FÍSICOQUIMICO>, <MICROBIOLÓGICO>, <DESINFECCIÓN>, <PRUEBAS DE TRATABILIDAD>, <AIREACIÓN>, <FILTRACIÓN>.



2068-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The quality of drinking water in the northern zone of the communities of Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa and San José de Gaushi in the parish of Calpi, province of Chimborazo, was determined at different points randomly selected around the springs and the homes of the communities in the Technical Analysis Laboratory of the Faculty of Sciences of the "Escuela Superior Politécnica de Chimborazo" according to NTE INEN 1108 Standard: 2006, using standardized methods such as Standard Methods for examination of water and wastewater, Hach method and membrane filtration. It was demonstrated that in all the communities the water for consumption in terms of physicochemical quality parameters complies with the maximum limits allowed by the Standard except for phosphates with values of 0.83; 0.79; 0.75 and 0.74 mg/l respectively; in terms of microbiological parameters there is a growth of total coliforms with values of 54 CFU/100mL for Jatari Campesino and 56 CFU/100 mL for Nitiluisa. After performing treatability tests for the removal of phosphates, it was determined that treatment 5 was the most appropriate, since through the aeration process an average removal rate of 47.27% was obtained, meeting the requirements of the Standard for phosphates, being efficient and economical for the communities, since its value was close to the treatment with the highest removal rate. As for the elimination of total coliforms, a disinfection process with 6% sodium hypochlorite at a dosage of 0.10 mL/L was chosen for Jatari Campesino and Nitiluisa, which resulted in the absence of total coliforms. The approved treatability proposal was for an aeration tower with an activated carbon filter bed, this tower should be placed approximately 20 meters from the distribution tanks of each community.

Keywords: <WATER QUALITY>, <WATER CHARACTERIZATION>, <PHYSICOCHEMICAL>, <MICROBIOLOGICAL>, <DESINFECTION>, <TREATABILITY TESTS>, <AIRATION>, <FILTRATION>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso, Mgs.

C.I. 1103696132

INTRODUCCIÓN

La parroquia Calpi está conformada por 18 comunidades, entre ellas Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi, comunidades que no cuentan con ningún sistema de tratamiento de agua potable. Sin embargo, cuentan con un abastecimiento de agua subterránea, información que fue brindada por los encargados de cada directiva del agua; este tipo de agua es almacenada en un tanque de captación distinto para cada comunidad y distribuida a la población, en algunos, casos sin tratamiento alguno.

La comunidad Jatari Campesino cuenta con cuatro vertientes y un tanque de captación que conduce el agua a través tuberías de polietileno hacia los domicilios sin ningún tratamiento previo a su consumo.

La comunidad Nitiluisa cuenta con un tanque de recepción que dirige el agua mediante tuberías de polietileno hacia los tres barrios que la conforman.

Las personas que habitan en las comunidades San Vicente de Luisa y San José de Gaushi cuentan con una vertiente que conduce el agua mediante tuberías a cada uno de los tanques reservorios de cada comunidad que posteriormente dirige el agua a cada domicilio.

El agua que consumen estas comunidades, al no ser potable puede catalogarse como un riesgo para la salud de la población, ya que se desconoce su calidad en cuanto a parámetros físicos, químicos y microbiológicos y por tanto no puede ser considerada como agua apta para el consumo humano.

Como parte de las actividades del proyecto de vinculación “ESPOCH Universidad Latinoamericana por el Comercio Justo” con el apoyo del GAD parroquial de Calpi, se determinó la calidad del agua de consumo de cuatro comunidades de Calpi y se generó una propuesta de tratamiento con la finalidad de que el agua cumpla con todos los requerimientos necesarios. Para esto, se determinó la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo y se comparó con los requerimientos establecidos en la Norma INEN 1108:2006 “Agua potable. Requisitos”. Además, se propuso una alternativa de tratabilidad para lograr erradicar o disminuir los parámetros que se encontraron fuera de la norma.

Se estableció el muestreo para cada comunidad, para lo cual se ubicaron cuatro puntos tomando la muestra por triplicado. Los puntos de muestreo fueron seleccionados aleatoriamente

considerando las vertientes, tanques reservorios y los domicilios. Las muestras fueron recolectadas siguiendo las Normas INEN 1105:1983. “Aguas. Muestreo para examen microbiológico”, la NTE INEN 2176:1998 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo” y la NTE INEN 2169:1998 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras” y se procedió a la caracterización de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos a través de métodos estandarizados por Standard Methods for examination of water and wastewater. Esta investigación se realizó durante el período septiembre-marzo del 2023.

Los resultados de la caracterización del agua, el análisis de las posibles causas de la contaminación y las acciones correctivas para los problemas encontrados, se socializaron con el presidente de la Junta Parroquial y los encargados de Junta de Agua Potable de cada comunidad.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El agua que disponen las comunidades de la zona norte de la parroquia de Calpi (Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi) presentan inconvenientes ya que no disponen de agua potable ni de conexión a la red de alcantarillado. Los problemas comienzan desde donde proviene el agua hasta llegar a los reservorios, alterándose así, las características físicas-químicas y microbiológicas del agua con la posible presencia de agentes contaminantes.

El GAD parroquial de Calpi y sus comunidades no cuentan con un sistema adecuado de tratamiento a fin de obtener agua potable. No se disponen de datos claros de la calidad de agua que llega a las viviendas de los pobladores de las comunidades, por ello se ha visto la necesidad de realizar un estudio que determine si el agua que consumen los habitantes de las comunidades cumple con los parámetros según la norma INEN 1108:2006.

Esta investigación se realizó dentro de las actividades del proyecto de vinculación: “ESPOCH Universidad Latinoamericana por el Comercio Justo”. Una vez conocida la calidad del agua, se determinó las posibles alternativas de tratabilidad a nivel de laboratorio, para posteriormente proponer un tratamiento de agua potable más asequible para las comunidades, los resultados de este proyecto permitieron tomar las acciones necesarias para el mantenimiento y/o tratamiento para mejorar la calidad de agua de consumo de los pobladores de las comunidades de Calpi.

1.2. Justificación

La presente tesis tiene como objetivo abordar una cuestión de vital importancia para las comunidades rurales: la calidad del agua para el consumo humano. El acceso a agua potable y segura es un derecho fundamental que influye directamente en la salud y calidad de vida de las personas. Por esta razón, resulta imprescindible asegurar que el agua cumpla con los estándares de calidad establecidos por la Norma INEN 1108:2006, garantizando así que esté libre de elementos contaminantes que puedan representar un riesgo para la salud.

El consumo de agua contaminada es perjudicial para la humanidad y puede ocasionar diversas enfermedades, poniendo en riesgo la integridad física y el bienestar de la población. Ante la preocupante situación de las comunidades Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi de la parroquia Calpi, quienes han expresado inquietudes acerca de la calidad del recurso hídrico disponible para ellos, es imperativo tomar medidas para abordar esta problemática.

El agua es un recurso esencial, pero también es limitado y valioso para la vida de los seres humanos. Por fin, es crucial encontrar soluciones apropiadas para asegurar la tratabilidad del agua de consumo en laboratorios, lo que contribuirá al correcto funcionamiento del sistema de distribución de agua en estas comunidades.

En conclusión, esta investigación busca aportar conocimiento y alternativas concretas para garantizar que las comunidades rurales mencionadas cuenten con un suministro de agua seguro, que cumpla con los estándares de calidad establecidos y que proteja la salud y el bienestar de sus habitantes. La relevancia de este estudio radica en su contribución al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, así como en el uso responsable y sostenible de este recurso vital para las generaciones presentes y futuras.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la calidad del agua de consumo de la zona norte de las comunidades Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi de la parroquia Calpi provincia de Chimborazo

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema de abastecimiento del agua de consumo de las comunidades.
- Determinar los puntos de muestreo a lo largo del sistema para el estudio de la calidad del agua de consumo en las comunidades.
- Realizar la caracterización físico-químico y microbiológica del agua de consumo en las comunidades de la zona norte de la parroquia de Calpi según la norma INEN 1108 2006.

- Establecer una alternativa adecuada de tratabilidad, a nivel de laboratorio, para el buen funcionamiento del sistema de distribución de agua de consumo de las comunidades.
- Caracterizar el agua posterior al tratamiento mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos en función a la normativa INEN 1108 2006.
- Realizar una capacitación a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución de agua de consumo en las comunidades.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La calidad del agua que disponen las comunidades de la zona norte de la parroquia de Calpi (Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi) presentan diversos inconvenientes ya que no disponen de agua potable, ni de la red de alcantarillado. Por lo que conjuntamente con el Gad parroquial y el proyecto de vinculación “ESPOCH universidad latinoamericana por el comercio justo” se vio en la necesidad de realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo de las comunidades antes mencionadas, para comprobar si cumplen con los parámetros establecidos de calidad según la norma INEN 1108 2006, por esta razón distintas investigaciones se enfocan en la evaluación de la calidad de agua de comunidades rurales.

En el proyecto técnico realizado por (Oleas, 2016) denominado “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA PARROQUIA RURAL DE CUBIJÍES DEL CANTÓN RIOBAMBA” se demostró que el agua de consumo de la parroquia rural Cubijíes referente a los parámetros físicos incumplió con lo que se dicta en la norma, lo que para los moradores de la parroquia resultaba ser una molestia, en cambio los parámetros químicos cumplían con lo establecido en la norma. Los resultados de la evaluación microbiológica demostraron que existe un crecimiento de Coliformes fecales en el 100% de las muestras y lo permisible según la norma es de < 1 , esto quiere decir que no debe existir ningún crecimiento, por tal motivo se concluyó que el agua de consumo de la parroquia de Cubijíes no es apta para el consumo humano, ya que provoca daños por la contaminación que presenta en los tanques de almacenamiento, vertientes y viviendas, la tubería con la que dispone la parroquia se encuentra en estado deplorable, además se aconsejó realizar el tratamiento con cloro para la desinfección en el tanque, para que se elimine la contaminación en las viviendas, además la edificación de la infraestructura para salvaguardar las vertientes que se encuentran expuestas al aire libre y a la contaminación.

Según (Tierra, 2015) en su trabajo de investigación titulada “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA PARROQUIA DE SAN LUÍS, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

donde realizó la caracterización y demostró que el agua de consumo de la parroquia de San Luis cumplió con los límites máximos permitidos por la normativa de los parámetros de calidad físicos y químicos, mientras que los parámetros microbiológicos incumplieron con el requerimiento, el 85,71% de muestras tiene Coliformes fecales y por lo tanto no son aptas para el consumo, debido a la contaminación que presentó una de las vertientes, la cual desemboca en el tanque de almacenamiento que provee agua a la población. Finalmente, se concluyó que el agua no es apta para el consumo humano. Se recomendó dar un tratamiento previo a la vertiente que es fuente esencial de contaminación, así como mejorar la infraestructura y mantenimiento de las vertientes, el tanque de almacenamiento y en el sistema de distribución del agua de consumo.

Por otra parte (Logroño, 2015), realizó el “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO HUMANO PARA LA COMUNIDAD NITILUISA” dónde se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de distintas muestras y en diferentes épocas del año para lograr comparar los parámetros que no cumplieron los límites establecidos en la norma; encontrando nitratos y fosfatos como principales contaminantes. Para su eliminación se empleó policloruro de aluminio como floculante y un filtro de zeolita, una vez realizadas las pruebas de jarras se estableció la dosis básica de químico para eliminar nitratos y fosfatos como resultado se tuvo una eficiencia del 92% al 100%; indicando que el tratamiento aplicado fue correcto.

Según los resultados obtenidos de distintos proyectos reportados por los autores antes mencionados sobre la evaluación de la calidad de agua de consumo, fue necesario realizar una determinación del agua no tratada, así se determinó el tratamiento idóneo que se debe aplicar en cada comunidad, Además dicha caracterización permitió conocer que parámetros son los que se encuentran fuera de norma y con el tratamiento más efectivo poder ajustarlos a los rangos citados en la norma INEN 1108 2006.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. *El agua*

El agua es uno de los elementos indispensables para la vida de los seres humanos. Las personas necesitamos de su reserva no sólo para el uso doméstico, sino también para el desarrollo de actividades industriales y agrícolas, uno de los problemas más importantes que involucra utilizar el agua para dichas actividades es su nivel de contaminación, ya que si no tiene la calidad correcta puede provocar escasez y enfermedades.

El peso molecular del agua es 18 g/mol además de ser el elemento más abundante, su calor específico es alto lo que causa la absorción de porciones significativas de calor con la variabilidad de temperatura, lo que permite la regulación de ésta en el planeta. Su densidad es mayor en estado líquido y menor en estado sólido, esto quiere decir que se difunde al solidificar obteniendo el máximo valor a 4°C (Gonzales y Pinedo, 2021, pág. 6).

2.2.2. Estructura química

El agua es la molécula menos compleja ya que consta de átomos pequeños, 2 átomos de H (hidrogeno) y 1 de O (oxígeno), unidos por 66 enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Presenta una distribución irregular de la densidad electrónica, ya que el oxígeno es uno de los elementos más electronegativos y atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, en consecuencia, cerca del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y alrededor de los hidrógenos la menor (carga positiva).

La molécula posee una geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de 105°) lo que hace de ella una molécula polar, que puede enlazarse a otras muchas sustancias polares (Angeles y Gonzalez, 1991, pág. 67).

2.2.3. Fuentes de agua

Cada región tiene diversas características geográficas y la disponibilidad del agua no es igual en cada población. Generalmente, el acceso al agua potable es uno de los factores más importantes que motivan el desarrollo económico de una población. La fuente de abastecimiento depende directamente de las características hidro-geológicas de cada área, así como de las tecnologías con las que cuenta (MDG, 2010, pág. 9).

2.2.3.1. Fuentes subterráneas

La captación de aguas subterráneas se lleva a cabo mediante pozos, manantiales, galerías filtrantes. Lo interesante de las fuentes subterráneas es que generalmente, están libres de gérmenes y microorganismos perjudiciales para la salud. Es decir, que pueden llegar a considerarse aptas para el consumo humano. Sin embargo, es aconsejable realizar análisis clínicos de la misma, y llevar a cabo algún procedimiento de purificación para considerarla 100% potable. (Sierra, 2011, pág. 28).

2.2.3.2. Fuentes superficiales

Este tipo de agua está constituida por el agua de los arroyos, lagos, ríos, entre otros. A causa de la industria, agricultura, ganadería y a la sobrepoblación, en muchos casos el agua superficial está contaminada, por tal motivo se debe pasar por un proceso de purificación para el consumo humano. Saber qué tipos de fuentes de agua existen en nuestra naturaleza nos lleva a valorar y cuidar este recurso, y conocer cuándo es apta para el consumo, y cuándo debe ser tratada para considerarse potable (Pouleurs, 1996, pág. 27).

2.2.4. Agua de consumo humano

El agua de consumo humano se define como el agua que utiliza el ser humano en su vida cotidiana, para actividades como preparación de alimentos, ingesta, lavado de ropa, aseo personal, servicio sanitario, entre otros. El agua de consumo debe cumplir con las disposiciones de los valores admisibles, estéticos, organolépticos, biológicos, químicos, físicos y microbiológicos decretados por el reglamento para la calidad de agua potable.

2.2.4.1. Agua potable

El agua potable es aquella que se emplea para el consumo humano y no provoca ningún daño a la salud, ya que cumple con las disposiciones de los valores permisibles, estéticos, organolépticos biológicos, microbiológicos, físicos y químicos decretados por el reglamento para la calidad de agua potable (Muñoz, 2020, pág. 7).

2.2.4.2. Calidad del agua

Existen varias definiciones sobre calidad de agua; así podemos decir que la calidad del agua se define como un estado de la biota acuática que comprende una lista de especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas. Por tanto, la calidad de agua potable depende de varios factores o indicadores específicos que definen su calidad, mismo que se encuentran citados en la Norma INEN 11:08 (Fikadu, 2022; p 3).

2.2.5. Índice de la calidad del agua

Con respecto a la valoración de la calidad de agua se puede entender como la caracterización de su naturaleza biológica, física y química con relación a la calidad natural, usos y los efectos

humanos. Para facilitar la interpretación de los datos de control se muestran índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales disminuyen a gran cantidad los parámetros a una expresión sencilla para su interpretación entre el público en general. La diferencia principal entre estos dos, está en la manera de evaluar los procesos de contaminación y el valor de las variables tenidas en consideración en la formulación del índice establecido. En términos más simples, un ICA es un valor único que manifiesta la calidad del recurso hídrico a través de la incorporación de las mediciones de los parámetros establecidos de calidad de agua y el uso, ya que es cada vez más conocido para identificar las tendencias a los cambios en la calidad de agua (Ramos, 2018, pág. 26).

2.2.6. Parámetros físico-químicos

Las aguas naturales, al relacionarse con diferentes agentes como aire, vegetación, suelo y subsuelo, agregan parte de los mismos esto puede darse por disolución, arrastre e incluso por intercambio de gases. También se da por la existencia de un elevado número de seres vivos en el medio acuático que interactúan con el mismo mediante distintos procesos biológicos en los que se consumen y desprenden diferentes sustancias. Esto provoca que las aguas dulces muestren un alto número de sustancias en su composición química, sometido a distintos factores como las concentraciones de gases disueltos, las características de los terrenos atravesados, entre otros (Jaramillo, 2022, pág. 14).

2.2.6.1. Color

Es el resultado provocado por distintos metales como magnesio, cromo, cobre, hierro, sólidos disueltos y en suspensión, además de la materia de origen animal como, por ejemplo; el plancton. En algunos casos el color es producto de la oxidación de las infraestructuras que conducen el agua potable; en el caso de ser de cobre causa coloraciones verde-azuladas, en otros casos cuando en el agua existe la presencia de hierro el agua se torna de un color amarillento.

La importancia del color en el agua de consumo es principalmente de índole organoléptico, debido a que cuando se consume agua que presenta algún tipo de color, ineludiblemente se la relaciona a agua "peligrosa" para la salud. El efecto del color en la vida acuática puede dañar la visión de los peces provoca un efecto de barrera de luz, causa reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton, así como una prohibición del área de crecimiento de hidrofitas (Boyd, 2020, pág. 124).

2.2.6.2. Turbidez

Es la medición de la dispersión de la luz que se da en el agua, esto como causa de la existencia de materiales suspendidos, plancton, arcilla, coloides orgánicos, limos y otros organismos microscópicos que indican un cambio en su calidad. La turbidez, afecta al medio acuático, ya que la fotosíntesis necesita fundamentalmente de la penetración de la luz. Las aguas que presentan turbidez son más débiles en cuanto a la actividad fotosintética, lo que provoca la producción de fitoplancton.

La turbidez del agua interfiere así con los usos y aspectos del agua, representando uno de los inconvenientes para la efectividad de los tratamientos de desinfección; la materia en suspensión provoca gustos y olores no agradables, por lo que el agua de consumo debe estar libre de las mismas (Boyd, 2020, pág. 124).

2.2.6.3. Alcalinidad

Es la medición de la capacidad amortiguadora del agua, por lo general una alcalinidad alta presenta un pH elevado; el agua de mar y agua con sales disueltas tiene una alcalinidad de 100 a 125 mg/l (Sierra, 2011, pág. 62)

2.2.6.4. Sólidos

Se denomina sólidos a todos aquellos compuestos o elementos que se encuentran en el agua. Se pueden clasificar en dos grupos, sólidos en suspensión y sólidos disueltos. En cada uno de los grupos se puede distinguir los sólidos volátiles y los sólidos no volátiles. La medida de sólidos totales disueltos (TDS), es un índice de la cantidad de materia disuelta en el agua y esto proporciona información básica de la calidad química.

Los sólidos totales disueltos (TDS) proporcionan una información básica de la calidad química y se denomina analíticamente como desecho filtrable total en (mg/l). Los aniones inorgánicos principales disueltos en el agua son: cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, fosfatos y nitratos. Los cationes principales son: sodio, potasio, calcio, magnesio y amonio. Los sólidos disueltos determinan la conductividad y salinidad del medio.

Los sólidos en suspensión son pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua. Son utilizados como un indicador de calidad del agua y consideradas una sustancia orgánica

e inorgánica particular presente en el agua como arcillas, grasas, aceites, arenas, fangos, entre otros. La existencia de sólidos en suspensión interviene en el aumento de la turbidez y del color del agua.

Finalmente, la determinación de sólidos volátiles comprende una medida aproximada de sustancias orgánicas, ya que a la temperatura del procedimiento analítico aplicado el único elemento inorgánico que logra descomponerse es del carbonato magnésico. (Sierra, 2011, pág. 59)

2.2.6.5. Conductividad

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de la misma para conducir la corriente eléctrica y permitir comprender la concentración de las especies iónicas existentes en el agua. Como el aporte de cada clase iónica a la conductividad es diverso, su medida da un valor que no se relaciona de forma sencilla con el valor total de iones en solución; la conductividad está relacionada con la temperatura (Jaramillo, 2022, págs. 18-19)

2.2.6.6. Dureza

La dureza del agua está definida como la concentración de minerales que contiene cierta cantidad de agua, esta dureza depende de la existencia de magnesio y calcio disueltos en el agua, que cambia según la formación geológica que experimenta el agua previamente a su captación. En el caso de aguas subterráneas que atraviesan por acuíferos calizos presentan una mayor dureza que los acuíferos cuya composición es silicatada.

Los cloruros, sulfatos y carbonato se originan de la acción del agua sobre las rocas. Los bicarbonatos provienen de la acción combinada del agua y del bicarbonato que ésta tiene disuelto. Los carbonatos son poco solubles en agua, razón por la cual en presencia de anhídrido carbónico se irán descomponiendo y desarrollarán bicarbonatos de gran solubilidad. Por tanto, el agua logrará seguir disolviendo rocas que posean contenido en carbonatos y los pasará a bicarbonatos en disolución. Los carbonatos son sales que tienen la constante de solubilidad muy baja, son las que provocan las incrustaciones.

El cloruro es una de las sales poco incrustantes (la constante de solubilidad es más alta), pero sí muy corrosivas, especialmente en aguas calientes y calderas. El sulfato magnésico es considerado de la misma forma ya que se comporta igual. El cloruro magnésico es altamente incrustante a elevadas presiones y se descompone en hidróxido de magnesio (insoluble y provoca muchas

incrustaciones) y ácido clorhídrico (muy corrosivo, desarrolla corrosiones en los metales) (Chacón, 2016, pág. 68).

2.2.6.7. *El pH*

El pH es la intensidad de condiciones básicas y ácidas que posee el agua y se encuentra definida de la siguiente manera:

$$pH = -\log[H^+]$$

La medida del *pH* tiene gran aplicación en el área de aguas naturales y residuales, es una característica básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas, los valores elevados de pH pueden causar drásticos cambios en la flora y fauna; además de la muerte de peces, reacciones secundarias perjudiciales como, por ejemplo: alteraciones en la solubilidad de nutrientes y desarrollo de precipitados.

El pH es un factor fundamental en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales, el valor del pH relacionado con la vida de los peces está comprendido entre 5 y 9; sin embargo, para la mayor parte de las especies acuáticas la zona de *pH* necesario se sitúa entre 6 y 7.2, si sobrepasa este rango no es posible la vida ya que causa de la desnaturalización de proteínas (Boyd, 2020, págs. 178-179)

2.2.6.8. *Nitrógeno y derivados*

Las diferentes formas inorgánicas que presenta el nitrógeno comprenden: nitrógeno molecular (N_2), amoníaco (NH_3), nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-); en el medio acuático se producen compuestos orgánicos nitrogenados, que poseen nitrógeno amínico o amidico, comprendiendo así compuestos heterocíclicos tales como las piridinas y purinas.

El amoníaco tiene un olor picante característico, a presión y temperatura ambiente es un gas incoloro. En el momento que se disuelve en agua desarrolla iones amonio NH_4^+ , estableciendo un equilibrio químico entre las dos formas, la ionizada (amonio) y no ionizada (amoníaco), la definición de amonio total hace referencia a la suma de ambas especies. El amoníaco es un componente muy tóxico para los peces.

La presencia de nitratos se desarrolla por efluentes industriales, la descomposición de materia animal, vegetal, la disolución de rocas y minerales. No se resta importancia a la contaminación

por el lavado de tierras de labor, ya que se utilizan profusamente fertilizantes y como componente el abono.

Cuando en el agua subterránea existe exceso de nitritos se considera que su principal origen está en las filtraciones profundas que se dan cuando el sistema de riego mueve el nitrato del suelo. El riesgo es más alto cuando se practica el llamado riego por superficie y aspersión, en cambio es mínimo en el que se realiza localizado (Sierra, 2011, págs. 71-72).

2.2.6.9. Fosfatos

En el medio natural no se lo encuentra habitualmente, pero en aguas naturales y residuales pueden encontrarse orgánicamente unidos entre sí a los metafosfatos, pirofosfatos, ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos, en general la proporción de ortofosfato es la más elevada.

La presencia de fosfatos en el agua conlleva al desarrollo de algas, pues se considera al fósforo como un macronutriente fundamental para el crecimiento de las plantas, dando así lugar a la formación de algas en las aguas superficiales; cuando los valores de fosfato son elevados en el agua puede desarrollarse a eutrofización de las mismas.

Únicamente 1 gramo de fosfato-fósforo $PO_4 - P$ causa el desarrollo de hasta 100 g de algas; cuando las algas mueren, los procesos de descomposición dan como consecuencia una demanda de oxígeno de aproximadamente de 150 gramos.

Generalmente los compuestos de fosfato que se localizan en las aguas residuales o se derraman directamente a las aguas superficiales se originan de:

- Fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento
- Detergentes y productos de limpieza
- Excreciones humanas y animales (Bolaños et al., 2017, pág. 18).

2.2.6.10. Cloro y cloruros

El cloro elemental es elevadamente soluble en agua, además, es un gas de color amarillo verdoso. Cuando se disuelve en ausencia de sustancias nitrogenadas con la materia orgánica nitrogenada desarrolla cloraminas y otros productos que pueden intervenir, el cloro es rápidamente hidrolizado a ácido clorhídrico (HCl) y ácido hipocloroso ($HOCl$). En su momento el ácido clorhídrico se

disocia sin problemas a iones hidrógeno y cloruro, en cambio el ácido hipocloroso se disocia en iones hidrógeno y iones hipoclorito, ya que es un ácido débil.

Las porciones relativas: Cl_2 , $HOCl$, OCl^- , en equilibrio son las especies que conjuntamente se define como cloro libre disponible y están controladas por el pH, la fuerza iónica y la temperatura. El cloro que se encuentra en el agua después de algún tipo de tratamiento se lo define como cloro residual (Noval, 2017, pág. 5).

2.2.6.11. *Fluoruros*

El fluoruro está presente en el agua subterránea en forma natural y generalmente en zonas montañosas, donde su concentración es muy elevada, además es considerado como un agente eficaz por prevenir las caries dentales, si se encuentra en “cantidad óptima”. Pero lo “óptimo” del agua para consumo humano necesita de la nutrición del individuo que normalmente varía. El agua subterránea es una fuente importante de fluoruro, según las áreas geográficas naturales.

La OMS sugirió que, en poblaciones con un clima caluroso, la concentración del fluoruro adecuado en el agua de consumo debe estar por debajo de 1 mg/l, en cambio en los climas más fríos sube a 1.2 mg / litro (Otazua y Ayerdi, 2018, pág. 419)

2.2.6.12. *Hierro*

El hierro es considerado uno de los elementos más importantes dentro de las aguas subterráneas, ya que se lo encuentra en elevadas cantidades, actualmente no hay efectos de salud sabidos del hierro elevado en el agua potable. El alto contenido de hierro genera en el agua un olor, sabor y color indeseable, también provoca manchas rojizos-café en la ropa, porcelana, vasos, platos, utensilios, accesorios de plomería y concreto (Valencia, 2004, pág. 7).

Los depósitos de hierro se acumulan en las maquinarias para ablandar de agua, tubos de las cañerías, calentadores de agua y tanques de presión. Estos depósitos limitan el flujo del agua y disminuyen la presión del agua. Esto eleva los costos de la energía y agua, ya que se necesita más energía para bombear agua por medio de tubos cubiertos. Por otro parte es necesario saber que el hierro es el cuarto elemento más abundante en la Tierra, contenido en un 5%, entre los metales sólo el aluminio es más abundante (Valencia, 2004, pág. 12).

El agua contaminada con manganeso y hierro comúnmente contiene bacterias de manganeso o hierro. Estas bacterias se nutren de los minerales que existen en el agua. No provocan inconvenientes de salud, pero sí desarrolla en los tanques de los inodoros una baba rojiza-café por el hierro o café-negra por el manganeso y pueden taponar los sistemas de agua (Valencia, 2004, pág. 7).

2.2.6.13. *Metales*

El plomo, cadmio, mercurio y selenio se encuentran entre los metales más tóxicos del agua. Cuando se evidencia la existencia de estos metales en el agua, se deben tratar de forma inmediata, ya que la toxicidad que poseen es perjudicial para el ser humano; sin embargo, encontrar estos metales en el agua es poco común, pero existen casos donde su presencia provoca envenenamiento, problemas de salud, tumores, enfermedades en órganos vitales y cáncer (Pabón et al., 2020, pág. 9).

2.2.7. *Parámetros microbiológicos*

2.2.7.1. *Coliformes totales*

Los coliformes totales se denominan como bacilos Gram negativos, anaerobios o aerobios facultativos, no esporulados y pueden formarse en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos con características similares de inhibición del crecimiento, no poseen citocromo oxidasa y son aptos para fermentar la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35°C o 37°C, en un transcurso de 24 a 48 horas. Las bacterias coliformes generalmente se denominan "organismos indicadores" ya que indican la existencia de bacterias que provocan enfermedades en el agua. Al existir coliformes en el agua no asegura que ingerir el agua provoca alguna enfermedad. Normalmente su presencia muestra que existe contaminación entre una fuente de bacterias y el abastecimiento de agua (Abbas y Fayyad, 2008, págs. 196-197).

2.2.7.2. *Coliformes fecales*

Los coliformes fecales son también conocidos como termorresistentes y son bacterias anaeróbicas facultativas, gram negativas, no esporuladas, que logran fermentar la lactosa a $45.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$, en un tiempo aproximado de 24 horas, los coliformes fecales comprenden el género *Escherichia* y en menor grado especies en *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. Se encuentran en elevadas cantidades en las heces de los seres humanos y heces de animales de sangre caliente, su existencia

en los alimentos o en las aguas indica claramente qué existe contaminación fecal y peligro de transmisión de enfermedades infecciosas intestinales (Abbas y Fayyad, 2008, pág. 96).

2.2.7.3. Escherichia coli

Esta bacteria pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que conforma una parte de la microbiota normal del intestino del ser humano y los animales homeotermos, considerada la más abundante de las bacterias anaerobias facultativas intestinales. Se la encuentra diariamente con las heces y por sus características, es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados en este tiempo (Larreal et al., 2015, pág. 26).

2.2.8. Procesos de tratamiento para el agua potable

2.2.8.1. Filtración

La filtración se define como un proceso físico-mecánico que por objetivo tiene la separación de sustancias, en algunos casos en este proceso se presentan diferentes tipos y tamaños de partículas en suspensión en un fluido (Perez, 2012, pág. 2)

- Filtro lento

El objetivo de la filtración lenta se basa en el tratamiento de aguas con concentraciones bajas de sólidos en suspensión, decantación previa y sin coagulación. En este tipo de filtros el agua fluye muy despacio mediante un lecho de arena fina, donde quedan en la superficie del filtro las partículas de un tamaño mayor. De esta forma se desarrolla una capa biológica porosa muy delgada, pero con una gran superficie de contacto en sus poros, que beneficia a la adsorción de contaminantes (Perez, 2012, pág. 9).

- Filtro rápido

La filtración rápida se basa en el proceso donde el agua atraviesa el lecho filtrante a ciertas velocidades que oscilan de 4 a 50 m/h. En estas velocidades escasamente se forma biopelícula y los procesos biológicos serán escasos y, si existen, se va a tratar de disminuir o eliminarlos. Se pretende hacer funcionar todo el lecho del filtro. Los mecanismos de eliminación de partículas que van a predominar serán los físicos (Perez, 2012, pág. 11).

La ventaja de este tipo de filtros es que pueden lograr la eliminación de partículas coloidales que tienen difícil separación en filtraciones superficiales. Para que la filtración rápida sea correcta y eficiente, es necesario que las materias logren penetrar profundamente dentro del lecho y no bloquearlo en la superficie (Perez, 2012, pág. 12).

2.2.8.2. Aireación

El proceso de aireación del agua es un tratamiento que facilita la purificación del agua. Este proceso consiste en mezclar el agua con el aire al grado de eliminar los gases que se encuentran disueltos en el vital líquido. De igual forma, la existencia del oxígeno beneficia el desarrollo de bacterias no patógenas, las cuales no muestran un riesgo para la salud. Para tener un mejor entendimiento de cómo ocurre el proceso, es esencial decir que el agua es depositada en un tanque, posteriormente se le bombea aire hasta conseguir que el oxígeno circule de forma total en el interior del tanque y se mezcle con el agua (Romero, 1999, pág. 29).

De esta manera los gases disueltos se esfuman en el aire, pero antes de ello desarrollan bacterias que se nutren de la materia orgánica que se encuentran en el agua, lo cual significa la degradación de los contaminantes. Más adelante estas bacterias formarán un lodo activado, que al seguir mezclándose en el interior del tanque acelera el proceso de descomposición (Romero, 1999, pág. 30).

- Aireación por burbujas finas

Este método de aireación consiste en la instalación de un aireador de difusión de burbujas finas al final del tanque, el cual emite burbujas que suben a la superficie del agua generando oxígeno.

- Torres de aireación

En este método el proceso se basa en la utilización de una torre cilíndrica de hasta 5m de altura, generalmente son de metal y fibra de vidrio. En la parte interior posee piezas de cerámica y plástico. Este sistema provoca el arrastre de compuestos volátiles, la remoción de sustancias que producen olores y sabores, del mismo modo la disminución del CO₂ concentrado (Romero, 1999, pág. 35).

- Aireadores flotantes

En este método se destaca el agua viajando a presión por una tubería y el final del recorrido desemboca en un rocío fino. De esta forma se consigue oxidar el hierro y el manganeso,

volviéndose insolubles. Su objetivo principal es mitigar la presencia del dióxido de carbono, al igual que sustancias volátiles no compatibles con el agua.

- Aireación por cascada

Los aireadores en cascada inducen aire en un flujo de agua para lograr oxidar el hierro y disminuir los gases disueltos. La función que posee se basa en los aireadores en cascada, la aireación se consigue mediante unidades de tiro naturales que mezclan agua en cascada con aire que es normalmente inducido al flujo de agua (Romero, 1999, pág. 39).

2.2.8.3. *Desinfección*

En los tratamientos del agua, la desinfección es una de las fases principales, que se basa en la aplicación de cloro considerando dos etapas: precloración, efectuada antes de la fase de coagulación-floculación, y poscloración o desinfección final, que normalmente suele ser la etapa final del tratamiento (Arboleda, 2000, pág. 636).

- Desinfección física

Desinfección por ebullición:

El hervor es una forma típica de desinfección que se emplea a nivel domiciliario, es un método verificado para la inactivación o muerte de microorganismos patógenos, realizada a temperaturas de agua entre 90° y 100°C, en un tiempo de exposición a la llama de 3 a 7 minutos, en tanto el agua ebulle, con esta técnica se asegura la inactivación de microorganismos en un elevado porcentaje, sin embargo, para que el agua tratada pueda aprovecharse hay que preservarla de una contaminación nueva. Si es necesario el almacenamiento del agua hervida en otro recipiente casero, es necesario que éste sea desinfectado previamente antes de transferir el agua (MDG, 2010, pág. 16).

La desinfección solar:

Para este proceso de desinfección se utiliza la radiación solar para lograr inactivar y eliminar a los patógenos que se encuentran presentes en el agua. El tratamiento se basa en llenar recipientes transparentes de agua y exponerlos a plena luz solar por unas cinco horas. En este procedimiento la desinfección sucede por una combinación de radiación y tratamiento térmico y requiere agua relativamente clara. El agua desinfectada por este método debe consumirse directamente del

envase expuesto al sol o transvasarse a un vaso limpio para evitar nuevamente la contaminación (MDG, 2010, pág. 19).

- Desinfección química

Cloración:

La desinfección con cloro es el método más utilizado del agua potable. Al dosificar unos pocos miligramos por litro y al transcurrir unos 30 minutos de contacto, el cloro libre consigue inactivar a más del 99,99 % de las bacterias y los virus entéricos, siempre y cuando el agua sea transparente

El ácido hipocloroso es un desinfectante ampliamente más eficiente que el ion hipoclorito y el cloro libre, incluso como el hipoclorito, es más eficaz que el cloro combinado, las directrices aconsejan que desinfección se ejecute a un pH menor a 8 y en una concentración de cloro libre $\geq 0,5$ mg/L (Arboleda, 2000, pág. 644).

Criterios necesarios para la dosificación:

- Cantidad de personas que ocupan el agua
- La calidad del agua a desinfectar
- Concentración del cloro
- Magnitud de las redes de distribución (Arboleda, 2000, pág. 644).

Ozonificación:

El ozono asegura una desinfección inmediata pero no genera un residual adecuado como lo realiza el cloro, ya que se descompone muy rápido después de ser accionado, en otras palabras, el agua queda expuesta a una nueva contaminación. Para emplear el sistema de ozonificación es preciso que sea constante y que disponga de conductos que aseguren que no haya ningún tipo de filtración, que sea un sistema cerrado, a presión que garantice que no exista fugas, situación que se encuentra lejana a la realidad de las familias que no tiene entrada a por acueductos corrientes de agua potable (Arboleda, 2000, pág. 674).

2.2.9. Lechos o medios filtrantes

2.2.9.1. Carbón

El carbón está definido como una masa estratificada compacta de materia vegetal, su descomposición se da por diversos pasos de perfección y se ha combinado en sus propiedades químicas y físicas como consecuencia de acción geológica. Los restos de los vegetales pasarán por un proceso de degradación al elevar la presión y temperatura. Estos cambios abarcan complejas alteraciones en los compuestos que desarrollan la estructura de las plantas para formar el carbón, con desprendimiento de metano y bióxido de carbono. En los cambios físicos se incluye el oscurecimiento en el color, aumento en la dureza, solidez en la consistencia mineral y cambio en la fractura (Secretaría de Minería, 2017, pág. 5).

2.2.9.2. Carbón activado

La definición de “carbón activado” hace referencia a carbones con elevada porosidad originados a partir de elementos ricos en carbono, a través de distintas formas de activación química o física. La obtención de carbones activados en base a material lignocelulósico es generalmente utilizada en la industria química ya que presenta un bajo costo y a la abundancia de este tipo de materiales en la naturaleza. El procedimiento de activación de carbón activado es muy importante porque permite obtener carbón con porosidad variada ya que eso depende exclusivamente de las condiciones de preparación, como temperatura y tiempo de activación. En la preparación del carbón activado en primer lugar el material es carbonizado, para luego ser sometido a un proceso de activación, lo que lleva a incrementar la porosidad y la capacidad de adsorción del material calcinado, a través de tratamientos de oxidación de los grupos funcionales de la superficie del sólido (Carrasco & Londa, 2018, pág. 31).

2.2.9.3. Grava

La grava o como comúnmente se la conoce “gravilla” es un excelente lecho filtrante para la retención de partículas de gran tamaño. El tamaño que poseen las hacen muy útiles para la retención de partículas y objetos, que normalmente saturarían otro tipo de lecho filtrante (Arboleda, 2000, pág. 444).

2.2.9.4. Arena sílice

La arena sílice es un compuesto que se origina de la combinación de sílice con el oxígeno. Su composición química está dada por un átomo de sílice y dos átomos de oxígeno, desarrollando

una molécula muy estable: SiO_2 . Las arenas son utilizadas generalmente como lecho filtrante para depuración y potabilización de las aguas ya que logran la retención de los flósculos de tamaños pequeños que no son separados por decantación (Secretaría de Minería, 2014, pág. 5).

2.2.9.5. Carbón a base de cáscara de coco

Este tipo de carbón elaborado a base de la cáscara de coco y se utiliza como un potente filtro ya que posee propiedades muy absorbentes. Considerada como una alternativa perfecta al carbón de madera en definición de calidad, potencia y respeto al medio ambiente. Es utilizado como filtro de aire y agua, ya que sirve para filtrar elementos como el aire de toxinas, el agua y gases tóxicos (Carrasco y Londa, 2018, pág. 114).

2.2.10. Normativas para medir el agua en el Ecuador

En la ilustración 1-2 se detallan los requisitos físico-químicos necesarios del agua potable que debe cumplir según la norma INEN 1108:2006.

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ²¹⁰ Po, ²²⁴ Ra, ²²⁶ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁸ Ra		

Ilustración 2-1: Requisitos fisicoquímicos del agua potable

Fuente: (INEN, 2014, pág. 2).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

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

Ilustración 2-2: Requisitos Microbiológicos del agua potable

Fuente: (INEN, 2014, pág. 4).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

2.2.11. Purificación del agua

La contaminación por impurezas disueltas y suspendidas en el agua provocan que sea inadecuada para diversos procesos, existen diferentes métodos para la extracción de materias indeseables, orgánicas e inorgánicas que se extraen por distintos métodos, por ejemplo la criba y la sedimentación que tienen el objetivo de eliminar los materiales suspendidos, un método diferente es el tratamiento con compuestos como el carbón activado, que se encarga de la eliminación de los sabores y olores desagradables, existe también la purificación del agua por medio de filtración, o la cloración irradiación, que tiene la finalidad de matar los microorganismos infeccioso (Romero, 1999, pág. 15).

El método de saturación o ventilación del agua con el aire, consiste en hacer entrar el agua en contacto directo con el aire de manera que se produzca una elevada difusión, este proceso se da comúnmente en fuentes esparciendo el agua en el aire. El propósito de la ventilación es eliminar los olores y sabores ocasionados por la descomposición de la materia orgánica y también los desechos industriales como los fenoles y gases volátiles como el cloro (Romero, 1999, pág. 21).

De igual forma transforma los compuestos de magnesio y hierro disueltos en oxígenos hidratados insolubles, que después son extraídos con facilidad, a causa de sales de calcio y magnesio se produce la dureza de las aguas naturales y en menor cantidad el aluminio, hierro y otros metales. Existe también dureza temporal, está es debido a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio y se la puede eliminar por ebullición, que a su vez esteriliza el agua (Romero, 1999, pág. 20).

2.2.12. Importancia de la calidad del agua para el consumo humano

En las guías para la calidad del agua potable de la OMS (Organización Mundial de la Salud) definen al agua de consumo como el recurso hídrico adecuado para el consumo humano y para todo su uso doméstico habitual, incluyendo la higiene personal. Al ser considerada apta para el consumo humano, está implícito que el uso del agua no debería mostrar ningún riesgo de enfermedad para los que la consuman.

Desde hace mucho tiempo el agua es reconocida como un medio de transporte de enfermedades, existen enfermedades prevalentes en los países en desarrollo donde es muy deficiente el saneamiento y el abastecimiento del agua. Los microorganismos provocan enfermedades ligeras y graves como es la gastroenteritis y enfermedades de carácter epidémico, sin embargo, la calidad del agua no es suficiente para asegurar ventajas a la salud humana; es indispensable que se satisfagan tres aspectos: continuidad, costo razonable y cantidad, además de las responsabilidades del abastecedor y del consumidor, ya que deben adoptar conocimiento sobre el uso correcto del agua, de la apropiada nutrición e higiene de los alimentos, así como de la adecuada disposición de excrementos. Cuando el agua es considerada apta para el consumo humano ingresa a un sistema de distribución, pero puede llegar a contaminarse antes de llegar al consumidor, esta contaminación puede aparecer por tuberías rotas, conexiones cruzadas, reservorios defectuosos y retrosfonaje; y durante la reconstrucción o construcción de tuberías con pocas medidas de seguridad (Pouleurs, 1996, pág. 57).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

La parroquia Calpi, una de las 11 comunidades rurales del cantón Riobamba, está constituida de 18 comunidades entre ellas Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi.

- *Jatari Campesino*

Es una comunidad perteneciente a la parroquia rural Calpi, la cual está conformada actualmente de 73 familias.

Tabla 3-1: Localización de la comunidad Jatari Campesino

Parámetro	Descriptivo
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Calpi
Comunidad	Jatari Campesino
Longitud	-78,75496° o 78° 45' 18"
Latitud	-1,58026° o 1° 34' 49"

Fuente: (Google Maps, 2023).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

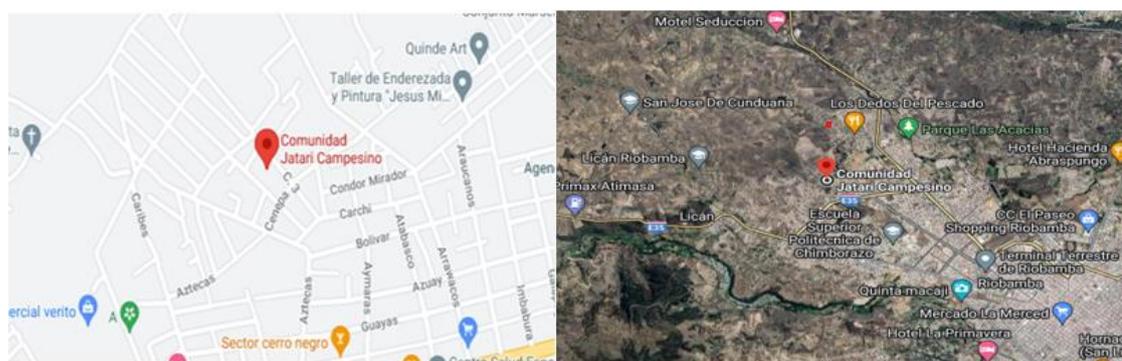


Ilustración 3-1: Ubicación geográfica de la comunidad Jatari Campesino

Fuente: (Google Maps, 2023).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

- **Nitiluisa**

La comunidad Nitiluisa se encuentra ubicada en la Parroquia Calpi, Cantón Riobamba y aproximadamente habitan 360 familias.

Tabla 3-2: Localización de la comunidad de Nitiluisa

Parámetro	Descriptivo
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Calpi
Comunidad	Nitiluisa
Longitud	-78.764506
Latitud	-1.589018

Fuente: (Google Maps, 2023).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

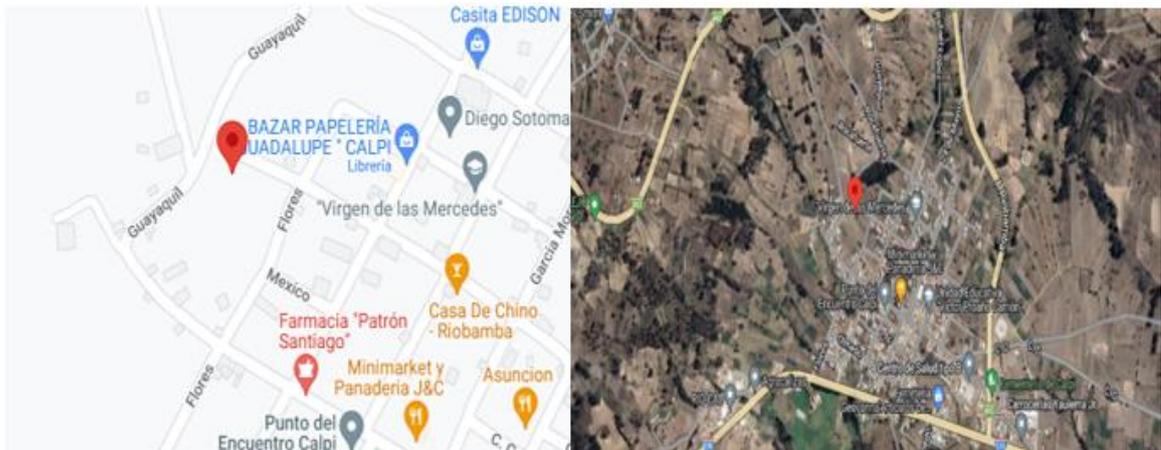


Ilustración 2-3: Ubicación geográfica de la comunidad de Nitiluisa

Fuente: (Google Maps, 2023)

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

- **San Vicente de Luisa**

La comunidad de San Vicente de Luisa está conformada por al menos 59 familias y 179 personas en los 3 sectores que componen la comunidad.

Tabla 3-3: Localización de la comunidad San Vicente de Luisa

Parámetro	Descriptivo
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Calpi
Comunidad	San Vicente de Luisa
Longitud	-78.7534887,783
Latitud	-1.5947193

Fuente: (Google Maps, 2023).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

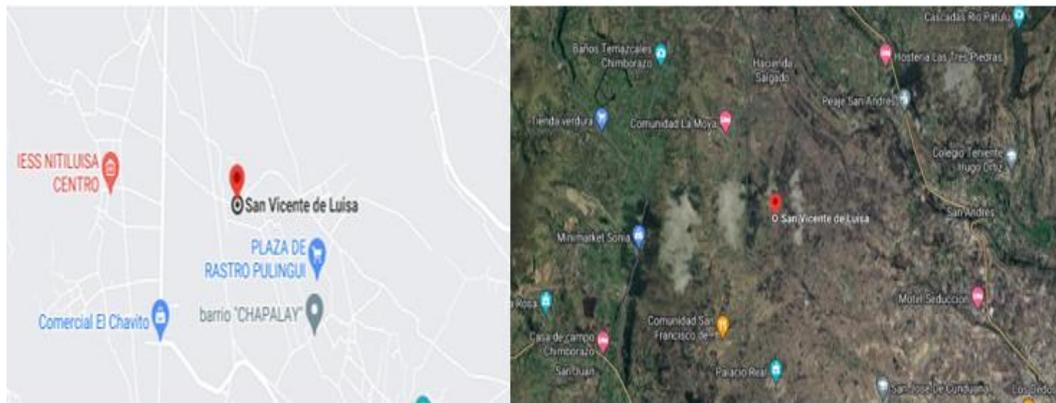


Ilustración 3-3: Ubicación geográfica de la comunidad San Vicente de Luisa

Fuente: (Google Maps, 2023).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

- **San José de Gaushi**

Tabla 3-4: Localización de la comunidad San José de Gaushi

Parámetro	Descriptivo
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Calpi
Comunidad	San José de Gaushi
Longitud	-78.7336908,1567
Latitud	-1.6082471

Fuente:(Google Maps, 2023)

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.



Ilustración 3-4: Ubicación geográfica de la comunidad San José de Gaushi

Fuente: (Google Maps, 2023).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.2. Diagnóstico

El agua que se utiliza para consumo en las comunidades Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi de la parroquia Calpi del cantón Riobamba, como lo indican los encargados de este recurso de cada comunidad, proviene generalmente de vertientes subterráneas, las mismas que están ubicadas a kilómetros de las comunidades a las que se reparte, dichas comunidades no cuentan con ningún tipo de tratamiento.

- Jatari Campesino

Esta comunidad cuenta con un tanque de captación a donde llega el agua de tres vertientes y por medio de tuberías es transportada hacia el tanque de distribución, el mismo que se encarga de repartir este recurso a la toda la comunidad. No realiza ningún tipo de tratamiento previo a su consumo.



Ilustración 3-5: Tanque construido para la vertiente.

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

- San Vicente de Luisa y San José de Gaushi

Son comunidades vecinas que comparten la misma vertiente y el mismo tanque de captación, este tanque de captación, a través de tuberías dirige el agua al tanque reservorio de cada una de las comunidades para su respectiva distribución.



Ilustración 3-6: Tanque de distribución de
San José de Gaushi

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

- Nitiluisa

Es la comunidad más grande la parroquia de Calpi y está dividida en tres barrios Central, Corona Real y Rumipamba. Cuenta con una vertiente y un tanque de captación el cual por medio de tuberías dirige el agua al tanque de distribución de cada barrio.



Ilustración 3-7: Tanque de distribución de Nitulisa

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.3. Procedimiento para la toma de muestras

3.3.1. Selección de los puntos de toma de muestras

Para la selección de los puntos de toma de muestras se realizó un recorrido y reconocimiento de las zonas de las comunidades seleccionadas, para determinar aleatoriamente los diferentes puntos que van desde la vertiente hasta la última casa de cada comunidad; de esta forma el estudio y la evaluación es representativo sobre la calidad de agua de consumo que es dirigida a las comunidades.



Ilustración 3-8: Tanque de distribución

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.3.2. Precauciones de seguridad

Se tomó la muestra utilizando guantes durante todo el muestreo, además de la ropa adecuada para las condiciones en el área de muestreo y se contó con los materiales y equipos adecuados para la toma de muestras.

3.3.3. Materiales y equipos para el muestreo

- Paquetes de hielo
- Guantes de nitrilo
- Cooler
- Marcador
- Envases de polietileno de 1000 ml para la recolección de muestras para análisis fisicoquímicos.
- Envases esterilizados de 150 ml para la recolección de muestras para análisis microbiológicos.
- Mandil
- Mascarilla

3.3.4. Muestreo

El muestreo en las comunidades seleccionadas se llevó a cabo mediante la selección de los puntos aleatorios de cada comunidad en un periodo de 5 meses. El total de muestras obtenidas fue de 18.

3.3.5. Toma de muestras

3.3.5.1. Consideraciones generales

- Captación

Se removió cualquier tipo de maleza, desechos o contaminantes ubicados alrededor de la rejilla, malla o canastilla de salida.

- Reservorios y cisternas

Se removieron los desechos o residuos que se encontraban en la tapa con ayuda de una franela y una escobilla, posteriormente se levantó la tapa del reservorio cuidadosamente para evitarla caída de algún tipo de residuo en el interior.

- Grifos o caños

Se removió cualquier pieza que no corresponda al grifo y se verificó que no exista ningún tipo de fuga, de ser el caso se debe tapar esas fugas o seleccionar otro punto de muestreo.

Se limpió y desinfectó el grifo con algodón y alcohol (70%) en la parte interior y exterior antes de realizar la toma de muestras.

Se abrió la llave y se dejó que el agua fluya alrededor de 3 o 4 minutos, antes de tomar la muestra para que se descargue el agua que ha estado almacenada.



Ilustración 3-9: Limpieza del área de toma de muestras

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.3.5.2. Consideraciones para la toma de muestras

El muestreo se realizó cuidadosamente evitando la contaminación del envase, el agua se recogió y se agitó hasta que se homogenice, luego se desechó y repitió esta actividad de dos a tres veces, para finalmente tomar la muestra correspondiente en el envase de 1L.

3.3.5.3. Consideraciones para la toma de muestras microbiológicas

Se abrió cuidadosamente el envase esterilizado para no contaminarlo y se procedió a tomar la muestra en el menor tiempo posible, dejando un espacio libre de aproximadamente el 10% del

volumen del envase, mismo que se requiere para la agitación de la muestra antes de realizar los análisis.

3.3.5.4. Manejo de muestras

Las muestras tomadas se colocaron en un cooler con varios paquetes de hielo para transportarlos al laboratorio de preferencia a una temperatura entre 4 y 10°C, evitando que se congelen.



Ilustración 3-10: Muestreo

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.4. Caracterización de las muestras del agua de consumo

Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de varias muestras de agua de cada una de las comunidades en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a cargo de la Dra. Gina Álvarez, y se determinaron los parámetros que no cumplen con la Norma INEN 1108:2006 “Agua Potable, Requisitos” y de acuerdo a los resultados que se obtuvieron de la caracterización se buscó el tratamiento correspondiente para cada caso.

Entre los parámetros que se analizaron en el laboratorio están: Color, pH, conductividad, turbiedad, cloruros, dureza, alcalinidad, nitritos, nitratos, hierro, fluoruros, fosfatos, sólidos totales disueltos, sólidos en suspensión, arsénico, plomo, cadmio, selenio, mercurio; además de los análisis microbiológicos de coliformes totales y coliformes fecales.

La técnica que se utilizó para el análisis de cada parámetro de las muestras tomadas se lo hizo según el Manual de Procedimientos Analíticos para Aguas y Efluentes (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).



Ilustración 3-11: Realización de los análisis fisicoquímicos

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.4.1. Análisis fisicoquímicos

En la Tabla 5-3 se muestra el procedimiento que se realizó para la determinación de los análisis fisicoquímicos de cada una de las muestras del agua de consumo tomadas de las comunidades mencionadas.

Tabla 3-5: Análisis físicoquímicos del agua de consumo

DETERMINACIÓN	MÉTODO /EQUIPO	PROCEDIMIENTO
pH, sólidos disueltos y conductividad	Consort C562.	Agitar la muestra para homogeneizarla, introducir electrodos en la solución preparada, según el caso escoja conductividad (S/cm), pH, o sólidos disueltos (TDS) pulsando MODE. Cuando el valor se encuentre estable tome nota de las mediciones correctas. Al finalizar el procedimiento limpie correctamente el equipo.
Color	HACH DR2800	Después de seleccionar programas almacenados escoger la opción test: 125 Color 465nm. Colocar 10 mL de agua destilada en celda, seleccionar en la pantalla “Cero”. Colocar 10 ml de la muestra en los tubos hach. Una vez en el equipo transferir la muestra del tubo hach a la celda, limpiar su exterior y seleccionar en la pantalla “Medición”. Tomar nota de la medición.

Turbiedad	HACH DR2800	Colocar en la celda la muestra hasta la marca correspondiente. Colocar la celda dentro de la porta celdas y cerrar el equipo. Tomar nota de la medición que muestra el equipo dado en NTU.
Dureza	EDTA (0.02M).	En un Erlenmeyer colocar 25 ml de muestra. Adicionar a la muestra 1ml KCN + 2 ml buffer pH 10 y una pizca del indicador Negro de Eriocromo. Titular en EDTA (0.02M) hasta que la muestra tome un color de rojo a azul.
Conductividad	Espectrofotómetro	Calibrar el equipo con las muestras patrón. Limpiar correctamente la celda de medición. Colocar en el equipo para la medición respectiva de la muestra. Tomar nota del valor medido.
Sólidos en suspensión	HACH DR2800.	Colocar 10 mL de agua destilada en celda, limpiar el exterior y seleccionar en la pantalla “Cero”. Colocar 10 ml de la muestra en los tubos hach. Una vez en el equipo transferir la muestra del tubo hach a la celda y limpiar su exterior y seleccionar en la pantalla “Medición”. Tomar nota de la medición que arroja el equipo dado.
Hierro	HACH DR2800.	Se utiliza un blanco de 10 mL, se programa en el espectrofotómetro para el análisis de hierro, se toma 10 mL de muestra y se coloca el reactivo, se cubre con parafilm, se agita y se deja reposar por 2 minutos y finalmente se encera con el blanco y se mide.
Fosfatos	HACH DR2800	Se utiliza un blanco de 10 mL, se programa en el espectrofotómetro para el análisis de fosfatos, se toma 10 mL de muestra y se coloca el reactivo, se cubre con parafilm, se agita y se deja reposar por 2 minutos y finalmente se encera con el blanco y se mide.
Fluoruros	HACH DR2800	En el equipo HACH DR2800, seleccionar el test: 190 Fluoruros. Preparar el blanco y las muestras: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda y también 10 mL de la muestra en una celda, añadir 2 mL del reactivo SPADNS. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar Ok. Esperar durante el período de reacción, 1 minuto, después de ese tiempo, seleccionar Cero hasta observar 0,00 mg/L, seguir el mismo procedimiento con la muestra, pero ahora colocar en la pantalla medición y medir.
Cloruros	Volumétrico	A 25mL de muestra, agregar 4 gotas de cromato de potasio. Titular con AgNO ₃ 0,01N. Cambia de amarillo a amarillo-anaranjado
Nitratos	HACH DR2800	En el equipo HACH DR2800, seleccionar el test: 351 N Nitrato RB. Preparar la muestra: Colocar 10 mL de la muestra en una celda. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de NitraVer 5 en polvo. Pulsar en la pantalla el símbolo de temporizador y realizar el procedimiento indicado. Agitar con rotación durante tres minutos, reposo por dos minutos, agitación por 30 segundos y finalmente reposo por 15 minutos. Para el blanco: Colocar 10 mL de agua destilada en una celda. Seleccionar en la pantalla: Cero. Se observa la medición 0,00 mg/L, este procedimiento con la muestra, seleccionar en la pantalla: Medición. Tomar la lectura que indica el equipo, dado en mg/L.

Nitritos	HACH DR2800	En el equipo seleccionar el test: 375 N Nitrito RB AV. Preparar la muestra: Colocar 10 mL de la muestra en una celda. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de Nitriver en polvo. Agitar con rotación. Si existen nitritos en la muestra, la solución tomará un color ámbar. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar Ok. Esperar 20 minutos hasta que se dé la reacción. Preparar el blanco colocar 10 mL de agua destilada en una celda. Seleccionar en la pantalla: Cero. Se observa la medición 0,00 mg/L, seguir el procedimiento con la muestra, pero ahora presionar medición y medir.
Alcalinidad	Volumétrico	Colocar 25 mL de muestra, luego agregar 2 gotas de fenolftaleína (rosado), titular con H ₂ SO ₄ hasta incoloro (pH = 6,1) + 3 gotas de naranja de metilo, titular con H ₂ SO ₄ de naranja rosado (pH = 8).
Plomo, cadmio, arsénico, selenio y	Fotómetro de llama	Preparar la muestra de agua a analizar (digestar)

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.4.2. Análisis microbiológicos

En la Tabla 3-6 se muestra el procedimiento que se realizó para la determinación de los análisis microbiológicos de cada una de las muestras del agua de consumo tomadas de las comunidades mencionadas

Tabla 3-6: Análisis microbiológicos del agua de consumo

Parámetro	Método	Procedimiento
Coliformes fecales Coliformes totales	UFC	Este método consiste en: Pasar una muestra de agua a través de un filtro de membrana (0,45µ tamaño de poro y 47 mm de diámetro). Transferir el filtro con las bacterias atrapadas a la superficie de un medio sólido (con agar) o a un soporte absorbente, conteniendo el medio líquido deseado (sin agar). El uso del medio apropiado permite la detección rápida de los Coliformes fecales y totales.

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.5. Metodología para las pruebas de tratabilidad

Una vez que se realizó la caracterización del agua de consumo de las comunidades de la parroquia Calpi, y al encontrarse parámetros fuera de los límites de la norma NTE INEN 1108:2006 “Agua Potable, Requisitos”, se realizaron las pruebas de tratabilidad en el Laboratorio de Aguas de la

Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En dependencia de la calidad del agua de las comunidades Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi, se encontró el tratamiento más factible.

Tabla 3-7: Pruebas de tratabilidad para disminuir fosfatos

TRATAMIENTO	MÉTODO/EQUIPO	PROCEDIMIENTO
Filtración	<ul style="list-style-type: none"> • Carbón normal • Carbón activado granular • Fibra de coco 	Elaborar un filtro a nivel de laboratorio, para con distintos medios filtrantes, filtrar la muestra de agua.
Aireación	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de aire 	En la muestra de agua de 1L colocar una bomba de aire durante 24h para el proceso de aireación.
Filtración + Aireación	<ul style="list-style-type: none"> • Carbón activado • Bomba de aire 	Una vez realizada la filtración por el filtro lento de carbón activado dejar la muestra con la bomba de aire para realizar posteriormente su análisis.

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En la Tabla 3-7 se observan las distintas pruebas realizadas a nivel de laboratorio para conseguir erradicar o disminuir fosfatos de las muestras de agua.

3.5.1. *Tratamientos para la desinfección del agua*

Tabla 3-8: Desinfección del agua

PARÁMETROS	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	NORNA INEN 1108:2006
Volumen de agua 1 L	1	1	----
Concentración %	6	6	----
Volumen de hipoclorito utilizado mL	0,12	0,10	----
Cloro residual mg/L	1,9	1,5	0,3 a 1,5

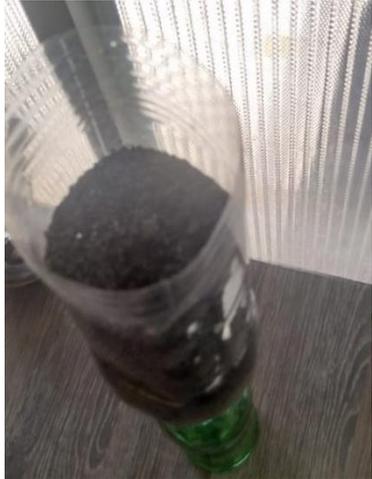
Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

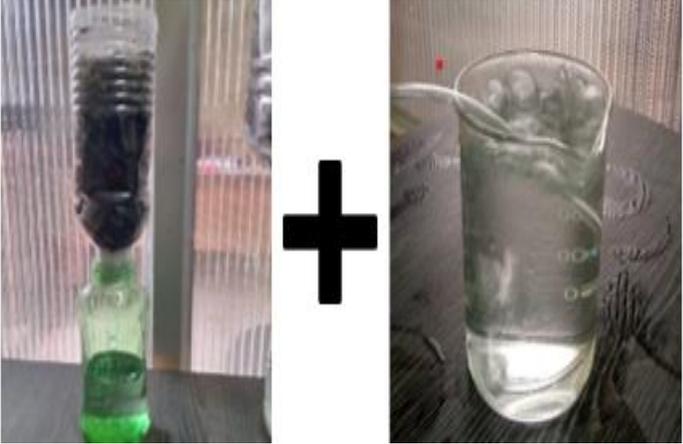


Ilustración 3-12: Desinfección del agua

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Tabla 3-9: Tratamientos para disminuir fosfatos

TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
FILTRO LENTO	FILTRO RÁPIDO	FILTRACIÓN CON CARBÓN ACTIVADO
<ul style="list-style-type: none"> • Grava • Carbón (picado en trozos pequeños) 	<ul style="list-style-type: none"> • Grava • Carbón (picado en trozos grandes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Grava • Carbón activado
<p style="text-align: center;">Características</p> <ul style="list-style-type: none"> — Sistema sencillo, limpio — Bajo costo de operación y mantenimiento — 100% natural — Compostable al final de su uso — Muy eficiente 	<p style="text-align: center;">Características</p> <ul style="list-style-type: none"> — 100% natural — Elimina impurezas y contaminantes como materia orgánica, gases y partículas más pequeñas. 	<p style="text-align: center;">Características</p> <ul style="list-style-type: none"> — Interactúa y atrapa toxinas, bacterias, químicos, hongos e impurezas contenidas en el agua
		

TRATAMIENTO 4	TRATAMIENTO 5	TRATAMIENTO 6
FILTRACIÓN CON CÁSCARA DE COCO	AIREACIÓN	FILTRACIÓN+AIREACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Grava • Cáscara de coco 	<ul style="list-style-type: none"> • Aireación por 24 h (1 día) 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro lento • Aireación 24 h
<p style="text-align: center;">Características</p> <ul style="list-style-type: none"> — Es un muy buen adsorbente — Gran capacidad de atraer a todo tipo de contaminantes — Bajo costo de operación — 100% natural 	<p style="text-align: center;">Características</p> <ul style="list-style-type: none"> — Elimina olores y sabores producidos por gases — Elimina los gases que se encuentran disueltos — Favorece el desarrollo de bacterias no patógenas. — Muy eficiente 	<p style="text-align: center;">Características</p> <ul style="list-style-type: none"> — Degradación de los contaminantes. — Muy eficiente — Elimina olores y sabores producidos por gases — Elimina los gases que se encuentran disueltos
		

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En la Tabla 8-3 se muestran las distintas pruebas de tratabilidad que se realizó para disminuir el exceso de fosfatos en el agua de consumo de las comunidades que incumplieron con el parámetro establecido por la Norma INEN 1108:2006.

3.6. Caracterización fisicoquímica del agua tratada

3.6.1. Análisis fisicoquímicos

La caracterización fisicoquímica del agua tratada de cada una de las comunidades se llevó a cabo en el laboratorio antes mencionado, este proceso se realizó únicamente a los parámetros que no cumplieran con los valores de la Norma, para la determinación de fosfatos se realizó mediante el equipo de HACH DR2800.

3.6.2. Análisis microbiológicos

Al nivel de laboratorio se trabajó con 1 L de agua por cada prueba y se utilizó hipoclorito de sodio comercial. Los parámetros que se tomaron en cuenta para dosificar la cantidad adecuada de hipoclorito de sodio fue su concentración del 6%, el volumen del agua, la carga microbiológica presente en la muestra de agua y para evidenciar su efectividad fue necesario realizar la medición de cloro residual y finalmente una vez establecida la dosificación correcta se realizó una prueba microbiológica para constatar la eliminación en este caso de Coliformes fecales.

3.7. Diseño de la torre de aireación

Con base en los resultados obtenidos se optó por realizar el diseño de una torre de aireación con lo que se consiguió remover los fosfatos; así como también contrarrestar el proceso de formación de algas, consecuencia propia de un agua con fosfatos. Con la oxigenación del agua se evita el crecimiento de algas y por tanto la eutrofización del agua.

3.7.1. Cálculos de ingeniería

Para el diseño de la torre de aireación se trabajó con una proyección de la población y el caudal de diseño, lo que permitió determinar las dimensiones de la torre de aireación.

3.7.1.1. Cálculo de la proyección de población

Según datos del GAD Parroquial de Calpi, las comunidades de Jatari Campesino, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi Nitiluisa cuentan aproximadamente con un total de 292, 179, 201 y 1080 habitantes, respectivamente.

Para realizar el cálculo de la población futura se efectuó un promedio de las 4 comunidades dándonos un valor de 438 habitantes; adicional a ello se toma en consideración que la tasa de crecimiento de crecimiento poblacional en Ecuador para el año 2021 es de 1,2. El periodo de diseño será para 10 años.

La ecuación que se utilizó es la siguiente:

$$P_f = P_a \left[1 + \left(\frac{r}{100} \right) \right]^t$$

Donde:

P_a : Población actual (2023) = 438 hab.

r : Tasa crecimiento anual = 1,2%.

t : número de años que se va proyectar la población = 10 años.

$$P_f = 438(1 + 0,012)^{10}$$

$$P_{f2033} = 493 \text{ habitantes}$$

3.7.2. Cálculo de dotaciones

3.7.2.1. Cálculo de dotación básica

Para conocer el cálculo de la dotación básica de agua por habitante al día se realizó la medición del caudal en los domicilios aplicando el método volumétrico dando un promedio de 0,25 Ls^{-1} .

La dotación se calculó mediante la ecuación:

$$D_B = \frac{V_{agua\ c}}{P_a}$$

Dónde:

$V_{\text{agua c}}$: Volumen de agua consumida calculado en base al caudal = 30660 L/día

P_a : Población actual = 438 habitantes.

$$D_B = \frac{30660 \text{ L/día}}{438 \text{ hab}}$$

$$D_B = 70 \frac{\text{l}}{\text{hab} \times \text{día}}$$

3.7.2.2. Cálculo de la dotación media futura

$$D_{MF} = f_m \times D_B$$

Donde:

D_{MF} : Dotación futura, (L/hab × día).

f_m : Factor de Mayorización (1,18 tomado de la tabla).

D_B : Dotación Básica, (L/hab × día).

$$D_{MF} = 1,18 \times 70$$

$$D_{MF} = 82 \frac{\text{l}}{\text{hab} \times \text{día}}$$

3.7.3. Cálculo de gastos

3.7.3.1. Cálculo de gasto medio diario

$$Q_{md} = \frac{P_f \times D_{MF}}{86400}$$

Donde:

P_f 2030: Población futura = 493 hab.

D_{MF} : Dotación futura: 82 L/ (hab × día)

$$Q_{md} = \frac{493 \text{ hab} \times 82 \frac{\text{L}}{\text{hab} \times \text{día}}}{86400 \frac{\text{s}}{\text{día}}}$$

$$Q_{md} = 0,46 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.7.3.2. Cálculo de gasto máximo diario

$$Q_{Md} = k_1 \times Q_{md}$$

Donde:

Q_{Md} : Gasto máximo diario, (L/s).

k_1 : Coeficiente de variación diaria, adimensional

Q_{md} : Gasto medio diario, (L/s).

$$Q_{Md} = 1,3 \times 0,46 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_{Md} = 0,59 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.7.4. Cálculo del caudal de diseño

Para el caudal de diseño se tomó en cuenta un factor de seguridad de 1,5 y se calculó mediante la siguiente ecuación

$$Q_D = 1,5 \times Q_{Md}$$

Donde:

Q_{Md} : Gasto máximo diario, (L/s).

Q_D : Caudal de diseño, (L/s).

$$Q_D = 1,5 \times 0,59 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_D = 0,88 \frac{L}{s}$$

3.7.5. Diseño de la torre de aireación

3.7.5.1. Cálculo de área total del aireador

Para calcular el área total del aireador se tomó en cuenta el caudal de diseño calculado anteriormente y se realizó mediante la siguiente ecuación.

$$A_T = \frac{Q_D}{C}$$

Donde:

A_T = Área total del aireador (m^2)

Q_D = Caudal de diseño ($m^3/día$)

C = Carga hidráulica ($m^3/día * m^2$)

$$A_T = \frac{76,03m^3/día}{10 m^3/día * m^2}$$

$$A_T = 7,60 m^2$$

A continuación, se muestra los parámetros que se requieren para el diseño de una torre de aireación.

Tabla 3-10: Parámetro para el diseño de una torre de aireación

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Carga hidráulica para caudales pequeños	9-10	$m^3/día * m^2$
Número de bandejas	3-9	----
Altura total del aireados	2-2.5	m
Espesor de lecho (coque o piedra)	15-30	cm
Profundidad del agua	15-30	cm
Diámetro de los orificios	1-1.2	cm
Separación de los orificios	2.5-5	cm
Separación entre bandejas	30-75	cm

Fuente: (Romero, 1999, pág. 37).

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.7.5.2. Dimensiones de cada bandeja

- **Área de cada bandeja**

La forma establecida de las bandejas de la torre de aireación fue cuadrada con una dimensión de 1m cada lado; estos valores son los ya establecidos para el diseño de bandejas de aireación para tratamiento de agua potable.

Tomando en cuenta la forma cuadrada de la bandeja se calculó el área, considerando la ecuación para el área de un cuadrado mostrado a continuación:

$$A_I = l \times l$$

Donde:

A_I : Área de aireación, (m²).

l : lado de la bandeja, (m).

$$A_I = (1 \times 1)m^2$$

$$A_I = 1 \text{ m}^2$$

- **Número de bandejas requerida**

El número de bandejas recomendado es de 3 – 9 unidades de acuerdo con la Tabla 30-4 y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N_B = \frac{A_T}{A_I}$$

Donde:

A_T : Área total de aireación, (m²).

A_I : Área de cada unidad de aireación, (m²).

N_B : Número de bandejas o unidades de aireación requerida, (adimensional).

$$N_B = \frac{7 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$N_B = 7$ bandejas

En función de la ecuación se estimó que la torre de aireación debería tener 7 bandejas; en tal virtud se diseñó dos torres de aireación cada una con 3 bandejas ya que este diseño se realizó en base a un promedio de habitantes de las cuatro comunidades.

La altura de las torres sería de 2m cada una.

La altura de cada bandeja sería de 0,2m.

La separación entre el inicio de cada bandeja sería de 0,6m.

Cada bandeja contendría coque (carbón activado) de un espesor de 0,15m y un diámetro de 0,05m.

Las bandejas serían de acero inoxidable, con perforaciones cuyo diámetro, según especificaciones técnicas citadas en la Tabla 4-28, sería de 0,01m y una separación de 2,5 cm

- **Tiempo de exposición**

El tiempo de exposición que habría entre el agua y con un medio de contacto se consigue a partir de la ecuación siguiente, tomando en cuenta que la altura del aireador es de 2m, de acuerdo a la Tabla 30-4 y está conformada por 3 bandejas:

$$t_{eA} = \sqrt{\frac{2 \times H_T \times N_B}{g}}$$

Donde:

t_{eA} : Tiempo de exposición, (s).

H_T : Altura total de la torre, (m).

N_B : Número de bandejas, (unidad).

g : Gravedad, (9,8 m/s²).

$$te_A = \sqrt{\frac{2 \times 2,00\text{m} \times 3}{9,8\text{m/s}^2}}$$

$$te_A = 1,1 \text{ s}$$

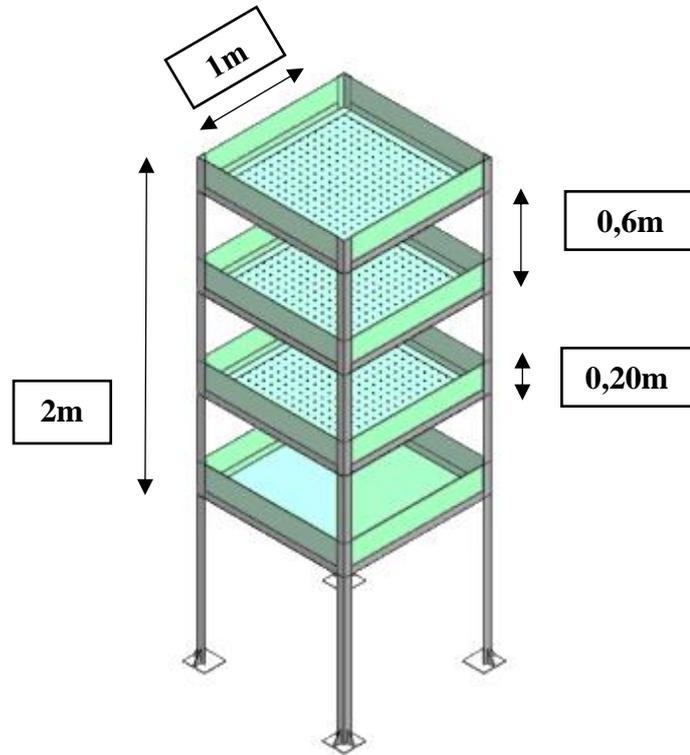


Ilustración 3-13: Dimensiones aireador

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

3.8. Capacitación a los habitantes de las comunidades

La capacitación a los habitantes de las 4 comunidades se realizó en el GAD parroquial de Calpi juntamente con la Dra. Janneth Jara y la Ing. Mabel Parada, además del presidente de la junta parroquial, el cual ayudó con la citación a los habitantes de la comunidad.

En la capacitación se trató temas puntuales para orientar y ayudar a las personas acerca de cómo se debe cuidar el agua de consumo.

Tabla 3-11: Capacitación a las comunidades

ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	TIEMPO
Registro de los participantes	Las personas encargadas del agua de las 4 comunidades registraron su asistencia.	10min
Presentación de los objetivos a tratar	Se explicó los temas puntuales a tratar, en este caso como erradicar o disminuir la contaminación en el agua de consumo.	10min
Saberes previos	Se realizó preguntas para conocer cuánto saben sobre este tema a tratar.	20min
Desarrollo del tema	Se trataron los puntos más importantes sobre el tema: cómo evitar la contaminación en el agua a causa de fertilizantes y productos agrícolas entre otros	30min
Conclusiones	Se realizaron después de haber tratado cada tema establecido.	15min
Compromiso	Se reunió a todos los participantes en un solo grupo y se les motivó a realizar un compromiso para que cumplan con las recomendaciones dadas.	10min
Despedida	Se agradeció a todos los participantes convocándolos hasta una próxima oportunidad.	10min

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.



Ilustración 3-14: Reunión con el presidente del GAD Parroquial de Calpi

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultado de los análisis físico-químicos del agua

La caracterización física del agua de consumo se realizó en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a cargo de la Dra. Gina Álvarez.

4.1.1. Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad Jatari Campesino

Tabla 4-1: Resultado del análisis fisicoquímico del muestreo 1

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO						CRITERIO
		Vertiente	Fuente	Reservorio	D. 1	D. 2	D. 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	10	15	11	14	13	15	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,564	0,436	0,453	0,486	0,436	0,453	Cumple
pH	6,5 a 8.5	7,64	7,56	7,36	7,72	7,21	7,52	Cumple
Dureza	300 mg/L	200	280	112	256	200	224	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	11,34	9,93	8,51	11,34	11,34	8,87	Cumple
Hierro	0,3 mg/ L	0,3	0,22	0,3	0,25	0,3	0,17	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	0,65	0,4	0,8	0,6	0,9	0,7	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	0,52	0,87	0,34	0,81	0,24	0,76	Cumple
Nitratos	50 mg L	1,3	4,5	3,4	2,5	4,5	2,2	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,008	0,004	0,008	0,006	0,004	0,005	Cumple
Conductividad	<1250 µSiems/cm	293,3	297,9	484,1	336,3	324,8	243,7	Cumple
Alcalinidad	300mg/ L	196,96	258,45	108,15	200	200	258,03	Cumple
SST	1000 mg/ L	3	0	2	1	3	0	Cumple
STD	1000 mg/ L	645,7	336,4	445,8	276,9	362,6	346,7	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Tabla 4-2: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 2

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	10	15	14	Cumple

Turbidez	5 NTU	0,345	0,235	0,478	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,23	7,54	7,56	Cumple
Dureza	300 mg/L	200	145	200	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	11,34	9,63	10	Cumple
Hierro	0,3 mg/ L	0,29	0,3	0,17	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	0,6	1,0	0,9	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	0,54	0,62	0,54	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	4,2	3	4,5	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,005	0,005	0,007	Cumple
Conductividad	<1250 μ Siems/cm	324,6	267,5	345,6	Cumple
Alcalinidad	300mg/ L	200	196,25	200	Cumple
SST	1000 mg L	2	0	3	Cumple
STD	1000 mg/ L	265,5	247,8	153,7	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Tabla 4-3: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 3

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	13	15	12	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,363	0,754	0,182	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,45	7,23	7,26	Cumple
Dureza	300 mg/L	200	152	240	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	9,87	8,63	10,80	Cumple
Hierro	0.3 mg/ L	0,3	0,15	0,29	Cumple
Fosfatos	0.3 mg/ L	0,5	1	0,7	No Cumple
Fluoruro	1.5 mg/ L	0,83	0,67	0,47	Cumple
Selenio	0,04 mg/ L	-----	-----	0.001	Cumple
Plomo	0,01 mg/ L	-----	-----	0.002	Cumple
Mercurio	0,006 mg/ L	-----	-----	0.00001	Cumple
Cadmio	0,003 mg/ L	-----	-----	0.0001	Cumple
Arsénico	0,01 mg/ L	-----	-----	0.003	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	1,2	2,4	1,4	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,006	0,007	0,003	Cumple
Conductividad	<1250 μ Siems/cm	346,6	276,7	293,5	Cumple
Alcalinidad	300mg/ L	200	156,12	200	Cumple
SST	1000 mg/ L	1	0	3	Cumple
STD	1000 mg/ L	205,2	136,5	163,5	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En las Tablas 4-1, 3-2 y 4-3 se muestran los resultados que se obtuvieron de los análisis fisicoquímicos de los tres muestreos realizados de la comunidad Jatari Campesino, observando que la mayoría de parámetros se encuentran dentro de la Norma, a excepción de los fosfatos.

4.1.2. Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad Nitiluisa

Tabla 4-4: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 1

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO			CRITERIO
		D. 1	D. 2	D. 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	10	7	7	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,674	0,761	0,273	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,65	7,82	7,42	Cumple
Dureza	300 mg/L	208	288	120	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	9,93	11,34	12,76	Cumple
Hierro	0.3 mg/ L	0,09	0,15	0,16	Cumple
Fosfatos	0.3 mg/ L	0,83	0,64	1,18	No Cumple
Fluoruro	1.5 mg/ L	0,75	0,92	0,45	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	2,5	1,5	2,3	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,002	0,008	0,003	Cumple
Conductividad	<1250 μ Siems/cm	465,6	356,5	345,6	Cumple
Alcalinidad	300 mg/ L	192,7	191,76	194,78	Cumple
SST	1000 mg/ L	1	2	2	Cumple
STD	1000 mg/ L	485,7	673,8	425,2	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Tabla 4-5: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 2

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	12	6	7	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,351	0,634	0,459	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,83	7,56	7,62	Cumple
Dureza	300 mg/L	200	266	285	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	11,34	9,76	8,45	Cumple
Hierro	0., mg/ L	0,07	0,09	0,04	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	1	0,8	0,42	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	0,83	1,00	0,81	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	3,2	2,1	1,7	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,003	0,006	0,006	Cumple

Conductividad	<1250 µSiems/cm	346,4	276,5	135,8	Cumple
Alcalinidad	300 mg/ L	200	209	204	Cumple
SST	1000 mg/ L	2	2	3	Cumple
STD	1000 mg/ L	3259	612,5	567,7	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Tabla 4-6: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 3

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	6	7	12	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,661	0,523	0,435	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,45	7,34	7,34	Cumple
Dureza	300 mg/L	228	245	115	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	11,34	7,85	15,45	Cumple
Hierro	0,3 mg/ L	0,05	0,17	0,02	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	0,5	1	0,74	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	1,00	0,56	0,73	Cumple
Selenio	0,04 mg/ L	-----	-----	0.0002	Cumple
Plomo	0,01 mg/ L	-----	-----	0.001	Cumple
Mercurio	0,006 mg/ L	-----	-----	0.000023	Cumple
Cadmio	0,003 mg/ L	-----	-----	0.0002	Cumple
Arsénico	0,01 mg/ L	-----	-----	0.001	Cumple
Nitratos	50 mg/L	1,7	3,2	2,1	Cumple
Nitritos	3,0 mg/L	0,007	0,005	0,004	Cumple
Conductividad	<1250 µSiems/cm	508,4	612,6	628,2	Cumple
Alcalinidad	300 mg/L	207	205	206	Cumple
SST	1000 mg/L	0	3	0	Cumple
STD	1000 mg/L	302,9	538,1	154,9	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En las Tablas 4-4, 4-5 y 4-6 se muestran los resultados que se obtuvo de los análisis fisicoquímicos de los tres muestreos realizados de la comunidad NITILUISA, observando que únicamente los fosfatos se encuentran fuera de Norma.

4.1.3. Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad San Vicente de Luisa

Tabla 4-7: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 1

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO					CRITERIO
		Fuente	Reservorio	D. 1	D. 2	D. 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	12	8	7	12	15	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,134	0,228	0,346	0,853	0,345	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,15	7,86	7,37	7,62	7,72	Cumple
Dureza	300 mg/L	280	176	168	120	200	Cumple
Cloruros	250 mg/L	7,08	14,18	11,34	9,93	12,76	Cumple
Hierro	0,3 mg/L	0,05	0,09	0,12	0,10	0,06	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/L	1,1	0,9	0,6	0,71	1,16	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/L	0,6	1	0,2	0,6	0,9	Cumple
Nitratos	50 mg/L	1,9	1,3	2,8	2,1	2,7	Cumple
Nitritos	3,0 mg/L	0,003	0,005	0,003	0,004	0,008	Cumple
Conductividad	<1250 µSiems/cm	643,4	765,7	154,8	865,4	734,5	Cumple
Alcalinidad	300 mg/L	188,94	189,88	192,7	196,46	191,76	Cumple
SST	1000 mg/L	1	2	2	3	1	Cumple
STD	1000 mg/L	846,2	745,2	639,4	647,3	659,2	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Tabla 4-8: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 2

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	10	9	10	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,638	0,254	0,254	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,74	7,43	7,32	Cumple
Dureza	300 mg/L	254	126	210	Cumple
Cloruros	250 mg/L	9,54	16,48	15,78	Cumple
Hierro	0,3 mg/ L	0,03	0,03	0,05	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/L	0,82	1	0,72	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/L	0,3	0,9	0,6	Cumple
Nitratos	50 mg/L	2,6	1,3	1,5	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,007	0,002	0,007	Cumple
Conductividad	<1250 µSiems/cm	528,1	538,6	735,4	Cumple
Alcalinidad	300 mg/ L	201	202	205	Cumple
SST	1000 mg/ L	1	0	2	Cumple
STD	1000 mg/ L	629,5	634,1	198,4	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Tabla 4-9: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 3

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	13	11	14	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,724	0,427	0,143	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,12	7,94	7,65	Cumple
Dureza	300 mg/L	170	150	210	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	11,34	8,85	11,34	Cumple
Hierro	0,3 mg/ L	0,07	0,07	0,05	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	0,65	0,9	0,7	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	1	0,7	0,4	Cumple
Selenio	0,04 mg/ L	-----	-----	0.001	Cumple
Plomo	0,01 mg/ L	-----	-----	0.003	Cumple
Mercurio	0,006 mg/ L	-----	-----	0.0004	Cumple
Cadmio	0,003mg/ L	-----	-----	0.0001	Cumple
Arsénico	0,01 mg/ L	-----	-----	0.002	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	2,2	1,4	1,5	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,002	0,002	0,005	Cumple
Conductividad	<1250 µSiems/cm	867,5	437,6	956,4	Cumple
Alcalinidad	300 mg/ L	209	204	209	Cumple
SST	1000 mg/ L	3	1	0	Cumple
STD	1000 mg/ L	735,9	829,4	734,5	Cumple

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En las Tablas 4-7, 4-8 y 4-9 se muestran los resultados que se obtuvo de los análisis fisicoquímicos de los tres muestreos realizados de la comunidad San Vicente de Luisa, observando que los fosfatos son el único parámetro que se encuentra con valores fuera de norma.

4.1.4. Resultado de los análisis fisicoquímicos de la comunidad San José de Gaushi

Tabla 4-10: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 1

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO					CRITERIO
		Fuente	Reservorio	D. 1	D. 2	D. 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	9	13	11	9	12	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,672	0,361	0,623	0,316	0,148	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,85	7,18	7,34	7,23	7,34	Cumple
Dureza	300 mg/L	248	280	128	208	96	Cumple

Cloruros	250 mg/ L	9,93	14,18	8,51	8,51	12,76	Cumple
Hierro	0,3 mg/ L	0,06	0,09	0,05	0,08	0,09	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	1,2	0,9	0,8	0,57	0,7	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	0,7	0,9	0,4	1	0,5	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	3,2	2,4	1,9	2,1	2,7	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,006	0,009	0,007	0,003	0,008	Cumple
Conductividad	<1250 μ Siems/cm	563,9	737,5	375,5	624,3	628,7	Cumple
Alcalinidad	300 mg/ L	188,94	202	209	207	209	Cumple
SST	1000 mg/ L	2	1	0	1	3	Cumple
STD	1000 mg/ L	325,4	456,5	437,4	568,4	825,3	Cumple

Realizado por: Lizbeth Paullan, 2023

Tabla 4-11: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 2

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	8	13	15	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,346	0,734	0,274	Cumple
Ph	6,5 a 8,5	7,66	7,82	7,58	Cumple
Dureza	300 mg/L	270	280	282	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	11,34	9,93	11,85	Cumple
Hierro	0,3 mg/ L	0,08	0,08	0,07	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	0,7	0,62	0,6	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	0,6	0,43	0,8	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	1,6	2,9	1,4	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,003	0,004	0,003	Cumple
Conductividad	<1250 μ Siems/cm	735,6	476,5	826,5	Cumple
Alcalinidad	300 mg/ L	204	178	176	Cumple
SST	1000 mg/L	3	1	1	Cumple
STD	1000 mg/ L	591,6	516,5	682,1	Cumple

Realizado por: Lizbeth Paullan, 2023

Tabla 4-12: Resultado de los análisis fisicoquímicos del muestreo 3

Parámetro	*Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADOS DEL PRIMER MUESTREO			Criterio
		Domicilio1	Domicilio 2	Domicilio 3	
Color	15 Unid. Co/Pt	9	7	12	Cumple
Turbidez	5 NTU	0,538	0,624	0,371	Cumple
pH	6,5 a 8,5	7,36	7,54	7,65	Cumple
Dureza	300 mg/L	158	200	157	Cumple
Cloruros	250 mg/ L	15,85	11,34	9,93	Cumple

Hierro	0,3 mg/ L	0,08	0,05	0,09	Cumple
Fosfatos	0,3 mg/ L	0,54	0,8	0,96	No Cumple
Fluoruro	1,5 mg/ L	1	0,5	0,7	Cumple
Selenio	0,04 mg/ L	-----	-----	0,002	Cumple
Plomo	0,01 mg/ L	-----	-----	0,001	Cumple
Mercurio	0,006 mg/ L	-----	-----	0,0004	Cumple
Cadmio	0,003 mg/ L	-----	-----	0,001	Cumple
Arsénico	0,01 mg/ L	-----	-----	0,0012	Cumple
Nitratos	50 mg/ L	2,3	1,9	1,7	Cumple
Nitritos	3,0 mg/ L	0,009	0,006	0,005	Cumple
Conductividad	<1250 μ Siems/cm	742,6	472,6	374,4	Cumple
Alcalinidad	300mg/ L	178	285	125	Cumple
SST	1000 mg/ L	0	3	1	Cumple
STD	1000 mg/ L	646,5	472,3	712,9	Cumple

Realizado por: Lizbeth Paullan, 2023

En las Tablas 4-10, 4-11 y 4-12 se muestran los resultados que se obtuvo de los análisis fisicoquímicos de los tres muestreos realizados de la comunidad San José de Gaushi. Observando que los fosfatos son el único parámetro que se encuentra con valores fuera de norma.

4.2. Resultado de los análisis microbiológicos del agua

4.2.1. Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad Jatari Campesino

Tabla 4-13: Resultado de los análisis microbiológicos: Jatari Campesino

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADO
Coliformes fecales	NMP/100m L	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	NMP/100m L	Ausencia	56 UFC/100 m L

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En la Tabla 4-13 y la Ilustración 4-2 se puede observar que en cuanto a los parámetros microbiológicos incumple la norma para Coliformes totales con un valor de 56 UFC/100 m L y en cuanto a Coliformes fecales no presenta crecimiento, cumpliendo con el valor establecido.

4.2.2. Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad Nitiluisa

Tabla 4-14: Resultado de los análisis microbiológicos: Nitiluisa

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADO
Coliformes fecales	NMP/100m L	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	NMP/100m L	Ausencia	54 UFC/100 m L

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-14 y la Ilustración 4-5 presenta la medición del parámetro microbiológico en cuanto a Coliformes fecales y totales donde se puede observar que no cumple con los valores de la norma para Coliformes totales presentando un valor promedio de 54 UFC/100 m L, mientras que para Coliformes fecales no presenta ningún crecimiento cumpliendo así con el valor establecido.

4.2.3. Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad San Vicente de Luisa

Tabla 4-15: Resultado de los análisis microbiológicos: San Vicente de Luisa

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADO
Coliformes fecales	NMP/100m L	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	NMP/100m L	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-15 muestra el conteo microbiológico en cuanto a Coliformes fecales y totales, donde se indica que en las muestras analizadas no existió crecimiento durante los tres muestreos realizados. Se pudo confirmar con respecto a los resultados obtenidos que el agua de consumo de la comunidad es de calidad con base a este parámetro.

4.2.4. Resultado de los análisis microbiológicos de la comunidad San José de Gaushi

Tabla 4-16: Resultado de los análisis microbiológicos: San José de Gaushi

PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA NTE INEN 1108:2006	RESULTADO
Coliformes fecales	NMP/100m L	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales	NMP/100m L	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-16 muestra el conteo microbiológico en cuanto a Coliformes fecales y totales, lo que indica que en ninguna de las muestras analizadas existió crecimiento durante los tres muestreos

recogidos y se confirma, con respecto a los resultados que se obtuvo, que el agua de consumo de la comunidad es de calidad.

4.3. Resultado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fuera de Norma

En las Tablas 4-17, 4-18, 4-19 y 4-20 se muestran los parámetros que incumplen con la Norma establecida INEN 1108:2006.

Tabla 4-17: Resultado de los parámetros fuera de Norma: Jatari Campesino

Determinación	*Límite máximo permisible	Resultado			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
Fosfatos mg/L	0,3	0,67	0,83	0,73	0,74
Coliformes totales UFC/100mL	Ausencia	53	54	60	56

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

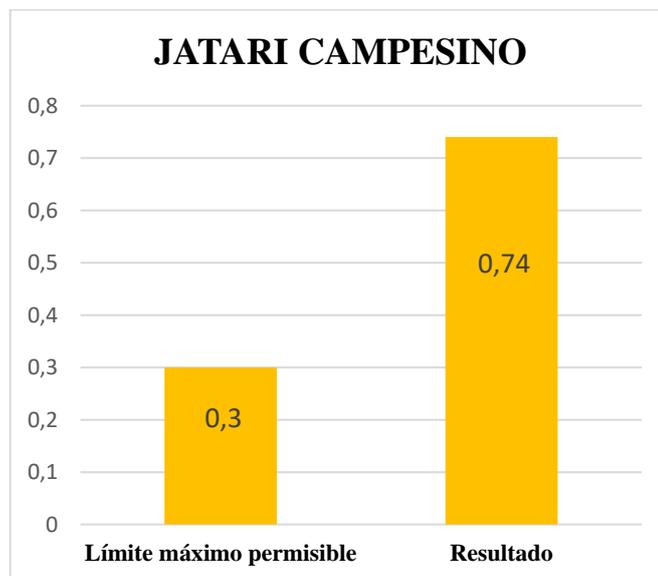


Ilustración 4-1: Parámetro fuera de Norma de Jatari Campesino: Fosfatos

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

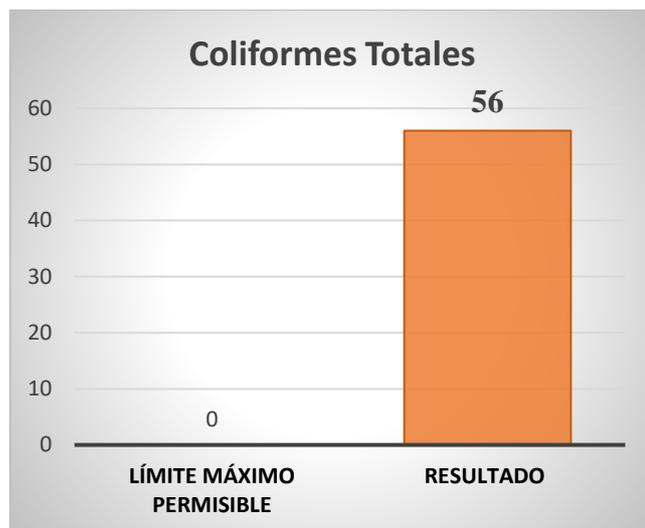


Ilustración 4-2: Parámetro fuera de norma de Jatari campesino: Coliformes totales

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En la Tabla 4-17 y en la Ilustración 4-1 se muestran los resultados que se obtuvieron de la medición de los parámetros fisicoquímico y microbiológicos a partir de los tres muestreos, donde se observó que, en los parámetros fisicoquímicos, los fosfatos se encuentran fuera de los valores establecidos en la Norma INEN 1108:2006.

La norma NTE INEN 1108:2006, establece que el valor permitido para fosfatos es de 0,3 mg/L; mientras que el valor promedio que se obtuvo de los tres muestreos fue de 0,74 mg/ L, indicándonos contaminación del agua con base a este parámetro.

Tabla 4-18: Resultado de los parámetros fuera de Norma: San Vicente de Luisa

Determinación	*Límite máximo permisible	Resultado			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
Fosfatos	0,3 mg/L	0,89	0,85	0,75	0,83

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

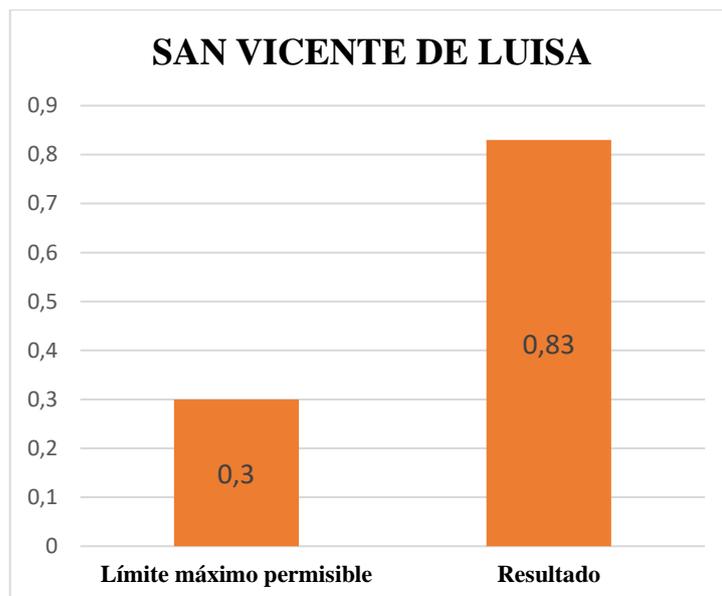


Ilustración 4-3: Parámetros fuera de Norma de San Vicente de Luisa: Fosfatos

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En la Tabla 4-18 se muestran los resultados obtenidos de la medición de fosfatos en tres muestreos y se observa los dichos valores no cumplen con los establecidos en la Norma INEN 1108:2006 para agua potable.

El valor permitido para fosfatos es de 0,3 mg/L y los resultados indican que tiene un valor de 0,83 mg/L, lo que confirma que existe contaminación del agua con base a este parámetro.

Tabla 4-19: Resultado de los parámetros fuera de Norma: Nítilusa

Determinación	*Límite máximo permisible	Resultado			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
Fosfatos	0,3 mg/L	0,88	0,74	0,75	0,79
Coliformes totales UFC/100 mL	0 Ausencia	52	56	54	54

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

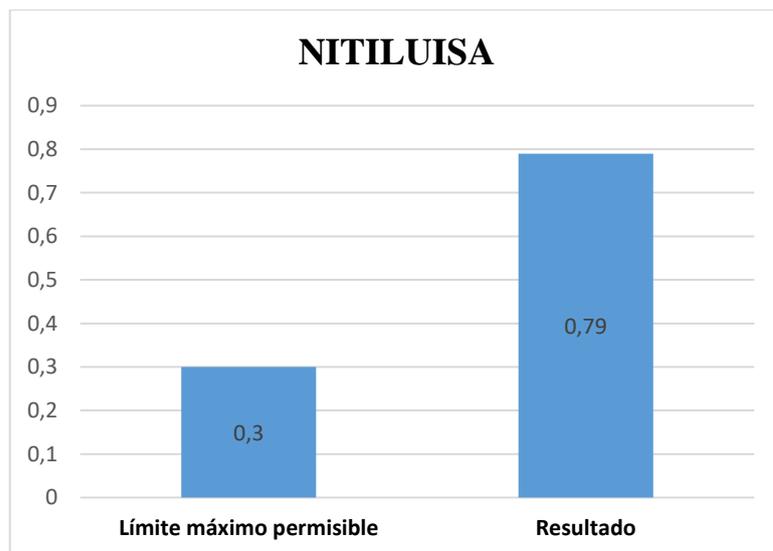


Ilustración 4-4: Parámetros fuera de Norma de Nitiluisa: Fosfatos

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.



Ilustración 4-5: Parámetros fuera de norma de Nitiluisa: Coliformes totales

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-19 presenta los resultados que se obtuvo de la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a partir de los tres muestreos, observando que los fosfatos incumplen con los valores establecidos en la Norma INEN 1108:2006.

La norma NTE INEN 1108:2006 Agua potable. Requisitos, establece que el valor permitido para fosfatos es de 0,3 mg/l, los resultados indican que se encuentra fuera del límite máximo permitido, ya que el promedio de los datos que se obtuvo es de 0,79 mg/l, lo que confirma que existe contaminación del agua con base a este parámetro.

Tabla 4-20: Resultado de los parámetros fuera de Norma: San José de Gaushi

Determinación	*Límite máximo permisible	Resultado			
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
Fosfatos	0,3 mg/L	0,83	0,64	0,77	0,75

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

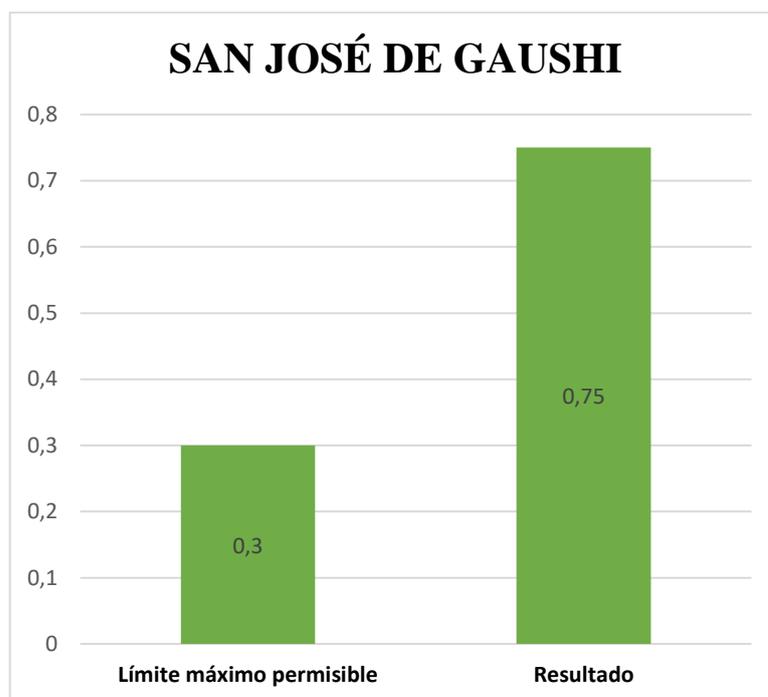


Ilustración 4-6: Parámetros fuera de Norma de San José de Gaushi: Fosfatos

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-20 presenta los resultados obtenidos de la caracterización de los parámetros fisicoquímico y microbiológicos de agua a partir de los tres muestreos, observando que los fosfatos no cumplen con el valor establecido por la Norma INEN 1108:2006.

La norma NTE INEN 1108:2006 establece que el valor permitido para fosfatos es de 0,3 mg/ L, los resultados indican que se encuentran fuera del límite máximo permitido, ya que el promedio de los datos que se obtuvo fue de 0,75 mg/ L, lo que confirma que existe contaminación del agua con base a este parámetro.

4.4. Resultado comparativo de las 4 comunidades

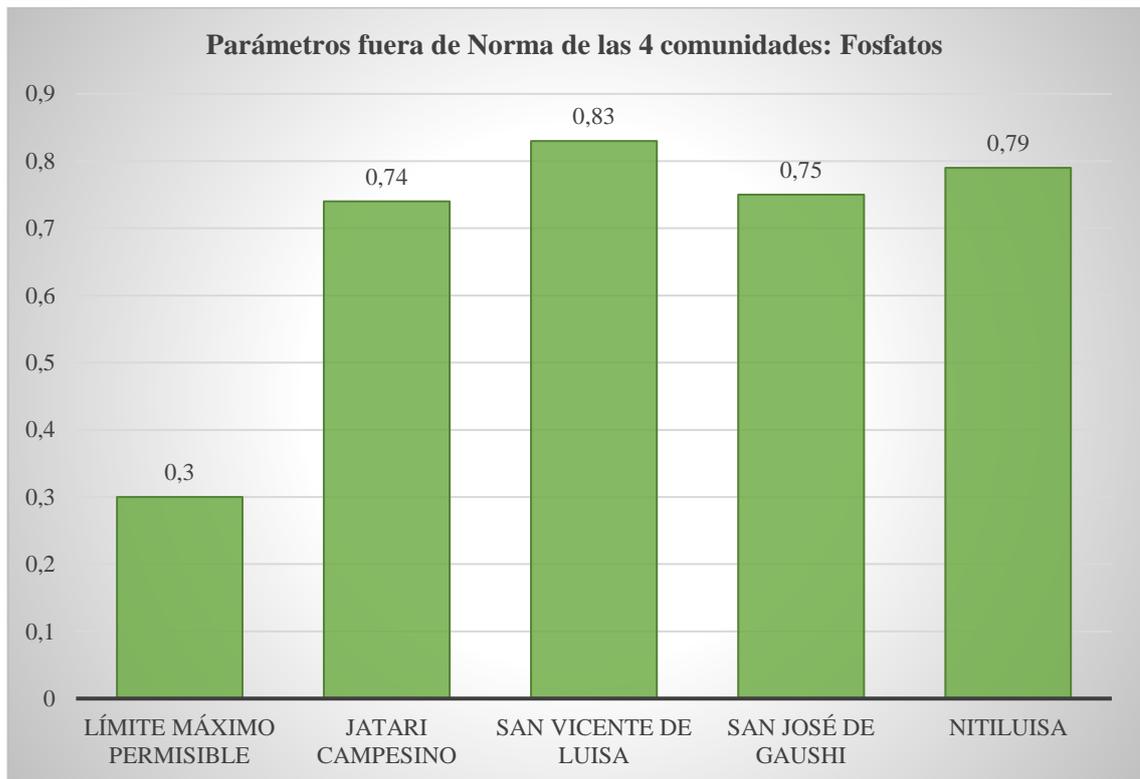


Ilustración 4-7: Parámetros fuera de Norma de las 4 comunidades: Fosfatos

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

En la Ilustración 4-7 se observa que las cuatro comunidades incumplen el valor establecido para fosfatos, que es de 0,3 mg/ L. Se pudo notar que existe mayor concentración de fosfatos en la comunidad de San Vicente de Luisa con un valor de 0,83 mg/L.

Es necesario mencionar que el sector de las 4 comunidades es agrícola y ganadero, lo que contribuye a que el valor de los fosfatos sea elevado; pues una de las causas de la presencia de fosfatos en el agua es el uso de fertilizantes y plaguicidas resultantes de las actividades agrícolas y pecuarias (Gobierno Autónomo, 2015, pág. 17).

4.5. Resultado de las pruebas de tratabilidad para la disminución de fosfatos

4.5.1. Resultado del tratamiento 1

Tabla 4-21: Resultado del tratamiento 1

Determinación	Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2006	Valor inicial	Resultado	Porcentaje de remoción % Remoción de fosfatos $= \frac{V_0 - V_f}{V_0} \times 100\%$
FOSFATOS				
Valor 1	03 mg/L	0,55	0,39	29,09%

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

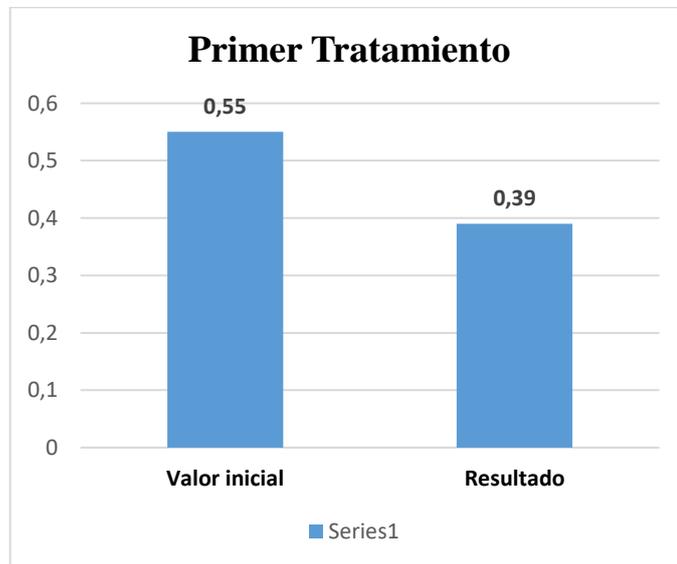


Ilustración 4-8: Resultado del tratamiento 1

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-21 y la Ilustración 4-8 muestran los resultados que se obtuvo al realizar el primer tratamiento para disminuir fosfatos, en el cual se indica un porcentaje de remoción del 29,09%, lo que quiere decir que no es favorable para este tipo de contaminación, ya que se utilizó carbón natural picado en trozos pequeños para una filtración lenta, donde la porosidad de este filtro no logró disminuir la mayoría de fosfatos presente en el agua para que pueda cumplir con los valores de la Norma INEN 1108:2006.

4.5.2. Resultado del tratamiento 2

Tabla 4-22: Resultado del tratamiento 2

Determinación	Límite máximo permisible	Valor inicial	Resultado	Porcentaje de remoción
FOSFATOS	NORMA NTE INEN 1108:2006			% Remoción de fosfatos $= \frac{V0 - Vf}{V0} \times 100\%$
Valor 2	0,3 mg/l	0,79	0,76	3,78%

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

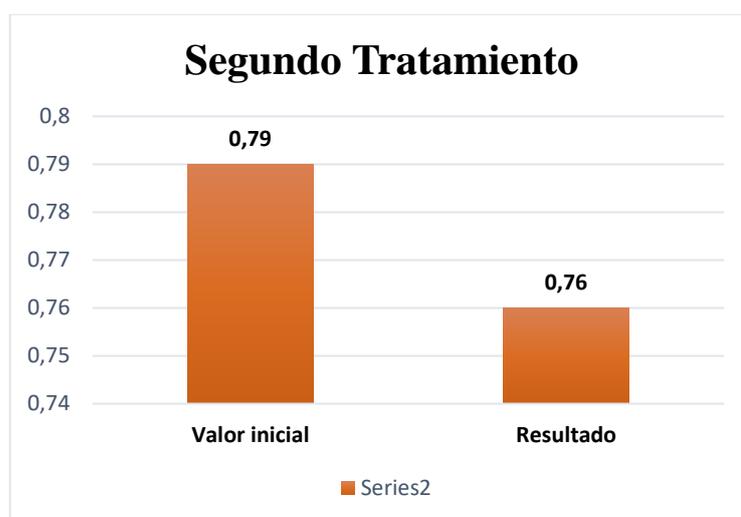


Ilustración 4-9: Resultado del tratamiento 2

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-22 y la Ilustración 4-9 muestran los resultados que se obtuvo al realizar el segundo tratamiento para disminuir fosfatos, en el cual se indica un porcentaje de remoción del 3,78%, utilizando carbón natural picado en trozos grandes. No se logró disminuir favorablemente los fosfatos del agua, por lo que este tratamiento no es eficiente para este tipo de contaminación.

4.5.3. Resultado del tratamiento 3

Tabla 4-23: Resultado del tratamiento 3

Determinación	Límite máximo permisible	Valor inicial	Resultado	Porcentaje de remoción
FOSFATOS	NORMA NTE INEN 1108:2006			% Remoción de fosfatos $= \frac{V0 - Vf}{V0} \times 100\%$
Valor 1	0,3 mg/L	0,55	0,55	0%

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

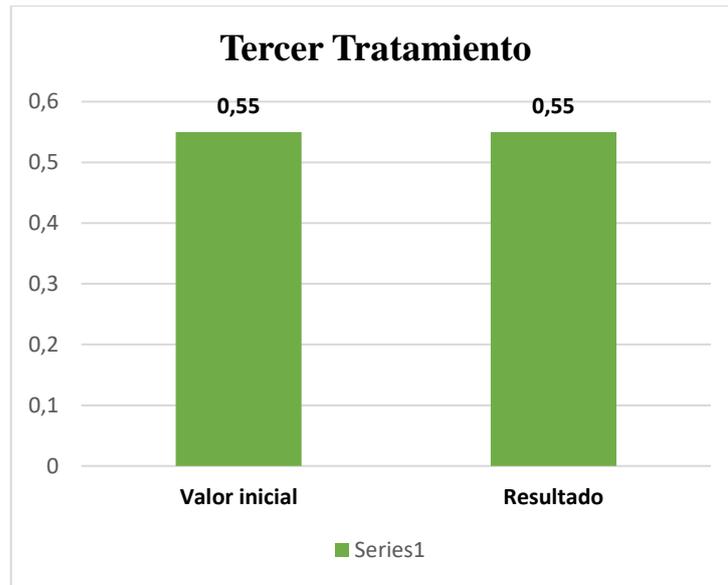


Ilustración 4-10: Resultado del tratamiento 3

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-23 y la Ilustración 4-10 muestran los resultados que se obtuvo al realizar el tercer tratamiento para disminuir fosfatos, obteniendo un porcentaje de remoción del 0%, lo que quiere decir que el tratamiento aplicado no es correcto, en este caso el carbón fue activado con ácido fosfórico, invalidando este método de tratamiento.

4.5.4. Resultado del tratamiento 4

Tabla 4-24: Resultado del tratamiento 4

Determinación	Límite máximo permisible	Valor inicial	Resultado	Porcentaje de remoción
FOSFATOS	NORMA NTE INEN 1108:2006			% Remoción de fosfatos $= \frac{V0 - Vf}{V0} \times 100\%$
Valor 2	0,3 mg/L	0,79	0,79	0%

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

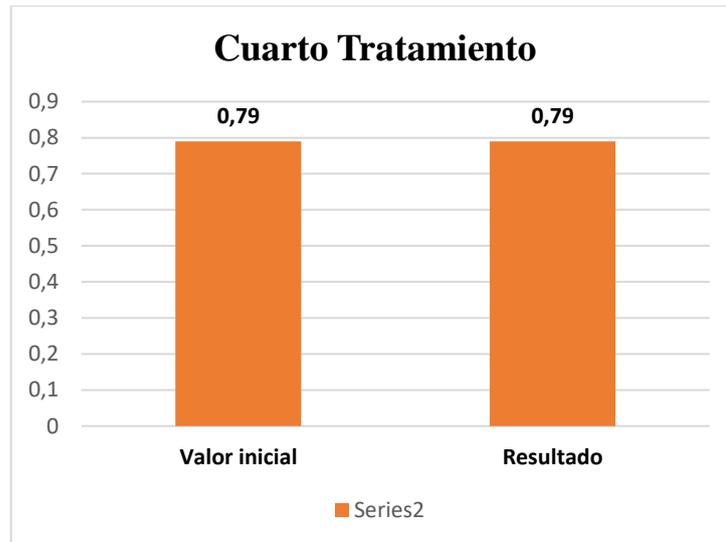


Ilustración 4-11: Resultado del tratamiento 4

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-24 y la Ilustración 4-11 muestran los resultados que se obtuvo al realizar el cuarto tratamiento para disminuir fosfatos, en el cual se indica un porcentaje de remoción del 0%, lo que quiere decir que este tratamiento no es útil para este tipo de contaminación, ya que se utilizó fibra de coco y no se logró obtener resultados, a diferencia del carbón activado de coco donde se obtuvo resultados más eficientes ya que al ser carbón logró ser más absorbente por su alta porosidad.

4.5.5. Resultado del tratamiento 5

Tabla 4-25: Resultado del tratamiento 5

Determinación	Límite máximo permisible	Valor inicial	Resultado	Porcentaje de remoción
FOSFATOS	NORMA NTE INEN 1108:2006			% Remoción de fosfatos $= \frac{V_0 - V_f}{V_0} \times 100\%$
Valor 1	0,3 mg/l	0,55	0,29	47,27%

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

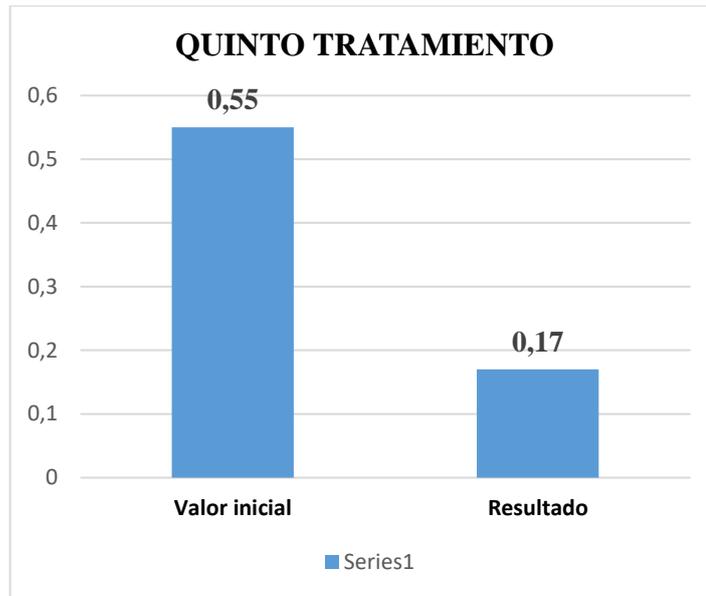


Ilustración 4-12: Resultado del tratamiento 5

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-25 y la Ilustración 4-12 muestran los resultados que se obtuvo al realizar el quinto tratamiento para disminuir fosfatos, en el cual se indica un porcentaje de remoción del 47,47%, lo que quiere decir que este fue el tratamiento adecuado para este tipo de contaminación, ya que además de lograr disminuir los fosfatos del agua, también remueve compuestos orgánicos volátiles, sustancias volátiles que cuales causan olores y sabores provenientes de aguas subterráneas, por tal motivo se optó por este tratamiento ya que además de ser eficiente es el más económico en cuanto a gastos de diseño e implementación.

4.5.6. Resultado del tratamiento 6

Tabla 4-26: Resultado del tratamiento 6

Determinación	Límite máximo permisible	Valor inicial	Resultado	Porcentaje de remoción
FOSFATOS	NORMA NTE INEN 1108:2006			% Remoción del fosfatos $= \frac{V0 - Vf}{V0} \times 100\%$
Valor 1	03 mg/L	0,55	0,27	50,90%

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

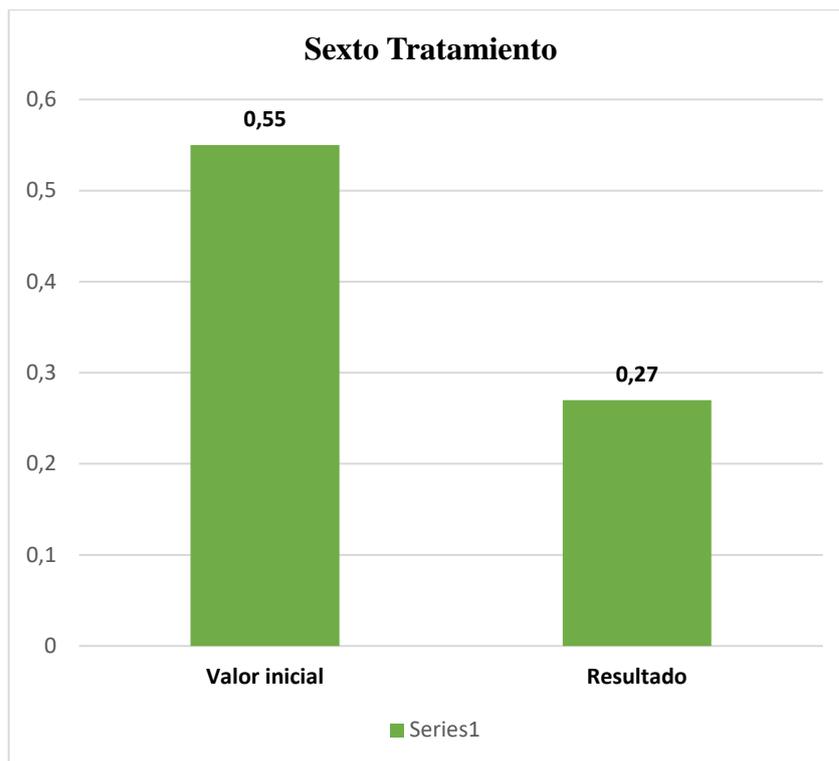


Ilustración 4-13: Resultado del tratamiento 6

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

La Tabla 4-26 y la Ilustración 4-13 muestran los resultados que se obtuvo al realizar el sexto tratamiento para disminuir fosfatos, en el cual se indica un porcentaje de remoción promedio del 50,90% lo que quiere decir que este tratamiento es el más favorable para contrarrestar el problema de fosfatos, el proceso consiste en pasar el agua por el filtro de carbón activado y someterlo a 24h de aireación, así se logró cumplir con los requerimientos establecido. Sin embargo, no se optó por este método de tratamiento ya que en cuanto a costos de diseño e implementación resulta ser muy costoso en comparación al quinto tratamiento que no difiere mucho en su porcentaje de remoción (47,27%) y de igual forma logra cumplir con el valor que establece la norma.

4.6. Resultado de la desinfección del agua

Tabla 4-27: Resultados de la desinfección del agua

PARÁMETROS	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	NORNA INEN 1108:2006
Volumen de agua 1 L	1	1	----
Concentración %	6	6	----
Volumen de hipoclorito utilizado ml	0,12	0,10	----
Cloro residual mg/l	1,9	1,5	0,3 a 1,5
Coliformes totales iniciales UFC/100 ml	56	56	----
Coliformes totales finales UFC/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

Como se puede observar en la Tabla 27-4 el tratamiento 2 es el más efectivo ya que tanto el parámetro de cloro residual como el de Coliformes fecales se encuentra cumpliendo con la normativa; por tanto, se debe dosificar 0,10 mL de hipoclorito de sodio al 6% por cada litro de agua a tratar.

4.7. Propuesta

4.7.1. Propuesta de diseño de la planta de potabilización de agua

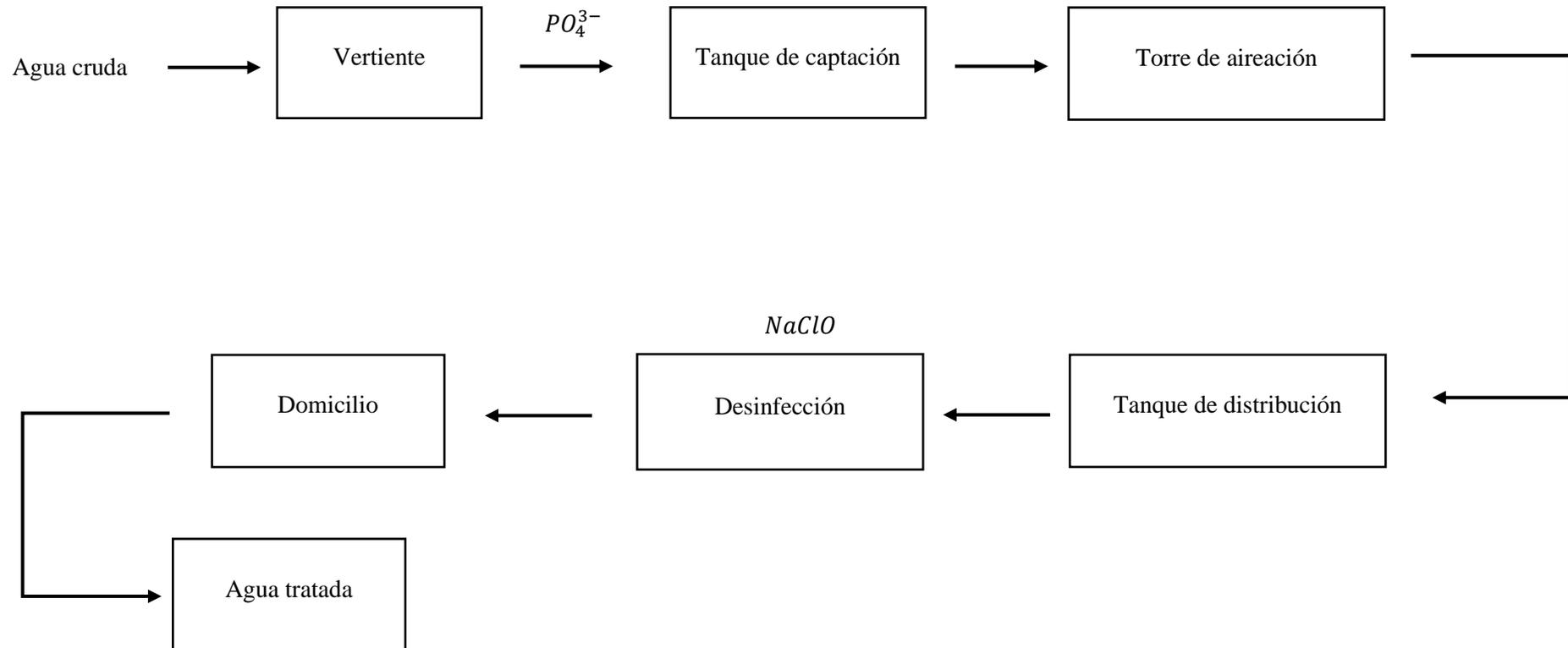


Ilustración 4-14: Propuesta de diseño

Realizado por: Paullan, Lizbeth, 2023.

4.8. Discusión

Una vez realizada la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo de las comunidades de Jatari Campesino, San Vicente de Luisa, San José de Gaushi y Nitiluisa, se encontró que existen 2 parámetros que se encuentran fuera de norma; siendo el caso de fosfatos para las 4 comunidades con valores de 0,74 mg/L, 0,83 mg/L, 0,75 mg/L y 0,79 mg/L respectivamente, excediendo el límite permisible según la Norma INEN 1108:2006.

En el caso de Coliformes totales las comunidades de Jatari Campesino y Nitiluisa no cumplieron con los valores establecidos por la Norma presentando crecimientos de 54 UFC/100 mL y 56 UFC/100 mL respectivamente, a diferencia de las comunidades de San Vicente de Luisa y San José de Gaushi en donde los encargados del agua de dichas comunidades informan que, si se realiza la desinfección del agua, por lo que no presentó ningún crecimiento.

Al comparar la calidad de agua de estas 4 comunidades ubicadas en la provincia de Chimborazo con la calidad de agua de la parroquia de Yanahurco, perteneciente al cantón Mocha de la provincia de Tungurahua, se pudo evidenciar que esta última presentó más parámetros que incumplen con la normativa INEN 1108:2006; estos parámetros son color, fosfatos, turbidez y Coliformes totales.

En el estudio presentado para el tratamiento del agua de la parroquia de Yanahurco se utilizó una serie de tratamientos que va desde una aireación, pasando por una floculación y sedimentación y terminando en una desinfección; consiguiendo de esta manera ajustar todo los parámetros antes mencionado a la Norma para calidad de agua potable; cómo se puede evidenciar, mientras más parámetros estén fuera de norma, se requiere más unidades de tratamiento para conseguir que el agua sea apta para el consumo humano sin perjudicar su salud (Landa, 2016, págs. 27-28).

El presente estudio abordó el problema de la calidad del agua para consumo humano en comunidades rurales, donde se encontraron dos parámetros fuera de norma: los fosfatos y los coliformes totales. Para abordar esta situación, se evaluaron diferentes opciones de tratamiento, y se optó por utilizar la aireación como método para la eliminación de fosfatos debido a su eficiencia y bajo costo de diseño e implementación.

Es importante resaltar que el sexto tratamiento (filtración y aireación), aunque obtuvo un porcentaje promedio de remoción de fosfatos del 50,90%, se espera menos viable debido a su mayor costo de implementación. En contraste, solo la aireación surge una eficacia considerable, alcanzando un promedio de eliminación de fosfatos del 47,27%. Aunque ligeramente menor al sexto tratamiento, la diferencia en la eficiencia no justificaba el costo adicional asociado a la implementación del mismo. Un aspecto destacable de la aireación es su capacidad para contrarrestar el crecimiento de algas al introducir una mayor cantidad de oxígeno al agua. Este efecto es posible, ya que las algas generan problemas de contaminación y afectan negativamente la calidad del agua para el consumo humano. Además, se logra la remoción de fosfatos, un contaminante relevante que puede representar un riesgo para la salud de las personas.

En cuanto a la eliminación de los Coliformes totales, se perdió el proceso de eliminación, que fue altamente efectivo, logrando eliminarlos en un 100%. Este resultado es alentador, ya que la presencia de Coliformes totales en el agua puede indicar contaminación fecal y riesgos potenciales para la salud pública. Asimismo, el residuo de cloro dejado por el proceso de desinfección actúa como una medida preventiva ante posibles contaminaciones externas, brindando una capa adicional de seguridad para el agua tratada.

A pesar de los resultados positivos obtenidos con la aireación y el proceso de desinfección, es esencial seguir evaluando y monitoreando la calidad del agua de manera constante. Las condiciones ambientales pueden cambiar, y las necesidades de las comunidades pueden variar con el tiempo. Por tanto, se sugiere realizar un seguimiento continuo para asegurar que los tratamientos implementados sigan siendo efectivos y se adapten a las circunstancias cambiantes.

Con dichos tratamientos se logró ajustar los parámetros de fosfatos y Coliformes totales a los citados en la Norma 1108:2006 garantizando agua de calidad para el consumo de los habitantes de las 4 comunidades. Adicionalmente, se estableció una propuesta que sea viable económicamente y con alta eficiencia de remoción de contaminantes.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- A través de la toma de 18 muestras por triplicado y su posterior análisis fisicoquímico y microbiológico en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se determinará la calidad del agua para consumo en la zona norte de la parroquia Calpi, abarcando las comunidades de Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi, provincia de Chimborazo. Los resultados fueron contrastados con los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN 1108:2006 “Agua Potable”.
- Durante el desarrollo de esta investigación, se llevó a cabo un diagnóstico exhaustivo del sistema de abastecimiento de agua potable en las cuatro comunidades mencionadas. Se constató que únicamente las comunidades de San Vicente de Luisa y San José de Gaushi realizan un proceso de desinfección del agua como tratamiento. Sin embargo, se identificó que las otras dos comunidades carecen de cualquier tipo de tratamiento para el agua. Es preocupante destacar que, a pesar de la falta de tratamiento, ninguna de las comunidades realiza análisis de laboratorio para evaluar la calidad del agua que están consumiendo.
- Se pudo determinar cuatro puntos de muestreo por cada comunidad, las cuales fueron seleccionados mediante un recorrido establecido; con la información brindada por los encargados se conoció la ubicación de las vertientes, tanques de distribución, tanques de captación y domicilios, además de las principales actividades de los habitantes que influyen directamente en la calidad del agua y en los resultados de la investigación.
- Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo de las cuatro comunidades: Jatari campesino, Nitiluisa, San Vicente de luisa y San José de Gaushi, en donde se determinó que dos parámetros se encuentran por encima de los límites permisibles para agua de consumo. Estos parámetros son fosfatos con valores de 0,83; 0,79; 0,75 y 0,74 mg/l respectivamente y Coliformes totales con valores de 54 UFC/100mL para la comunidad de Jatari Campesino y 56 UFC/100 mL para Nitiluisa.
- Se realizó distintas pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para lograr la remoción de fosfatos y Coliformes totales. Para la remoción de fosfatos se trabajó con filtros de carbón

activado lográndose obtener un porcentaje de promedio remoción del 29,09%; se combinó aireación y filtración con carbón activado dando un porcentaje promedio de remoción del 50,90% siendo éste el más eficiente pero más costoso, razón por la cual se descartó. Mediante el proceso de aireación se obtuvo un promedio de remoción del 47,27% cumpliendo con este tratamiento los requerimientos de la Norma INEN 1108:2006 “Agua Potable” para fosfatos, siendo eficiente y más económico para las comunidades ya que su valor se aproximó al tratamiento con mayor % de remoción. En cuanto a la eliminación de Coliformes totales se optó por un proceso de desinfección con hipoclorito de sodio al 6% en una dosificación de 0,10 mL /L agua.

- Se realizó la caracterización fisicoquímica del agua tratada y se determinó que el valor de fosfatos mediante el proceso de aireación llegó a un valor de 0,29 mg/L; y mediante el proceso combinado de filtración más aireación se obtuvo un valor para fosfatos de 0,27 mg/L cumpliendo los dos tratamientos con el valor requerido por la Norma. En cuanto a Coliformes totales, presentó ausencia, ajustándose de esta forma los parámetros de la Norma INEN 1108 2006.
- Se realizó una capacitación a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución del agua de consumo de las comunidades antes mencionadas, para atenuar el uso de plaguicidas químicos y nutrientes en los cultivos agrícolas, además del mantenimiento y limpieza de cada tanque de distribución del agua para así conseguir erradicar o disminuir la contaminación de este recurso, ya que los habitantes de estas comunidades desconocen la causa de este problema.

5.2. Recomendaciones

- Se insta a los habitantes de la comunidad de Jatari Campesino a establecer una infraestructura adecuada para cada vertiente, asegurándose de que están protegidas contra la contaminación. La exposición al ambiente sin protección aumenta el riesgo de contaminación, lo que podría afectar negativamente la salud de la comunidad en el futuro.
- Se sugiere realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de consumo de forma regular, con una frecuencia de tres a cuatro veces al año. Esto permitirá verificar el cumplimiento de todos los parámetros requeridos por la norma y garantizar que los habitantes consuman agua de calidad y segura.
- Se propone aplicar una solución de tratabilidad para el agua de consumo en las cuatro comunidades, ya que todas enfrentan un problema común de exceso de fosfatos. La implementación de esta propuesta contribuirá a mejorar la calidad del agua ya mantenerla dentro de los límites permitidos.
- Se recomienda planificar estrategias efectivas para reducir los contaminantes presentes en el agua, con el objetivo de mejorar la calidad del suministro de agua para las comunidades. Estas estrategias deben ser adecuadas a las condiciones específicas de cada comunidad y tener en cuenta la sostenibilidad del recurso hídrico.
- Se sugiere llevar a cabo capacitaciones sobre educación dirigida a los habitantes de las comunidades ambientales. Estas capacitaciones permitirán concientizar a la población sobre la importancia de cuidar y proteger este recurso vital, promoviendo responsables que ayuden a mantener la calidad del agua y su disponibilidad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABBAS, O. & FAYYAD, M.** “Drinking water quality in roof storage tanks in the city of Amman, Jordan”. *Water International*, vol. 33, n°. 2, (2008). págs. 189-201.
2. **ANGELES, C. & GONZALEZ, M.** *Propiedades y funciones biológicas del agua*. Barcelona-España: Chirungia 1991. págs. 63-78.
3. **ARBOLEDA, J.** *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá-Colombia: Ediciones San Pedro, 2000. págs. 5-89.
4. **BOLAÑOS, J., et al.** “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)”. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], 2017, vol. 30 (4), pág. 15. [Consulta: 20 diciembre 2023]. ISSN 0379-3982. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>.
5. **BOYD, C.E.** *Water Quality* [en línea]. USA: Springer Nature, 2020. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://sci-hub.hkvisa.net/10.1007/978-3-030-23335-8>.
6. **CARRASCO, T. & LONDA, E.** *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco “Cocos Nucífera L”* [en línea]. Quito-Ecuador: Ediciones imprenta del Sur, 2018. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31705>.
7. **CHACÓN, M.** *Análisis físico y químico de la calidad del agua* [en línea]. Quito-Ecuador: Imprenta Segundo Cordova, 2016. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/68990%0A>.
8. **FIKADU, G.** “Determination of Selected physicochemical water quality parameters of the upper stream of Amerti watershed of Western Ethiopia”. *Environmental Challenges* [en línea], 2022, vol. 8, (1). [Consulta: 20 diciembre 2023]. ISSN. 2021-0005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100558>.
9. **GOBIERNO AUTÓNOMO.** *Formulación participativa del plan de desarrollo y ordenamiento territorial- gobierno autonomo descentralizado parroquia santiago de calpi diagnostico* [en línea]. Argentina: Nuevos Lideres, 2015. [Consulta: 20 diciembre 2023].

Disponible en: https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660821800001_Diagnostico_calpi_15-05-2015_12-50-35.pdf.

10. **GONZALES, A. & PINEDO, T.** *Sistema de tratamiento de agua para consumo humano en pequeñas comunidades* [en línea]. Quito-Ecuador: Revista Cordoba, 2021. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4314/gonzalezreinoangela-pinedoespitiathalia.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
11. **GOOGLE MAPS**, *Ubicación de mapas* [web]. Ecuador: Google, 2023. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible: www.googlemaps.ec
12. **INEN-1108**. *Agua Potable. Requisitos- NTE Inen 1108*
13. **JARAMILLO, H.** *El agua. Aguateros* [en línea]. Ecuador: Sello Editorial Javeriano, 2022. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Memòria.pdf?seque.
14. **LANDA, S.** Evaluación De La Calidad Físico Químico Y Microbiológico De Agua De Consumo Humano. (Trabajo de titulación) (Titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Ciencias, Riobamba. Chimborazo-Ecuador. 2016. pág. 6
15. **LARREAL, J. A., et al.** “Contaminación fecal”. *Revista CENIC-Ciencias Biológicas*, vol. 44, n° 2, (2015), págs. 24-34.
16. **LOGROÑO, P.** Diseño de una sistema de tratamiento de agua de consumo humano para la comunidad Nitiluisa. (Trabajo de titulación) (Titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Ciencias, Riobamba. Chimborazo-Ecuador. 2015. pág. 8
17. **MDG** *Guía para el capacitador/a en educación sanitaria y ahorro del agua*. [en línea]. Ecuador: Imprentas Bioimpresiones, 2010. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/22.pdf>.
18. **MUÑOZ, G.** Evaluación de la calidad del agua subterránea de Riobamba mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF. (Trabajo de titulación) (Titulación). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quito. Pichincha-Ecuador. 2020. pág. 3

19. **NOVAL, L.** El cloro, producción e industria. . [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Educación a Distancia, Barceo. España. 2017. págs. 1-14. [Consulta: 2023-12-23]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Lnoval/Noval_Gomez_Lucia_TFM.pdf.
20. **OLEAS, B.** Evaluación de la Calidad Física, Química y Microbiológica del Agua de Consumo Humano en la Parroquia Rural de Cubijíes del Cantón Riobamba RIOBAMBA [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Chimborazo-Ecuador. 2016. págs. 1-8. [Consulta: 2023-12-23]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5709/1/56T00644.pdf>.
21. **OTAZUA, M. & AYERDI, M.** “Fluoride intake through consumption of water from municipal network in the INMA-Gipuzkoa cohort”. *Gaceta Sanitaria*, vol. 32, n°. 5, (2018). págs. 418-424.
22. **PABÓN, S.E., et al.** “Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción”. *Entre ciencia e ingeniería* [en línea], 2020, vol. 14 (27), págs. 9-18. [Consulta: 20 diciembre 2023]. ISSN 1909-8367. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n27/1909-8367-ecei-14-27-9.pdf>.
23. **PEREZ, F.** *Potabilización de aguas*. [en línea]. España: Imprenta nuevo amanecer, 2012. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6023/mod_resource/content/1/Tema_08_FILTRACION.pdf.
24. **POULEURS, D.** *El gran libro del agua.Latinoamérica* [en línea]. Argentina: Libros sostenibles, 1996. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://read.worldreader.org/sw/Book/Details/63841eb9-bcd7-49ff-b421-b886608b8fe3?version=4#:~:text=El gran libro del agua%3A Latinoamérica trata sobre la importancia,muchos fenómenos en la Naturaleza.>
25. **RAMOS, E. L.** Desechos Contaminantes E Índice De Calidad Del Agua Del Río Chibunga, Cantón Riobamba, Año 2017. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación), Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Machala-Ecuador. 2018. págs. 1-65. [Consulta: 2023-12-23]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5014>.

26. **ROMERO, J.A.** *Potabilización del Agua* [en línea]. México: Editorial Mexico, 1999. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/43327791/Romero_Rojas_Jairo_Alberto_Potabilización_Del_Agua.
27. **SECRETARIA DE MINERIA.** *Perfil del Mercado del Sílice* [en línea]. México: Ediciones Sílice, 2014. [Consulta: 20 dicimebre 2023]. Disponible en: https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_silice_2014.pdf.
28. **SECRETARIA DE MINERIA.** *Perfil de mercado de carbón* [en línea]. México: Imprenta Loads, 2017. [Consulta: 20 dicimebre 2023]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287796/Perfil_Carbon__2017.pdf.
29. **SIERRA, C.A.** *Calidad del Agua: Evolución y Diagnóstico* [en línea]. Colombia: Ediciones Medellín, 2011. [Consulta: 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/70981>.
30. **TIERRA, F.S.** Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia de San Luís, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2015. págs. 1-3. [Consulta: 2023-12-23]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4438>.
31. **VALENCIA, C.** Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción. [en línea], (Trabajo de titulación) (Titulación), Universidad de Cuenca, Azuay-Ecuador. 2004. págs. 1-6. [Consulta: 2023-12-23]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: INEN 1105:1983. “AGUAS. MUESTREO PARA EXAMEN MICROBIOLÓGICO”



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1105:1983

FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2012-10-29

AGUAS. MUESTREO PARA EXÁMEN MICROBIOLÓGICO

Primera edición

WATERS. SAMPLE FOR MICROBIOLOGICAL EXAMINATION

ANEXO B: INEN 2176:1998 “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO”



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 176:1998

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

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES.

**ANEXO C: INEN 2169:1998 “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS”**



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2169:2013
Primera revisión

**AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**

ANEXO D: INEN 1108:2006



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2006
Segunda revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

ANEXO E: SOCIALIZACION CON LAS AUTORIDADES

a)



b)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR	Determinación de la calidad del agua de consumo de	
a. Reunión con las autoridades del GAD parroquial de Calpi	<input type="checkbox"/> Aprobado	POLITECNICA DE	la zona norte de las comunidades: Jatari Campesino,	
b. Recolección de muestras	<input type="checkbox"/> Preliminar	CHIMBORAZO FACULTAD DE	Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi	
	<input type="checkbox"/> Certificado	CIENCIAS ESCUELA DE	de la parroquia Calpi provincia de Chimborazo.	
	<input type="checkbox"/> Por aprobar	INGENIERIA QUIMICA	LÁMINA	ESCALA
	<input type="checkbox"/> Información	ELABORADO	1	1:1
	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	POR:	FECHA	
		Lizbeth Paullan	24/08/2023	

ANEXO F: CARACTERIZACION FISICOQUIMICA

c)



d)



e)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR	Determinación de la calidad del agua de consumo de la zona norte de las comunidades: Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi de la parroquia Calpi provincia de Chimborazo.									
c. Determinación del fluor	<input type="checkbox"/> Aprobado	POLITECNICA DE										
d. Determinación de cloruros	<input type="checkbox"/> Preliminar	CHIMBORAZO FACULTAD DE										
e. Desinfección del agua	<input type="checkbox"/> Certificado	CIENCIAS ESCUELA DE										
	<input type="checkbox"/> Por aprobar	INGENIERIA QUIMICA										
	<input type="checkbox"/> Información	ELABORADO	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1509 1150 1655 1190">LÁMINA</th> <th data-bbox="1655 1150 1827 1190">ESCALA</th> <th data-bbox="1827 1150 2114 1190">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1509 1190 1655 1230">1</td> <td data-bbox="1655 1190 1827 1230">1:1</td> <td data-bbox="1827 1190 2114 1230"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1509 1230 1655 1348"></td> <td data-bbox="1655 1230 1827 1348"></td> <td data-bbox="1827 1230 2114 1348">24/08/2023</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1				24/08/2023
LÁMINA	ESCALA	FECHA										
1	1:1											
		24/08/2023										
	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	POR:										
		Lizbeth Paullan										

ANEXO G: DESINFECCIÓN DEL AGUA

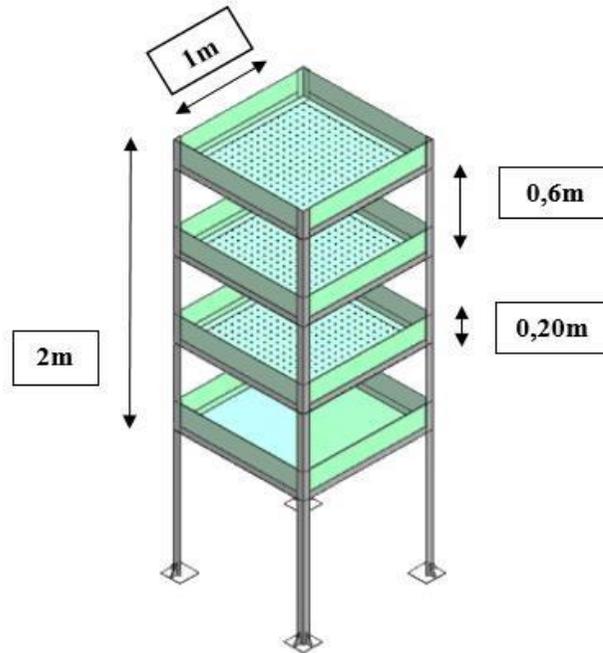
f)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR	Determinación de la calidad del agua de consumo de		
f).Desinfección del agua	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Lizbeth Paullan	la zona norte de las comunidades: Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi de la parroquia Calpi provincia de Chimborazo.		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	24/08/2023

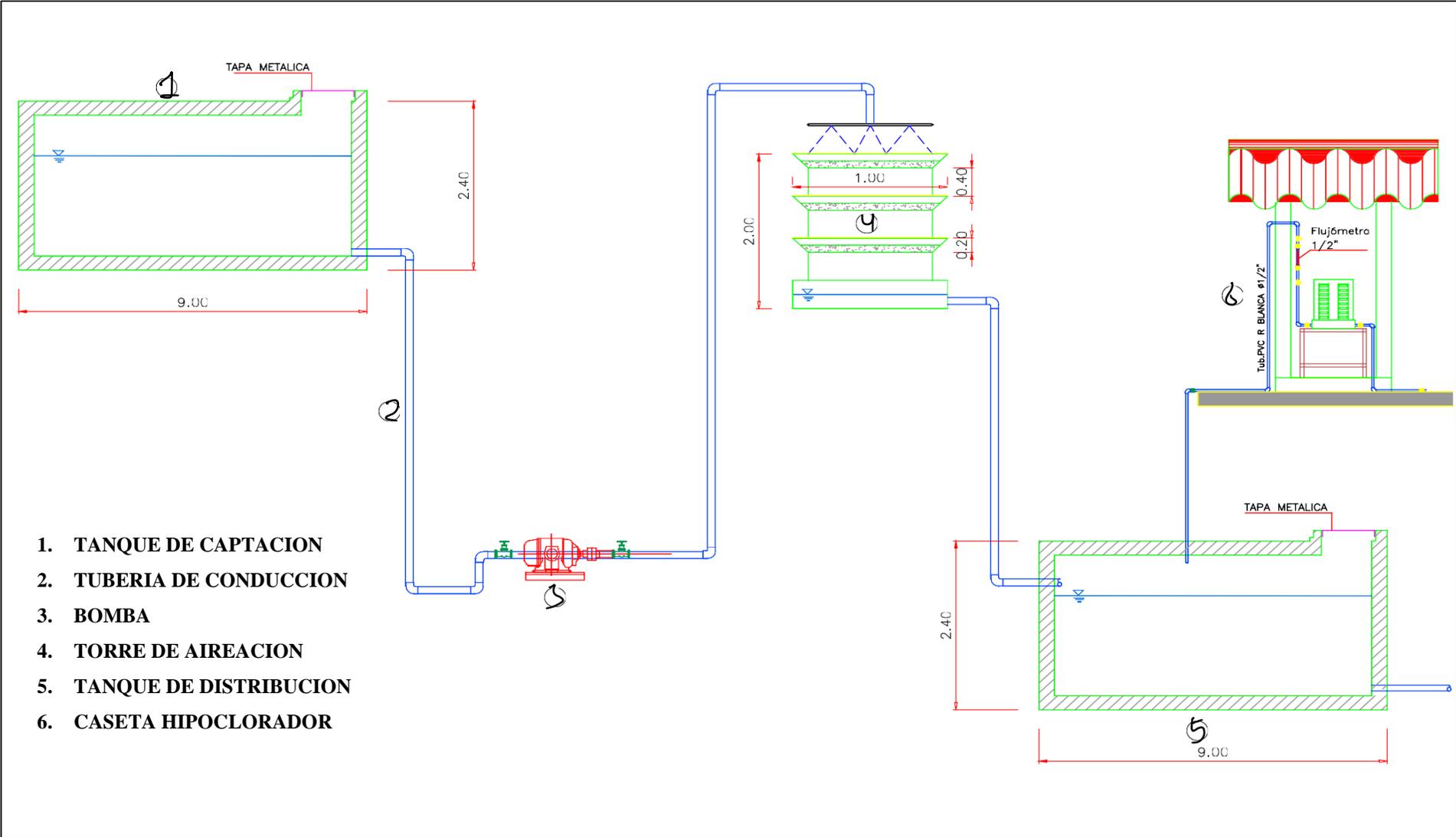
ANEXO H: MEDIDAS DE LA TORRE DE AIREACIÓN

g)



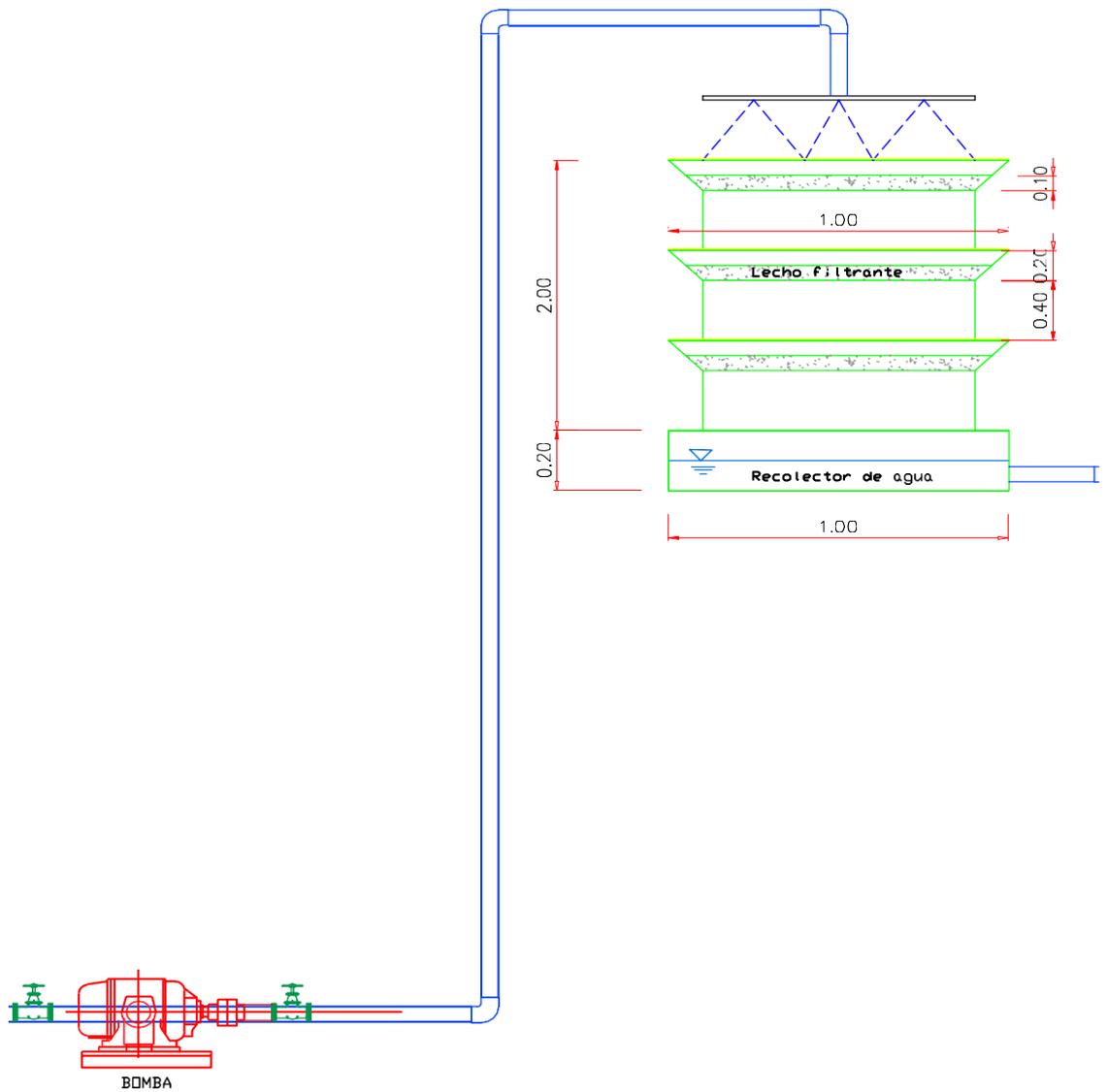
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR	Determinación de la calidad del agua de consumo de la zona norte de las comunidades: Jatari Campesino, Nitiluisa, San Vicente de Luisa y San José de Gaushi de la parroquia Calpi provincia de Chimborazo.	
g. Diseño de la torre de aireación	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Lizbeth Paullan	LÁMINA	ESCALA
			1	1:1
			FECHA	
			24/08/2023	

ANEXO E: ESQUEMA DEL SISTEMA



ANEXO F: TORRE DE AIREACIÓN

TORRE DE AIREACIÓN





esPOCH

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: 08/01/2024

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



2068-DBRA-UPT-2023