



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE  
CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO  
EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero hidráulico

**Autor / es:**

Chaluisa Umajinga Dennis Andres  
Pacheco Freire Marjuri Carola

**Tutor / es:**

Ing. Toaza Iza Jimmy Xavier MSc.

**CIUDAD - ECUADOR  
MARZO-2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Chaluisa Umajinga Dennis Andres, con cédula de ciudadanía No. 050370309-2, Pacheco Freire Marjuri Carola, con cédula de ciudadanía No. 050408435-1 declaro / amos ser autor/es del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, siendo el Ing. Toaza Iza Jimmy Xavier MSc., Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, febrero 26 del 2024



Chaluisa Umajinga Dennis Andres  
C.C: 050370309-2



Pacheco Freire Marjuri Carola  
C.C: 050408435-1

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHALUISA UMAJINGA DENNIS ANDRES**, identificado con cédula de ciudadanía No. **050370309-2** de estado civil soltero /a , a quien en lo sucesivo se denominará **EL / LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL / LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: a los 26 días del mes de febrero del 2024

Tutor: Ing. Toaza Iza Jimmy Xavier MSc.

**Tema: “EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL / LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL / LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL /LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL / LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** – **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL / LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del marzo del 2024.

  
Chaluisa Umajinga Dennis Andres  
**EL / LA CEDENTE**

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PACHECO FREIRE MARJURI CAROLA**, identificado con cédula de ciudadanía No. **050408435-1** de estado civil soltero /a , a quien en lo sucesivo se denominará **EL / LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL / LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: a los 26 días del mes de febrero del 2024

Tutor: Ing. Toaza Iza Jimmy Xavier MSc.

**Tema: “EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL / LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL / LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL /LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL / LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** – **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL / LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comuniquen, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del mes de marzo del 2024.



Pacheco Freire Marjuri Carola  
**EL / LA CEDENTE**

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, de Chaluisa Umajinga Dennis Andres; Pacheco Freire Marjuri Carola, de la carrera de Ingeniería Hidráulica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 26 de febrero del 2024



Ing. Joaza Iza Jimmy Xavier MSc.

C.C.: 171762106-2

**TUTOR / A**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el / la / los postulantes: Chaluisa Umajinga Dennis Andres; Pacheco Freire Marjuri Carola, con el título del Proyecto de Investigación “EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 26 de febrero del 2024

Para constancia firman:



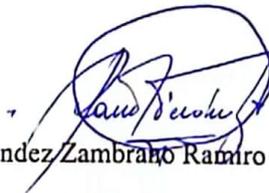
Ing. Riofrio Guevara Marco Antonio MSc.

C.C: 160068291-6  
**LECTOR 1**



Ing. Mogro Cepeda Yenson Vinicio MSc.

C.C: 050165751-4  
**LECTOR 2**



Ing. Fernandez Zambrano Ramiro Trajano MSc.

C.C: 050155297-0  
**LECTOR 3**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por la formación integral que ha hecho posible esta tesis. Mi reconocimiento especial a la Junta Administradora de Agua del Barrio Zumbalica. A mi familia, amigos y profesores, gracias por su apoyo incondicional en este significativo logro.*

*Dennis Andres Chaluisa Umajinga*

*Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención es especial para Dios, mis Padres, mi Esposo, mis Hermanos y a mi Hija. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayuda al otro para que este se supere.*

*Mi gratitud, también a la Universidad Técnica de Cotopaxi, mi agradecimiento sincero al asesor de mi tesis, gracias a cada docente quienes con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.*

*Marjuri Pacheco*

## **DEDICATORIA**

*Con reverencia a Dios, dedico esta tesis como testimonio de gratitud. A mi amado padre, Julio Andrés Chaluisa Quishpe, y a mi querida madre, María Fabiola Umajinga Ante, les dedico cada palabra como reflejo de su amor incondicional y guía. A mi valiente hermano, Stalyn Saul Chaluisa Umajinga, y a mi encantadora hermana, Sisa Mercedes Chaluisa Umajinga, por su constante inspiración. A familiares y amigos, esta tesis lleva consigo el eco de su apoyo incondicional. A los docentes de la carrera, mi reconocimiento por su sabiduría compartida. Que estas líneas expresen mi agradecimiento a quienes, de diversas formas, han sido los cimientos de mi travesía universitaria.*

*Dennis Andres Chaluisa Umajinga*

*Este trabajo se lo dedico a Dios primeramente porque siempre ha estado a mi lado dándome la fortaleza física para seguir adelante y sabiendo que con su ayuda todo es posible.*

*A mis padres porque han sido mi apoyo incondicional en todos los ámbitos de mi vida, por ser mi guía para lograr la superación, es una manera de retribuirles su amor llenándolos de gozo al saber que logre lo que tanto anhelaban.*

*A mi esposo por ser mi fortaleza y darme los ánimos para seguir, a mi hija por ser el principal propósito de superación.*

*El deseo de superación nunca debe cesar.*

*Marjuri Pacheco*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

## TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO ZUMBALICA, UBICADO EN EL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Autor / es:**

Chaluisa Umajinga Dennis Andres

Pacheco Freire Marjuri Carola

### RESUMEN

La investigación "Evaluación del Tratamiento de Agua de Consumo Humano en el Barrio Zumbalica, ubicado en el cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi" reveló una preocupante presencia de arsénico en el agua de la captación 5, la cual supera los límites permisibles por la normativa Libro VI, Anexo 1 del TULSMA. Por ende, se llevaron a cabo diversas actividades en el marco de este proyecto, las cuales incluyeron la planificación del muestreo, la definición de los puntos estratégicos de monitoreo, el análisis in situ de las condiciones del agua, así como la recolección, preservación y transporte de las muestras pertinentes.

El arsénico es un contaminante altamente tóxico que, cuando se consume en niveles elevados a través del agua, puede causar una serie de problemas de salud graves. Estos incluyen enfermedades crónicas como cáncer de piel, pulmón, vejiga y riñón, así como también pueden afectar el desarrollo infantil y contribuir a enfermedades cardiovasculares, diabetes y trastornos del sistema nervioso.

En respuesta a esta problemática, se recomienda un filtro de zeolita, un mineral microporoso con propiedades de adsorción, que reducirá significativamente los niveles de arsénico, garantizando así un suministro de agua seguro y cumpliendo con los estándares de calidad requeridos. La introducción de este filtro de zeolita representa un paso crucial hacia la mejora del tratamiento y gestión del recurso hídrico en el Barrio Zumbalica.

**Palabras clave:** Investigación, arsénico, agua, normativa, salud, tratamiento.

# **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “EVALUATION OF THE TREATMENT OF WATER FOR HUMAN  
CONSUMPTION IN THE ZUMBALICA NEIGHBORHOOD, LOCATED IN THE  
LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE”**

**Author:**

Chaluisa Umajinga Dennis Andres

Pacheco Freire Marjuri Carola

## **ABSTRACT**

The research "Evaluation of Human Consumption Water Treatment in Zumbalica Neighborhood, located in Latacunga Canton, Cotopaxi Province" revealed a concerning presence of arsenic in the water from capture point 5, which exceeds the permissible limits set by the regulations Book VI, Annex 1 of the TULSMA. Consequently, various activities were carried out within the framework of this project, which included the planning of sampling, the definition of strategic monitoring points, on-site analysis of water conditions, as well as the collection, preservation, and transportation of relevant samples.

Arsenic is a highly toxic contaminant that, when consumed in elevated levels through water, can cause a range of serious health issues. These include chronic diseases such as skin, lung, bladder, and kidney cancer, as well as potential impacts on child development and contributions to cardiovascular diseases, diabetes, and nervous system disorders.

In response to this issue, the recommendation is for the implementation of a zeolite filter, a microporous mineral with adsorption properties, which will significantly reduce arsenic levels, thereby ensuring a safe water supply and compliance with required quality standards. The introduction of this zeolite filter represents a crucial step towards improving the treatment and management of the water resource in Zumbalica Neighborhood.

**Keywords:** Research, arsenic, water, regulations, health, treatment.

## INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

“Evaluación del tratamiento de agua de consumo humano del barrio Zumbalica, Ubicado en el Cantón Latacunga provincia de Cotopaxi”

**Fecha de inicio:**

Diciembre del 2023

**Fecha de finalización:**

Febrero del 2024

**Lugar de ejecución:**

Barrio Zumbalica, Cantón Latacunga provincia de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Hidráulica

**Proyecto de investigación vinculado:**

**Equipo de trabajo:**

**Tutor:**

Ing. Toaza Iza Jimmy Xavier MSc.

**Investigadores:**

Chaluisa Umajinga Dennis Andres

Pacheco Freire Marjuri Carola

**Área de conocimiento:**

07 Ingeniería, industria y construcción

**Línea de investigación:**

Hidrología

**Sub líneas de investigación de la carrera:**

Gestión y manejo sostenible y/o sustentable del recurso hídrico

## ÍNDICE

PORTADA .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
DEDICATORIA.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INFORMACIÓN GENERAL .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 EL PROBLEMA.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema: .....	3
1.1.2 Formulación del problema:.....	5
1.2 BENEFICIARIOS: .....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN:.....	6
1.4 HIPÓTESIS (Obligatorio para proyecto de investigación) .....	7
1.5 OBJETIVOS: .....	7
1.5.1 General: .....	7
1.5.2 Específicos:.....	7
1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS ...	8
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	9
2.1 ANTECEDENTES .....	9
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	13
2.2.1 La importancia del Agua .....	13
2.2.2 Fuentes de Agua .....	14
2.2.3 Contaminantes del agua.....	16
2.2.4 Tratamientos de purificación del agua.....	18
2.2.5 Las características físico químicas .....	21
2.2.6 Agua y el consumo humano .....	23

2.2.7	Calidad del agua .....	24
2.2.8	Muestreo del agua.....	25
2.2.9	Normativa Legal.....	27
3.	Desarrollo de la propuesta .....	29
3.1	Metodología.....	29
3.1.1	Área de estudio .....	29
3.1.2	Trabajo de campo .....	33
3.1.3	Plan de muestreo.....	34
3.1.4	Parámetros de estudio.....	37
3.2	Análisis y discusión de los resultados.....	38
3.3	Propuesta del sistema hidráulico que mejore la calidad de agua .....	50
4.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	55
4.1	Conclusiones .....	55
4.2	Recomendaciones .....	56
5.	BIBLIOGRAFIA.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.2: Principales fuentes de agua [25].....	16
Tabla 2.2: Características físicas del agua [41]. .....	21
Tabla 3.3: Captación Toacazo coordenadas UTM WGS 84 .....	31
Tabla 4.3: Línea de Conducción del Sector Toacazo a Zumbalica .....	31
Tabla 5.3: Captación Quebrada Salintilín coordenadas UTM WGS 84.....	32
Tabla 6.3: Línea de conducción Quebrada Salintilín a Zumbalica.....	33
Tabla 7.3: Toma de muestra previo a la distribución .....	34
Tabla 8.3: Toma de muestra en el Domicilio .....	35
Tabla 9.3: Toma de muestras en las captaciones.....	35
Tabla 10.3: Toma de muestras en la Quebrada Salintilín.....	36
Tabla 11.3: Etiqueta para la muestra .....	37
Tabla 12.3: Métodos de laboratorio.....	37
Tabla 13.3: Normativa LIBRO VI, Anexo 1 (TULSMA).....	38
Tabla 14.3: Normativa NTE 1108 .....	39
Tabla 15.3: Resultado de laboratorio Captaciones (Toacazo).....	39
Tabla 16.3: Resultado de laboratorio Captaciones Quebrada (Salintilín) .....	40
Tabla 17.3: Resultado de laboratorio Tanque de almacenamiento Barrio Zumbalica .....	40
Tabla 18.3: Resultado de laboratorio Red de distribución .....	41
Tabla 19.3: Descripción del sistema de filtración .....	51
Tabla 20.3: Costo para la construcción del Tranque .....	53
Tabla 21.3: Componentes del filtro .....	54
Tabla 22.3: Procedimiento de mantenimiento.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2: Agua [17] .....	13
Figura 2.2: Fuentes de agua [22] .....	15
Figura 3.2: Contaminación del Agua [29] .....	17
Figura 4.2: Filtración del Agua [33] .....	18
Figura 5.2: Cloración del Agua [37] .....	19
Figura 6.2: Floculación y coagulación del agua [40]. .....	20
Figura 7.3: Mapa del Barrio Zumbalica [51] .....	29
Figura 8.3: Temperatura del área de estudio (NASA PREDICTION) .....	30
Figura 9.3: Datos meteorológicos del área de estudio [52] .....	30
Figura 10.3: Captación Toacazo .....	31
Figura 11.3: Línea de conducción del Sector de Toacazo al Barrio Zumbalica .....	32
Figura 12.3: Captación Quebrada Salintilín (Sistema De Bombeo) .....	32
Figura 13.3: Línea de conducción Quebrada Salintilín a Zumbalica .....	33
Figura 14.3: Toma de muestra previo a la distribución .....	35
Figura 15.3: Toma de muestra final de distribución Domicilio .....	35
Figura 16.3: Toma de muestra en Toacazo .....	36
Figura 17.3: Toma de muestra en la quebrada Salintilín (Sistema De Bombeo) .....	36
Figura 18.3: Cobre .....	42
Figura 19.3: Cromo Hexavalente .....	42
Figura 20.3: Fluoruros .....	43
Figura 21.3: Hierro .....	43
Figura 22.3: Nitratos .....	44
Figura 23.3: pH .....	44
Figura 24.3: Sulfatos .....	45
Figura 25.3: Turbiedad .....	45
Figura 26.3: Bario .....	46
Figura 27.3: Coliformes fecales .....	46
Figura 28.3: Nitratos .....	47
Figura 29.3: Arsénico red de distribución .....	48
Figura 30.3: Arsénico captación .....	48
Figura 31.3: Presencia de arsénico en la Captación de Toacazo .....	49
Figura 32.3: Presencia de arsénico en la captación de a Quebrada de Salintilín .....	49

Figura 33.3: Esquema del filtro de Zeolita .....	51
Figura 34.3: Esquema de filtro de Zeolita .....	52
Figura 35.3: Vista superior del filtro de Zeolita .....	52
Figura 36.3: Grafica en cortes Filtro Zeolita .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

La provisión de agua se erige como un pilar esencial para el bienestar de la vida humana pues es necesaria para beber, cocinar, lavarse y asearse, así como también se utiliza para la agricultura, la industria y la generación de energía, destacando la imperiosa necesidad de salvaguardar la calidad y seguridad de este recurso vital, ya que es importante para garantizar la salud de las personas. El agua debe estar libre de contaminantes, como bacterias, virus y parásitos, pues estos contaminantes pueden causar enfermedades [1].

Ubicado en el corazón del cantón Latacunga, dentro de la pintoresca provincia de Cotopaxi, el Barrio Zumbalica alberga a una comunidad de aproximadamente 3050 personas viven en el barrio Zumbalica. Este núcleo poblacional depende fundamentalmente de un sistema de abastecimiento de agua que se obtiene del tratamiento de agua debido a la relevancia de este recurso para la subsistencia de la población se acentúa la necesidad de evaluar la calidad del agua.

La investigación propuesta tiene como objetivo primordial “Evaluar el tratamiento del agua, para consumo humano del Barrio Zumbalica, Ubicado en el cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi”, donde para alcanzar este propósito, se llevará a cabo un análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua examinando la calidad del agua. Según García este enfoque integral permitirá obtener una visión completa de la calidad y seguridad, asegurando que se cumplan los estándares del proceso de tratamiento, sino también que sea seguro para el consumo humano, ya que la importancia de esta evaluación radica en garantizar que el agua suministrada cumpla con los rigurosos estándares de calidad establecidos por la normativa ecuatoriana [2].

La población del Barrio Zumbalica confía en la seguridad y pureza del agua que consume diariamente por lo cual la toma de una muestra compuesta durante un período de 8 horas, con recolecciones individuales cada hora tomada entre las 9 a.m. y 4 p.m., tanto antes como después de la aplicación del tratamiento, permitirá que los resultados de esta investigación servirán como indicadores de la calidad del suministro, así como para identificar posibles mejoras en el tratamiento del agua. La aplicación de medidas correctivas, en caso de ser necesarias, contribuirá a la protección de la salud de la localidad.

Este estudio aborda la importancia intrínseca de la calidad del agua y se posiciona como un mecanismo proactivo para resguardar la salud pública, ya que al asegurar que el agua suministrada cumple con los estándares establecidos, se contribuye significativamente a la prevención de posibles riesgos para la salud, consolidando así un entorno seguro y saludable para la comunidad del Barrio Zumbalica donde el enfoque integral garantiza la disponibilidad de agua y fortalece la resiliencia de la comunidad frente a desafíos relacionados con la seguridad del agua.

Para el desarrollo se verificará el cumplimiento del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos aprobado por el Decreto Ejecutivo No. 1115 de 2010 que es por el cual se rigen las juntas administradoras de agua del Ecuador, el cual establece que las juntas administradoras tienen como objetivo proporcionar agua a las comunidades rurales estableciendo los análisis que deben realizarse para el suministro del agua de acuerdo con los reglamentos técnicos del Ministerio de Salud Pública siendo que estos análisis deben realizarse al menos una vez al año [3].

Finalmente se propone como solución implementar medidas correctivas en el tratamiento del agua para garantizar la salud de la población local y asegurar un suministro hídrico seguro. Esto incluye identificar parámetros clave, neutralizar contaminantes y establecer protocolos de monitoreo continuo para cumplir con los estándares de calidad exigidos. El enfoque busca garantizar la calidad del agua y prevenir riesgos para la salud asociados con su consumo.

## **1.1 EL PROBLEMA**

### **1.1.1 Planteamiento del problema:**

En la sociedad actual, es crucial garantizar la calidad del agua para consumo humano, asegurando condiciones de pureza libre de contaminantes. Estos pueden desencadenar una variedad de problemas de salud. Este compromiso resalta la importancia de preservar los recursos hídricos para promover el bienestar general, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible del país.

La calidad del agua se determina mediante sus propiedades físico químicas y microbiológicas. Para el caso específico del Barrio Zumbalica ubicada en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi a 2.800 metros sobre el nivel de mar que se dedica principalmente a la agricultura, la ganadería y la artesanía, se han identificado a simple vista algunos problemas relacionados con la calidad del agua como es la presencia de turbidez, olores y sabores desagradables por lo cual evaluar estas características por medio de un análisis de diversos parámetros en laboratorio para su posterior comparación con valores de referencia normativos, así como las posibles sugerencias de corrección futuras [4].

El Ministerio del Ambiente es la entidad encargada de establecer la normativa para evaluar la calidad del agua en el país la cual define los parámetros conocidos como criterios de calidad del agua de los que depende los distintos tipos de uso y aprovechamiento del agua, asegurando así que se establezcan estándares específicos según la finalidad de su aplicación. La contaminación de las fuentes naturales de agua a nivel nacional guarda estrecha relación con las actividades urbanas y agrícolas siendo este fenómeno atribuible al uso excesivo de productos químicos en dichas zonas afecta negativamente la calidad del agua, generando preocupaciones ambientales y resaltando la necesidad de adoptar prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente [5].

La presencia de contaminantes en el agua es especialmente preocupante, ya que puede dar lugar a enfermedades. Acorde a como dicta la normativa vigente del Ecuador los análisis deben realizarse al menos una vez al año de acuerdo con los reglamentos técnicos del Ministerio de Salud Pública en base parámetros de turbiedad, color, pH, sólidos disueltos y suspendidos totales, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos y coliformes totales [3].

La falta de realizar los análisis del agua requeridos por lo menos una vez al año para garantizar la calidad de agua para el consumo es una problemática grave que puede tener consecuencias muy negativas para la salud de la población, pues los análisis del agua permiten determinar la calidad del agua y detectar la presencia de contaminantes antes de que pueden desembocar en enfermedades en la zona, ya que la falta de análisis del agua puede provocar que los contaminantes presentes en el agua no sean detectados y por lo tanto no se tomen las medidas necesarias para proteger la salud de la población, teniendo consecuencias especialmente graves, ya que el agua que se suministra a comunidades rurales, depende de las Juntas Administradoras de Agua donde la población es más vulnerable a los problemas de salud causados por la contaminación del agua [6].

La valoración de parámetros físico-químicos y microbiológicos, como parte de la nuestra investigación, resulta fundamental para identificar los agentes contaminantes, así como las soluciones futuras a plantearse para mejorar la calidad del recurso hídrico enfocando en que los resultados obtenidos permiten sustentar la selección medidas correctivas y mejoras adecuadas para normalizar los parámetros elevados detectados en el análisis donde el enfoque correctivo asegurará que el agua suministrada cumpla con los estándares de calidad adecuados para resguardar la salud de la comunidad.

Además será necesario comunicar a la comunidad los parámetros sobresalientes para denotar importancia de aplicar las medidas correctivas sugeridas en base a los resultados de este análisis, Informando de manera transparente y accesible sobre los parámetros más peligrosos detectados en el agua para que los residentes tomen acciones que contribuyan a garantizar su bienestar y que mejoren la calidad del agua que consumen generando acción que velarán por el cumplimiento de los estándares requeridos de a un recurso tan vital, en el Barrio Zumbalica.

### **1.1.2 Formulación del problema:**

¿Cómo influye el tratamiento del agua en el Barrio Zumbalica, Latacunga, Cotopaxi, en la calidad del suministro de agua para consumo humano, y qué medidas correctivas son requeridas para asegurar su potabilidad y seguridad sanitaria?

### **1.2 BENEFICIARIOS:**

La investigación sobre la evaluación del tratamiento de aguas de consumo humano del Barrio Zumbalica, ubicado en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, generara un impacto positivo en la salud pública, así como en las autoridades sanitarias de la comunidad donde los beneficiarios directos son los habitantes del Barrio Zumbalica que serán los principales beneficiarios de esta investigación. Al poder disponer de los resultados de la misma que determinarán los parámetros críticos sobre los cuales se plantea sugerencias para mejorar la calidad del agua que consumen.

Al identificar los posibles parámetros fuera de los niveles permitidos por la norma, se podrá tomar decisiones adecuadas sobre las medidas para reducir a valores normalizados que mejoren la calidad del agua, así como a prevenir enfermedades causadas por el consumo de agua dotando de sugerencias de mejora para el tratamiento de agua que se suministra a la comunidad. Además, al proporcionar a la comunidad los resultados de los análisis del agua podrán tomar más participación en la exigencia de una gestión del agua adecuada para el consumo.

Por otro lado, los beneficiarios indirectos serán las autoridades sanitarias responsables de garantizar la calidad del agua que al tener los resultados del análisis de esta investigación junto con las sugerencias de medidas para mejorar la calidad del agua en el Barrio Zumbalica, podrán seleccionar la alternativa de solución más adecuada acorde a sus recursos disponibles, ya que los resultados de la misma contribuirán al conocimiento sobre la calidad del agua que disponen y las soluciones que pueden aplicar. A continuación, se describen con más detalles los beneficios que esta investigación aportará a cada uno de los beneficiarios indirectos mencionados anteriormente.

Para las autoridades sanitarias:

- Las autoridades sanitarias podrán mejorar su capacidad para garantizar la calidad del agua en Ecuador.
- Se reducirá el riesgo de enfermedades gastrointestinales, respiratorias, dermatológicas y neurológicas causadas por la contaminación del agua.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN:**

La presente investigación tiene como propósito analizar la calidad del agua que actualmente consume la población del Barrio Zumbalica, enclavado en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, además de evaluar el tratamiento de agua donde la presencia de contaminantes constituye una amenaza directa para la salud. Dado que el agua es un elemento necesario para la alimentación, higiene y actividades diarias, se torna esencial llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la eficiencia del tratamiento de aguas destinadas al consumo humano con el propósito primordial de determinar si el agua suministrada cumple con los rigurosos estándares de calidad establecidos por la normativa INEN 1108 y Libro VI, anexo 1 del TULSMA. [7].

Este análisis crítico se vuelve crucial en la salvaguarda de la salud pública pues como establece la Ley Orgánica de Recurso Hídricos se de realizar un análisis de acuerdo con los reglamentos técnicos del Ministerio de Salud Pública por lo menos una vez al año, ya que este análisis no solo identifica posibles riesgos derivados de la presencia de contaminantes, sino que también sienta las bases para la implementación de medidas correctivas pues la importancia de este proceso radica en asegurar que el agua entregada a la comunidad del Barrio Zumbalica sea de calidad óptima, libre de riesgos para la salud y en plena conformidad con las normas [3].

Adicionalmente, las propuestas de mejoras para el tratamiento de agua actual, con el objetivo de plantear acciones correctivas en base a los parámetros identificados que permita normalizar la calidad del agua y así garantizar un suministro seguro y saludable para la población actual y futura de Zumbalica. Además, esto mejorará la calidad de vida de los habitantes, ya que les permitirá estar seguros de que el agua que consumen es segura para su salud dando como beneficiarios directos a los habitantes del Barrio Zumbalica y como indirectos a las autoridades sanitarias quienes se verán contribuidos con el conocimiento de los factores críticos y las posibles soluciones para mejorar la calidad del agua [8].

La investigación sobre la evaluación del tratamiento de aguas de consumo humano del Barrio Zumbalica es una iniciativa necesaria y justificada que contribuirá a mejorar la salud pública, la calidad de vida y el desarrollo sostenible de la comunidad donde el enfoque descriptivo que se aplicará en esta investigación abarcará un análisis exhaustivo, tanto cualitativo como cuantitativo, de los factores fisicoquímicos del agua en el Barrio Zumbalica, siguiendo las directrices establecidas por la normativa ecuatoriana.

#### **1.4 HIPÓTESIS (Obligatorio para proyecto de investigación)**

La variación de los parámetros físicos químicos y microbiológicos analizados en el tratamiento de agua de la Junta de agua del barrio Zumbalica y los límites permisibles establecidos por las normativas nacionales vigentes, incide en un posible incumplimiento en datos analizados.

#### **1.5 OBJETIVOS:**

##### **1.5.1 General:**

Evaluar el tratamiento del agua, para consumo humano del Barrio Zumbalica, Ubicado en el cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi.

##### **1.5.2 Específicos:**

- Realizar un levantamiento bibliográfico sobre tratamientos de agua y normativas nacionales y locales vigentes, para documentar adecuadamente las fuentes de consulta.
- Caracterizar la zona de estudio, para la determinación de los puntos de muestreo.
- Muestreo del agua previo y posterior al tratamiento, para su respectivo análisis en el laboratorio.
- Analizar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras, para visualizar el cumplimiento en conformidad con la INEN 1108 y Libro VI, anexo 1 del TULSMA.
- Recomendar nuevos sistemas hidráulicos que mejoren la calidad de agua, para garantizar el consumo.

## 1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Realizar un levantamiento bibliográfico sobre tratamientos de agua y normativas nacionales y locales vigentes, para documentar adecuadamente las fuentes de consulta.	Levantamiento Bibliográfico de información en bases científicas, consultas normativas oficiales y bibliotecas	Obtención de información sobre tratamientos de agua y normativas nacionales y locales vigentes.	Revisión exhaustiva de literatura científica, normativas gubernamentales y documentos relevantes.  Utilización de medios tecnológicos para la obtención de información.
Caracterizar la zona de estudio, para la determinación de los puntos de muestreo.	Caracterización de la Zona de Estudio y Selección de Puntos de Muestreo	Descripción detallada de la zona de estudio y ubicación precisa de los puntos de muestreo.	Visitas al área de estudio para recopilar información geográfica, demográfica y ambiental.  Mapeo y técnicas de observación directa para seleccionar estratégicamente los puntos de muestreo.
Muestreo del agua previo y posterior al tratamiento, para su respectivo análisis en el laboratorio.	Muestreo del Agua	Muestras de agua recolectadas en puntos designados antes y después del tratamiento.	Toma de muestras  Uso recipientes estériles y técnicas de muestreo
Analizar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras, para visualizar el cumplimiento en conformidad con la INEN 1108 y Libro VI, anexo 1 del TULSMA.	Pruebas de laboratorio para determinar la composición fisicoquímica y microbiológica del agua.	Datos detallados sobre la composición fisicoquímica y microbiológica de las muestras, evaluados según los estándares de la INEN 1108 y el Libro VI, anexo 1 del TULSMA.	Métodos de análisis de laboratorio para evaluar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos
Recomendar nuevos sistemas hidráulicos que mejoren la calidad de agua, para garantizar el consumo.	Búsqueda de nuevos sistemas hidráulicos para el tratamiento del agua.	Sistema hidráulico que mejore la calidad de agua para garantizar el consumo de agua.	Utilización de medios tecnológicos para la obtención de información, sobre el tratamiento del agua.

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

El Centro De Investigación En Materiales Avanzados, en los países de España, México y Argentina, realizaron un proyecto denominado Arsénico II, en el año 2013, el cual establece que los metales pesados son elementos propios de la naturaleza con un peso molecular alto, la acumulación de dichos elementos puede llegar a producir efectos nocivos en el ecosistema como en la salud humana.

La contaminación por arsénico en la actualidad es un problema que va ascendiendo en lugares específicamente en zonas de escaso desarrollo urbano. La Organización Mundial de la Salud en el 2018, estableció que la exposición a corto y largo plazo, ya sea a bajas concentraciones de Arsénico causa diversas enfermedades como son: eczemas en la piel, hiperqueratosis en las palmas, verrugas, insuficiencia renal aguda, leucemia, daños en el sistema neurológico, entre otros. En América Latina el incremento de la concentración del Arsénico es las fuentes de agua es considerable debido a factores naturales de origen geológico. Es así como se genera un impacto ambiental que limita el uso de dicho recurso natural factor que impide el desarrollo socioeconómico y sostenible del lugar y del país.

María Cabrera y David Pinos, estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Central del Ecuador, en su artículo científico publicado en el año 2022, manifiestan que en varios países de América del Sur entre ellos: Argentina, Chile, México, El Salvador; por lo menos 4 millones de personas beben agua con niveles de arsénico en forma permanente, que ponen en riesgo su salud. Las concentraciones de arsénico en el agua, sobre todo en el agua subterránea, presentan niveles que llegan en algunos casos hasta 1000 ug/L. En otras regiones del mundo como India, China y Taiwán el problema es aún mayor. De acuerdo a la información obtenida, en India existen alrededor de 6 millones de personas expuestas, de las cuales más de 2 millones son niños. En Estados Unidos más de 350000 personas beben agua cuyo contenido es mayor que 500 ug/L de arsénico, y más de 2.5 millones de personas están siendo abastecidas con agua con tenores de arsénico mayores a 25 ug/L [9].

En el Ecuador la contaminación con arsénico fue detectada recientemente en aguas geotermales, aguas subterráneas y superficiales y sedimentos. En la laguna de Papallacta cuando se encontraba en proceso de remediación debido a la contaminación con petróleo crudo por una rotura del Oleducto Transecuador SOTE ocurrida en el 2003. Un estudio di como resultado que, en las cercanías de la Laguna, en ríos y aguas termales, las concentraciones de arsénico eran entre 39 a 105.60 ug/L. Y en ese mismo estudio, se determinó que las concentraciones de arsénico en la Laguna Papallacta eran de 390 y 670 ug/L. Técnicos ambientales y expertos manifestaron que las posibles causas de la alta concentración de arsénico en la Laguna de Papallacta fueron la remoción de sedimentos de la Laguna durante el proceso de remediación [9].

Jenifer Cáceres y Mery Diaz, estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el año 2022 presentaron un proyecto de investigación que tiene como título, “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3500 y 3600 m.s.n.m. en la parroquia de Toacaso”. presentado previo a la obtención del Título de Ingenieras Ambientales, manifiestan que, La quebrada Talahuachana ubicada en la parroquia de Toacaso, área de estudio que se ubica en un ambiente tectónico con compleja geología de rocas ígneas y sedimentarias del cuaternario aluvial y volcánico, factores que predisponen a la contaminación del medio ambiente natural y del agua que consume la población contaminada por As. Hossain (2006) establece que el agua es la vía principal de entrada en la cadena alimentaria humana a través de ingesta y el consumo de alimentos de origen vegetal (verduras, hortalizas) y animal (carnes, leche) que han sido producidos con agua contaminada esto promueve la acumulación del metaloide en el cuerpo humano afectando a la salud de los habitantes del lugar como fuera del mismo, ya que sus productos son comercializados dentro del mercado agropecuario [10].

Por otro lado, en la investigación de Martínez cuyo objetivo principal fue constatar que las plantas potabilizadoras cumplan con la normativa para suministrar agua segura para el consumo humano através de enfocarse en análisis de la turbidez como un indicador clave en el proceso de potabilización determino la correlación entre la turbidez y otros parámetros del agua en base a datos históricos recopilados entre 2011 y 2015 abordando una metodología donde se incluye la toma periódica de muestras y pruebas tanto en el agua de entrada (afluente) como en la salida (efluente) de la planta procediendo al análisis de estos diversos parámetros de calidad del agua

se calculan los coeficientes de correlación lineal de Pearson arrojando los resultados donde se revela que la turbidez presenta una correlación lineal positiva significativa con coliformes fecales ( $r = 0,70$ ), coliformes totales ( $r = 0,40$ ) y color aparente ( $r = 0,40$ ). Además, se destaca que la turbidez y los coliformes fecales muestran las correlaciones más fuertes [11].

En resumen, la investigación concluye que la turbidez en el agua tratada está estrechamente relacionada con la presencia de coliformes fecales, coliformes totales y color aparente identificando que estos hallazgos pueden tener implicaciones prácticas en la gestión y mejora de los procesos de potabilización, proporcionando información valiosa para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano [11].

En la investigación de Salazar que se llevó a cabo con el propósito de evaluar la calidad del agua en la laguna de Punrun, mediante un análisis multiparámetro (HANNA HI 98194), en el cual se realizaron mediciones in situ de pH, conductividad y oxígeno disuelto (OD) en los puntos 3 puntos de estudio se logró obtener valores de 7,74 pH, 7,59 pH y 7,78 pH, respectivamente, ubicándose dentro de los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para el agua destinada al consumo humano. Posteriormente al recolectar muestras en frascos etiquetados y enjuagados con la misma agua de muestra, las cuales fueron llevadas al laboratorio para el análisis físico-químicos donde cuyos resultados permitieron evaluar las condiciones de calidad del agua y comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental se concluyó que según los análisis realizados, el agua de la laguna de Punrun cumple con los criterios establecidos y es considerada apta para el consumo, respaldando la idea de que el recurso hídrico de la laguna puede utilizarse sin riesgos significativos para la salud[12].

De acuerdo con Tunco en su estudio el cual se centra en la coagulación como un proceso para el tratamiento del agua donde se da la eliminación de partículas en suspensión mediante coagulantes químicos demostró que el uso de harina de haba como elemento coadyuvante del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua permite explorar una alternativa basada en coagulantes naturales en comparación con los coagulantes químicos tradicionales mejorando considerablemente la remoción de turbidez para esta investigación se llevaron a cabo pruebas de jarras donde se involucraron coagulación, floculación y sedimentación realizando pruebas con las mismas muestras de agua para permitir la comparación de rendimiento entre ambos. Las pruebas iniciales revelaron una turbidez de 114 UNT y un pH de 7.06 mientras que los resultados de la harina de haba, tanto como coagulante principal y como coadyuvante, arrojaron

una efectiva en la remoción de turbidez fijando una dosis y concentración óptima de 25 mg/L al 1%, resultando en una turbidez final promedio de 0.75 UNT [13].

Como síntesis la harina de haba demostró ser eficaz como coagulante, ofreciendo ventajas económicas en comparación con los coagulantes químicos como el sulfato de aluminio. Además, su uso puede contribuir a evitar enfermedades asociadas al empleo de sulfato de aluminio en el tratamiento del agua por lo cual este hallazgo sugiere que la harina de haba podría ser una alternativa viable y más sostenible en el tratamiento del agua [13].

A nivel nacional podemos encontrar el estudio de Rosales donde se resalta que pesar de que aproximadamente el 70% del planeta está cubierto de agua, solo un 3% de esta es dulce siendo indispensable para el desarrollo de la sociedad y vital para el funcionamiento del organismo humano. En su estudio se plantea como objetivo de evaluar la calidad del agua en la cuenca baja del río Lelía donde a través de análisis en diversos puntos durante condiciones hídricas específicas y extremas en verano e invierno se recolectaron un total de 12 muestras (6 en verano y 6 en invierno) para calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA) y establecer los parámetros de calidad del agua [14].

Los resultados los cuales indican que durante el verano (septiembre-noviembre), la calidad del agua es buena, sin embargo durante el invierno (febrero 2021) la calidad varía de mala a regular, y en abril de 2021, la calidad es considerada regular por lo que se destaca la necesidad de tomar medidas para ajustar las características del agua durante la temporada de invierno, con el fin de cumplir con la normativa vigente en Ecuador. En adición estos hallazgos resaltan la importancia de monitorear y gestionar la calidad del agua en diferentes condiciones climáticas para garantizar su adecuado uso y preservación [14].

Además, según la investigación de Pauta donde evaluó la calidad del agua en los ríos Tarqui, Yanuncay, Machángara y Tomebamba, afluentes del río Paute por medio de la aplicación del Water Quality Index (QWI) el cual utiliza amplió el análisis a 18 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizado a nueve campañas de monitoreo en cada río en diferentes períodos hidrológicos y midiendo las descargas de flujo. Señala que en las áreas de captación de los ríos, el agua es apta para diversos usos, sin embargo, a medida que avanzan aguas abajo, la calidad disminuye debido a descargas de aguas residuales sanitarias e industriales, así como a factores naturales como la escorrentía y la erosión sedimentaria dan una condición más crítica la cual se

observó durante condiciones de sequía, con una disminución del oxígeno disuelto, aumento de la temperatura, salinidad, materia orgánica y bacterias coliformes [15].

Durante períodos lluviosos, los indicadores de disminución de la calidad del agua fueron el color, la turbidez y los niveles de fósforo y nitrógeno concluyendo que los ríos presentan mejor calidad durante condiciones de flujo medio, predominantes durante la mayor parte del año. Estos resultados se relacionaron con objetivos de calidad establecidos en estudios anteriores, permitiendo una evaluación cualitativa del sistema de interceptación y tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cuenca, Ecuador además el enfoque ampliado del QWI ofrece una perspectiva integral de la calidad del agua y respalda la vigilancia continua de la misma [15].

## **2.2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.2.1 La importancia del Agua**

El agua es un elemento esencial para la existencia y sostenibilidad de la vida en nuestro planeta ya que solo el 3% de toda el agua del planeta es agua dulce su importancia trasciende las fronteras geográficas y las barreras culturales pues es un recurso fundamental para la supervivencia de todas las formas de vida conocidas, además la importancia del agua se refleja claramente en su influencia directa sobre la salud humana debido a que el acceso a agua y saneamiento adecuado es crucial para prevenir enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera y la disentería [16].



Figura 1.2: Agua [17]

Millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a agua limpia, lo que contribuye a la propagación de enfermedades y pone en peligro la vida de comunidades enteras. Además, el agua desempeña un papel esencial en la higiene personal, la preparación de alimentos y la agricultura, todos los cuales son componentes críticos para mantener una buena salud. En el

ámbito ecológico, el agua es un vital para la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres donde los cuerpos de agua albergan una asombrosa variedad de vida que depende de la calidad del agua para sobrevivir [18].

La contaminación junto a la sobreexplotación de los recursos hídricos son una amenaza para la diversidad biológica que puede tener consecuencias devastadoras para los ecosistemas por ello la conservación del agua con la gestión sostenible de los recursos hídricos son necesarios para mantener una biodiversidad que pueda preservar los ecosistemas. Por otro lado, en el sector agrícola, el agua es un recurso insustituible para la producción de alimentos que depende en gran medida de fuentes de agua adecuadas para el riego de cultivos, pues la escasez de agua puede dar lugar a la disminución de la producción agrícola ocasionando una inseguridad alimentaria donde los alimentos son suficientes para una población en constante crecimiento [19].

Además, el agua desempeña un papel central en el desarrollo sostenible según la Agenda 2030 de las Naciones Unidas que destaca la importancia del agua y el saneamiento como un objetivo independiente debido a su impacto transversal en áreas como la salud, la educación y la igualdad de género pues la disponibilidad y gestión sostenible del agua son fundamentales para abordar los desafíos globales, como el cambio climático y la pobreza, además de garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras [20].

En este contexto, el agua es un recurso vital cuya importancia abarca diversos aspectos de la vida en nuestro planeta los cuales van desde la salud humana hasta la preservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible, donde la disponibilidad y gestión adecuada del agua son muy importantes para garantizar un mundo saludable y equitativo. El cuidado del agua es responsabilidad de todos, a nivel individual y colectivo siendo importante trabajar para la conservación y el uso sostenible del agua que garantice un futuro próspero para las generaciones venideras.

### **2.2.2 Fuentes de Agua**

Las fuentes de agua son sitios donde el agua se encuentra de manera natural, ya sea en la superficie, como ríos, lagos y lagunas, o en el subsuelo, a través de acuíferos y manantiales, los cuerpos de agua desempeñan un papel primordial al proporcionar el recurso esencial para satisfacer las diversas necesidades en las comunidades, la agricultura, la industria y el

ecosistema en general resaltando por ser vitales para el suministro de agua, que debe ser asegurado para garantizar la salud y bienestar de la población. Además, servir como puntos de recreación y espacios naturales que favorecen al bienestar emocional y social de las personas al estar en la superficie [21].



Figura 2.2: Fuentes de agua [22]

Las fuentes de agua son muy utilizadas para el riego de cultivos por lo cual son muy importantes para asegurar la productividad y sostenibilidad de la actividad agrícola por lo cual el acceso a fuentes de agua confiables es decisivo para mantener una seguridad alimentaria junto con el desarrollo económico en áreas agrícolas, además las fuentes de agua proporcionan el flujo necesario para la realización de operaciones industriales por lo cual es importante tener conocimiento de cómo están siendo utilizadas estas fuentes pues no se puede usar como una fuente de agua una fuente que se está utilizando para una actividad industrial [23].

Además, las fuentes de agua son hábitats esenciales para la vida silvestre ya que albergan una diversidad de especies acuáticas y terrestres pues cuando las condiciones son adecuadas se convierten en pilares de ecosistemas acuáticos los cuales impactan directamente a la biodiversidad y estabilidad de los ecosistemas circundantes cumpliendo con un papel multifacético donde en el sostenimiento de la vida y el funcionamiento de diversas actividades humanas se ve relacionado con la importancia de su conservación y manejo sostenible [24].

Tabla 1.2: Principales fuentes de agua [25]

Fuentes de agua	Descripción
Ríos:	Son corrientes de agua que fluyen continuamente en una dirección definida. Los ríos a menudo se utilizan para la navegación, la generación de energía hidroeléctrica y el suministro de agua.
Arroyos:	Son corrientes de agua más pequeñas que los ríos y generalmente se alimentan de afluentes y desembocan en ríos.
Acuíferos:	Son capas de roca o sedimento permeables que contienen agua subterránea. Los pozos perforados en acuíferos proporcionan agua para muchas comunidades y actividades agrícolas.
Precipitación:	La lluvia, la nieve, el granizo son tipos de precipitación directa desde la atmósfera que se convierten en una fuente importante de recarga para ríos y acuíferos.
Manantiales:	Puntos en la superficie donde el agua subterránea emerge naturalmente. Los manantiales a menudo alimentan arroyos y ríos.

### 2.2.3 Contaminantes del agua

El agua es un recurso vital para la vida en la Tierra, pero su pureza y disponibilidad están constantemente amenazadas por una variedad de contaminantes que provienen de diversas fuentes que pueden llegar a tener impactos devastadores en nuestro entorno. Uno de los contaminantes más comunes y preocupantes es la contaminación química cuando se da la liberación de sustancias tóxicas y productos químicos industriales en cuerpos de agua, así como la presencia de pesticidas y fertilizantes en ríos y lagos, afectando la calidad del agua y amenazando la vida junto con los metales pesados y compuestos orgánicos en el agua, creando problemas de contaminación a largo plazo [26].

La contaminación microbiológica es otra preocupación importante especialmente en áreas donde el acceso a sistemas de saneamiento adecuados es limitado, ya que las bacterias, virus y otros patógenos pueden propagarse ampliamente a través del agua contaminada, causando enfermedades transmitidas por el agua que afectan a millones de personas en todo el mundo pues la falta de tratamiento de aguas residuales y la disposición inadecuada de desechos humanos contribuyen significativamente a esta forma de contaminación [27].

Otros contaminantes como los nitratos y fosfatos que son nutrientes ampliamente usados en la agricultura pueden provocar la proliferación de algas en cuerpos de agua, creando lo que se conoce como floraciones de algas que al morir, desencadenan procesos que agotan el oxígeno en el agua, provocando zonas muertas donde la vida acuática no puede sobrevivir además de que en caso de consumo humano puede llevar a desarrollar enfermedades crónicas siendo aconsejable monitorear el uso de estos nitratos y fosfatos cerca de afluentes [28].



Figura 3.2: Contaminación del Agua [29]

Los plásticos representan una amenaza creciente en los últimos años para la salud de los cuerpos de agua, pues los desechos mal gestionados se acumulan en ríos y océanos, afectando a la fauna y potencialmente ingresando a la cadena alimentaria humana donde debido a una degradación lenta del plástico en micro plásticos se agrava aún más el problema, ya que estas diminutas partículas pueden tener impactos desconocidos en la salud humana y ambiental [30].

Además de los contaminantes ya mencionados, los metales pesados como el mercurio y el plomo que son altamente peligrosos y pueden persistir en el medio ambiente durante períodos prolongados son una de las principales amenazas debido a que al acumularse en el organismo, representa riesgos para la salud humana generando envenenamientos que no solo amenaza la salud humana, sino que también tiene consecuencias devastadoras para la biodiversidad acuática ya que generan la pérdida de hábitats acuáticos, reduciendo la población de peces y ocasionando una degradación general de la calidad del agua [31].

Abordar eficazmente la contaminación del agua requiere esfuerzos coordinados a nivel local, nacional e internacional resaltando la necesidad de políticas y regulaciones estrictas para controlar las descargas de contaminantes, así como inversiones en tecnologías de tratamiento de las aguas residuales y prácticas agrícolas sostenibles donde la realización de pruebas para verificar la calidad de agua de consumo debe ser una obligación pública para proteger la salud de las personas así como los recursos hídricos.

## 2.2.4 Tratamientos de purificación del agua

El acceso a agua y segura es un derecho humano donde el bienestar general de las comunidades en especial de las áreas rurales depende de las fuentes de agua que pueden contener contaminantes los cuales representen riesgos para la salud, por lo que es decisivo el implementar tratamientos de purificación del agua para garantizar su calidad. A continuación, se explorarán algunos de los métodos más comunes y efectivos utilizados en el tratamiento del agua:

### Filtración

La filtración emerge como uno de los métodos más básicos para purificar el agua ayudando a eliminar partículas sólidas, sedimentos y organismos suspendidos pues el procedimiento se lleva a cabo mediante el empleo de filtros con variados tamaños de poros, diseñados para capturar desde partículas de mayor envergadura hasta algunos microorganismos imperceptibles a simple vista por lo que llega a ser muy necesario para clarificar el agua, mejorando su transparencia y eliminando contaminantes visiblemente presentes [32].



Figura 4.2: Filtración del Agua [33]

Los filtros, al actuar como barreras selectivas, se convierten en guardianes que capturan y retienen impurezas, permitiendo obtener un agua más limpia y segura para el consumo humano por lo cual este método no solo contribuye a mejorar la calidad estética del agua al hacerla más transparente, sino que también cumple un papel crucial en la protección de la salud pública al reducir la presencia de agentes contaminantes potencialmente perjudiciales pues al adaptar los filtro a diferentes tamaños de partículas se obtiene un amplio rango de acción que hace a la filtración una herramienta de diversas aplicaciones, desde la potabilización del agua destinada al consumo humano hasta su implementación en procesos industriales que requieren agua de alta pureza [34].

## Desinfección

La desinfección constituye un elemento esencial en la salvaguarda contra microorganismos patógenos responsables de enfermedades transmitidas por el agua en el cual los agentes desinfectantes ampliamente empleados son el cloro, la cloramina y el ozono, compuestos químicos que desempeñan un papel crucial al erradicar bacterias, virus y parásitos presentes en el agua, asegurando así su seguridad microbiológica pues estos agentes desinfectantes ayudan a prevenir la propagación de enfermedades, protegiendo la salud pública [35].

## Cloración

El cloro, reconocido por su eficacia y accesibilidad se utiliza de manera extendida en sistemas de tratamiento de agua para neutralizar microorganismos dañinos, aunque también se presenta combinaciones como la cloramina que es una combinación de cloro y amoníaco que ofrece una desinfección más sostenible y de liberación controlada. Además, que el ozono que es un potente oxidante destaca por su capacidad para destruir microorganismos y compuestos orgánicos, sin dejar residuos químicos indeseados en el proceso [36].



Figura 5.2: Cloración del Agua [37]

La cloración del agua es necesaria para dar una garantía de que el suministro de agua es seguro y saludable para la población que es la base básica sobre la cual se erigen los sistemas de desinfección. En primer lugar, se debe dar una evaluación de la calidad del agua que se busca tratar para con esta información determinar la adaptación del proceso según las necesidades específicas, asegurando así una desinfección más efectiva [38].

Además, es necesario mantener un monitoreo de los sistemas de tratamiento de agua, desde la captación hasta la distribución, para garantizar que estén en condiciones óptimas y sean compatibles con el proceso de cloración. El uso responsable de estos agentes desinfectantes garantiza la efectividad del proceso sin comprometer la calidad del agua pues se debe tener en consideración el volumen de agua a desinfectar para no generar subproductos no deseados. En conjunto el uso de diferentes procesos de tratamiento es indispensable para una correcta gestión del agua, asegurando que esta cumpla con los estándares.

### Coagulación y Floculación

Estos procesos químicos se aplican con el objetivo de eliminar partículas finas y coloides presentes en el agua donde para ello se introduce el uso de productos químicos coagulantes, los cuales generan la formación de agregados más grandes a través del proceso de floculación en el cual estos agregados, al unirse tienden a hundirse facilitan su separación del agua, permitiendo así la eliminación eficaz de sólidos suspendidos y la reducción de la turbidez, los coagulantes son añadidos son químicos que provocan la neutralización de cargas eléctricas en las partículas presentes, permitiendo que estas se agrupen y formen flóculos más grandes [39].



Figura 6.2: Floculación y coagulación del agua [40].

La floculación es una etapa del proceso que propicia la colisión y unión de los flóculos, incrementando su tamaño por lo cual se sedimentan con mayor eficacia y pueden ser separados mediante métodos como la sedimentación o la filtración, beneficioso para la eliminación de sólidos suspendidos y turbidez en el agua pues mejora así su claridad y transparencia. Además, la adición de coagulantes seguida de la floculación es una estrategia química en el tratamiento del agua [40].

## 2.2.5 Las características físico químicas

El agua, elemento esencial para la vida en la Tierra, no solo se define por su pureza molecular, sino también por una serie de características físico químicas que determinan su calidad y su idoneidad para diversos fines las cuales abarcan desde la temperatura hasta la acidez pues son necesarias para comprender la naturaleza y la utilidad que se le puede dar al agua en contextos que van desde el abastecimiento doméstico hasta la conservación ambiental [41].

Tabla 2.2: Características físicas del agua [41].

Características Químicas	Físico-	Definición
<b>Temperatura</b>		La temperatura del agua es un parámetro que afecta su capacidad para disolver sustancias y sostener la vida acuática pues las variaciones de temperatura influyen en la solubilidad de gases, como el oxígeno. Además, la temperatura del agua puede afectar la eficacia de los procesos de tratamiento del agua.
<b>Color</b>		El color del agua puede variar debido a factores como la presencia de materiales orgánicos o inorgánicos disueltos. Puede ser un indicador de la calidad del agua y de posibles problemas de contaminación.
<b>pH (Potencial de Hidrógeno)</b>		El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua que ayuda a determinar la idoneidad del agua para diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura y la industria.
<b>Conductividad Eléctrica</b>		Está relacionada con la cantidad de sales disueltas en ella y evalúa la salinidad del agua pues aguas con altas concentraciones de sales pueden afectar negativamente la calidad del suelo y la salud de los cultivos.
<b>Turbidez</b>		Mide la cantidad de partículas suspendidas en el agua y afecta la claridad visual ya que altos niveles de turbidez pueden ser indicativos de sedimentación y erosión, lo que puede afectar negativamente la calidad del agua.
<b>Oxígeno Disuelto</b>		El oxígeno disuelto es esencial para la vida acuática, ya que muchos organismos dependen de él para la respiración. Niveles bajos de oxígeno pueden resultar en zonas muertas, perjudicando la biodiversidad acuática
<b>Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Sólidos Suspendidos Totales (SST):</b>		Los SDT y SST representan la cantidad de materia sólida presente en el agua donde altos niveles de estos sólidos pueden afectar la calidad, sabor y su aptitud para diversos usos del agua.
<b>Dureza</b>		La dureza del agua está relacionada con la concentración de minerales, especialmente calcio y magnesio que influye en la calidad del agua para el consumo humano y la agricultura.

### Parámetros químicos

Los parámetros químicos del agua son indicadores usados para describir la composición del agua que son necesarios para evaluar su calidad e idoneidad para diversos propósitos por lo cual el monitorear estos parámetros químicos permite comprender la calidad del agua y tomar decisiones sobre su tratamiento y gestión sobresaliendo la necesidad de una evaluación continua de estos indicadores para la preservación de los recursos hídricos y a la protección de la salud humana [42].

- **Nitratos y Nitritos:** La presencia de nitratos y nitritos en el agua puede ser indicativa de la contaminación por nutrientes, especialmente de fuentes agrícolas que llegan a afectar la calidad del agua y contribuir a la eutrofización [43].
- **Fosfatos:** Los fosfatos en el agua son nutrientes esenciales, pero su exceso puede contribuir a la eutrofización y al crecimiento excesivo de algas [43].
- **Metales Pesados:** La presencia de metales pesados como plomo, mercurio y cadmio en el agua puede ser tóxica y representar riesgos para la salud humana a través del consumo de agua contaminada [42].
- **Sulfatos:** Los sulfatos son sales que pueden encontrarse naturalmente en el agua, pero en presencia de concentraciones grandes puede afectar el sabor del agua y puede estar relacionada con procesos geológicos y actividades humanas [42].
- **Cloruros:** La concentración de cloruros en el agua es un indicador de la salinidad donde si existe altos niveles de cloruros se llega a afectar la calidad del agua para el consumo humano y la agricultura [42].
- **BOD (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y COD (Demanda Química de Oxígeno):** La BOD y la COD miden la cantidad de oxígeno requerido para la descomposición biológica y química de la materia orgánica en el agua. Son indicadores de la carga orgánica y la contaminación [44].
- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Compuestos Orgánicos Persistentes (COP):** Los COV y COP en el agua pueden ser contaminantes tóxicos que afectan la salud humana y el medio ambiente al provenir de fuentes, como la industria y la agricultura [44].

### **Parámetros microbiológicos**

Los parámetros microbiológicos del agua son indicadores que evalúan la presencia de microorganismos, enfocándose especialmente en aquellos que pueden representar riesgos para la salud humana como:

- **Coliformes Fecales:** como *Escherichia coli* (*E. coli*), son una subclase de coliformes que es indicador directo de la posible presencia de patógenos [44].

### **2.2.6 Agua y el consumo humano**

El agua de consumo es el líquido transparente que fluye de nuestros grifos y se encuentra embotellada en recipientes resultando en un bien preciado que a menudo es subestimamos en su importancia vital pues no es simplemente una bebida que sacia nuestra sed sino que es un componente esencial para mantener la salud humana y garantizar el funcionamiento adecuado de nuestros cuerpos pues la hidratación, un proceso vital para el funcionamiento adecuado de nuestros órganos y sistemas permitiendo la regulación de la temperatura corporal hasta la lubricación de las articulaciones, además de que cada célula y tejido de nuestro cuerpo depende del agua para mantenerse en equilibrio haciendo necesario el consumo regular de agua para prevenir la deshidratación junto con el ayudar a la salud de la piel, el sistema digestivo y la función renal [45].

El agua no solo cumple la función de solvente universal, sino que también es un vehículo crucial para la absorción de nutrientes esenciales en nuestro sistema digestivo, además actúa como un agente de detoxificación natural el cual ayuda a eliminar desechos y toxinas del cuerpo a través de la orina y el sudor por lo cual un consumo adecuado contribuye a mantener nuestros órganos libres de impurezas y a promover la salud a nivel celular, siendo asociado con la prevención de enfermedades cardiovasculares hasta la prevención de infecciones del tracto urinario ya que desempeña un papel activo en la preservación de la salud, actuando como un escudo natural que fortalece nuestro sistema inmunológico y facilitando la función eficiente de nuestros órganos vitales [46].

La hidratación adecuada está directamente vinculada al rendimiento cognitivo pues una deshidratación afecta a la concentración, la memoria y la función cognitiva en general por lo cual al buscar siempre el mantener un equilibrio hídrico adecuado, estamos apoyando no solo la salud física, sino también la agudeza mental y la capacidad para enfrentar desafíos intelectuales. Aunque en muchas partes del mundo millones de personas aún carecen de este recurso esencial el garantizar el acceso universal al agua de consumo es un imperativo ético y humanitario para enfrentar los desafíos actuales y futuros relacionados con el agua que va más allá de ser una bebida refrescante pues es un elemento vital que sustenta la vida misma [47].

### 2.2.7 Calidad del agua

La calidad del agua requiere una gestión adecuada que permita tener una disponibilidad de agua segura para el consumo humano, debido a que el agua contaminada con microorganismos patógenos, sustancias químicas tóxicas o metales pesados conlleva a causar enfermedades que afectan a comunidades enteras por lo cual se debe buscar una gestión sostenible de los recursos hídricos evitando la sobreexplotación y contaminación que afecta a la disponibilidad y calidad del agua en todo el mundo [26].

Los ecosistemas acuáticos, como humedales y manglares, dependen de que se mantenga una buena calidad del agua para conservar su estructura y funciones, ya que la contaminación resulta en una pérdida de hábitats acuáticos que afecta negativamente a especies vegetales y animales adaptadas a esas condiciones. La calidad del agua, por lo tanto, desempeña un papel vital en la conservación de estos ecosistemas únicos donde el aumento de la población y la industrialización han intensificado la presión sobre los recursos hídricos y la calidad del agua presentando desafíos adicionales [23].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece directrices para la calidad del agua de consumo humano como que el agua debe ser inocua, es decir, no debe contener microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud. En el Ecuador, el Ministerio de Salud Pública establece en la norma técnica NTE INEN 1108 los valores máximos permisibles para los parámetros de calidad del agua de consumo humano donde se debe cumplir con los siguientes requisitos:

El agua de consumo humano debe estar libre de microorganismos patógenos. El número total de bacterias coliformes debe ser inferior a 100 por 100 mililitros (mL). El número de bacterias *Escherichia coli* debe ser inferior a 10 por 100 mL [48].

El agua de consumo humano no debe contener contaminantes químicos a niveles perjudiciales para la salud. Los principales límites establecidos por el reglamento son los siguientes:

- Plaguicidas: los límites máximos permisibles para los plaguicidas más comunes están establecidos en el reglamento [48].
- Metales pesados: los límites máximos permisibles para los metales pesados más comunes están establecidos en el reglamento [48].

- Sólidos disueltos totales: el límite máximo permisible es de 500 miligramo por litro (mg/L).
- Arsénico: el límite máximo permisible es de 0,01 mg/L.
- Fluoruros: el límite máximo permisible es de 1,5 mg/L.
- Nitrógeno: el límite máximo permisible para el nitrógeno total es de 10 mg/L.
- Cloro: el límite máximo permisible para el cloro libre residual es de 0,2 mg/L.

El agua de consumo humano debe ser transparente, incolora y sin olor. La turbidez del agua debe ser inferior a 5 unidades nefelométricas de turbidez (UNT). El color del agua debe ser inferior a 20 unidades color (UC). El olor del agua debe ser indetectable [48].

### **2.2.8 Muestreo del agua**

El muestreo del agua busca capturar una imagen precisa y representativa de las características del agua en un lugar y momento específicos por lo cual tener una representatividad de la fuente de agua es muy importante para realizar evaluaciones precisas sobre la calidad del agua y su gestión. La elección de la ubicación de muestreo debe ser estratégica y dependerá de los objetivos específicos a medir considerando que los puntos de muestreo deben seleccionarse de acuerdo a la variabilidad espacial y temporal, así como la presencia de fuentes potenciales de contaminación todo con el fin de lograr una imagen completa de la calidad del agua del área de estudio [42].

El muestreo del agua puede implicar la recolección de diferentes tipos de muestras, como muestras superficiales, subterráneas o de sedimentos en las cuales cada tipo de muestra proporciona información valiosa sobre aspectos específicos de la calidad del agua, desde la presencia de contaminantes hasta la biodiversidad en los hábitats acuáticos es por ello que los parámetros a medir varían según los objetivos del muestreo llegando a incluir parámetros físicos como temperatura, turbidez, químicos como el pH, concentración de contaminantes y microbiológicos para identificar la presencia de bacterias patógenas [14].

Existe diversas técnicas de muestreo que se emplean según el medio acuático y los objetivos del estudio, pero todas ellas utilizan dispositivos como botellas de muestreo, sondas multiparámetro y redes de plancton para obtener muestras representativas de diferentes partes del agua resaltando que la selección de la técnica adecuada garantizara la validez de los resultados. Además, el muestreo puntual es valioso, pero el monitoreo continuo siempre

ofrecerá una visión más completa de las fluctuaciones en la calidad del agua a lo largo del tiempo [49].

### **Muestra Compuesta**

Dentro la investigación se usó la muestra compuesta para evaluar la calidad del agua, proceso que implica la combinación de múltiples muestras individuales recolectadas en distintos momentos y ubicaciones con la finalidad de proporcionar una visión más representativa de las condiciones a lo largo del tiempo y el espacio. Al tomar las muestras en momentos específicos y lugares estratégicos, se busca una imagen más completa y precisa de la calidad del agua en un área determinada [49].

Este método es especialmente valioso en entornos donde las condiciones pueden variar significativamente debido a factores estacionales o eventos específicos en el cual se define un protocolo para recolectar muestras individuales en intervalos específicos para formar una muestra representativa del periodo de muestreo. La muestra compuesta resultante fijada fue de 8 horas con un intervalo de una hora el cual comenzó a las 9 am y terminó a las 4 pm para al final llevar las muestras a un análisis de laboratorio para evaluar una variedad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

La información obtenida a partir de Lacquagánalisis S.A. brinda los valores de los parámetros identificados en las muestras permitiendo la comparación con los valores permitidos por la norma NTE INEN 1108 y Libro VI, anexo 1 del TULSMA que permitirá sugerir mejoras en la gestión del agua con respecto a los parámetros más elevados. Al considerar estos parámetros de las fuentes hídricas, este enfoque contribuye a una comprensión más completa de la calidad del agua, facilitando la selección de medidas correctivas y preventivas para garantizar un suministro de agua seguro y sostenible.

### **Planes de muestreo**

Los planes de muestreo de agua son estrategias organizadas y sistemáticas diseñadas para recolectar muestras representativas que permitan evaluar la calidad del agua de manera efectiva siendo esenciales para obtener datos confiables y significativos sobre los parámetros de interés. Antes de diseñar un plan de muestreo, es crucial establecer los objetivos del estudio definiendo lo que se busca evaluar en la calidad del agua pues estos objetivos guiarán la selección de sitios, parámetros y frecuencia de muestreo [49].

Dentro de la identificación de los sitios de muestreo se deben tomar en cuenta la variabilidad espacial y temporal del sistema acuático en estudio ya que algunas consideraciones como las fuentes de contaminación, patrones de flujo del agua y características geomorfológicas deben considerarse al seleccionar sitios representativos en los cuales se usará una frecuencia de muestreo que permita con regularidad recoger las muestras llegando a ser diaria, semanal, mensual o estacional, acorde con los objetivos y la variabilidad temporal de los parámetros de interés señalando que la frecuencia debe ser suficiente para capturar eventos importantes y tendencias a lo largo del tiempo [38].

La elección del tipo de muestra depende de los objetivos del estudio y la información requerida resaltando que cada tipo de muestra proporciona datos específicos sobre la calidad del agua en diferentes contextos donde determinar los parámetros que se medirán en cada muestra como parámetros físicos (temperatura, pH), químicos (concentración de nutrientes, metales pesados) y microbiológicos (presencia de bacterias) deben seleccionarse en base a los estándares de calidad del agua aplicables a los objetivos de estudio [49].

Los equipos empleados para el muestreo como son el uso de botellas de muestreo, sondas multiparámetro, redes de plancton, entre otros dispositivos, según los parámetros y el medio ambiente específicos deben ser tratados adecuadamente durante el almacenamiento y transporte ya que el uso de contenedores que no estén limpios o sean inadecuados llevara a obtener resultados incongruentes por lo cual se debe dar una documentación detallada del manejo de las muestras para garantizar la validez y precisión de los datos buscando que los laboratorios y equipos usados estén también calibrados y certificados [38].

### **2.2.9 Normativa Legal**

#### **Leyes**

- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2017)
- Ley Orgánica de Salud (2014)
- Ley de Gestión Ambiental (2017)
- Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (2014)

## **Reglamentos**

- Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2018)

## **Normas técnicas**

- Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua (2018)

La normativa legal sobre el agua en Ecuador está compuesta por una serie de leyes, reglamentos, decretos y normas técnicas que regulan el uso, aprovechamiento y gestión del recurso hídrico. Resaltando que la ley fundamental que regula el agua en Ecuador es la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, promulgada en el año 2014 en la cual se establece los principios, objetivos y políticas de la gestión del agua en el país, así como los derechos y obligaciones de los usuarios del recurso [3].

Además, El reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, aprobado en el año 2015, establece los procedimientos y requisitos para el otorgamiento de autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua, así como los mecanismos de control y vigilancia del recurso [50].

Otros instrumentos legales relevantes en materia de agua son:

- La Ley Orgánica de Salud, que establece los parámetros de calidad del agua para consumo humano.
- La Ley de Gestión Ambiental, que regula la protección y conservación del ambiente, incluyendo el recurso hídrico.
- El Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, que establece las normas para la prestación de servicios de agua y saneamiento.

La normativa legal sobre el agua en Ecuador está en constante evolución, con el objetivo de garantizar la protección y conservación del recurso hídrico y el acceso de la población a agua segura y de calidad.

### 3. Desarrollo de la propuesta

#### 3.1 Metodología

##### 3.1.1 Área de estudio

###### Ubicación

El barrio Zumbalica es uno de los barrios que conforma la parroquia Eloy Alfaro ubicado en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, aproximadamente a 2800msnm, y se halla limitado al norte con el barrio Escalera Loma, al sur con la ciudadela los Arupos, al este por el barrio la Calera y al oeste por el río Pitigua.



Figura 7.3: Mapa del Barrio Zumbalica [51]

###### Aspecto Socio económico

Según los datos recopilados a través del Censo y encuestas, la población actual en el barrio Zumbalica asciende a 3050 habitantes. La economía de Zumbalica se sustenta principalmente en la agricultura, destacándose en la producción de papa, maíz y frijol. Además, el barrio alberga diversas pequeñas empresas, entre las que se incluyen tiendas y restaurantes.

###### Clima

El clima del barrio Zumbalica al igual que toda la provincia de Latacunga posee un clima de alta montaña con temperaturas frescas y durante todo el año con una temperatura promedio de 11.31 grados Celsius. En época seca que se extiende desde el mes de junio a septiembre su temperatura promedio es de 10°C mientras que en época lluviosa de octubre a mayo la

temperatura alcanza 12°C, cabe mencionar que los datos obtenidos son de la plataforma de LARNASSA.

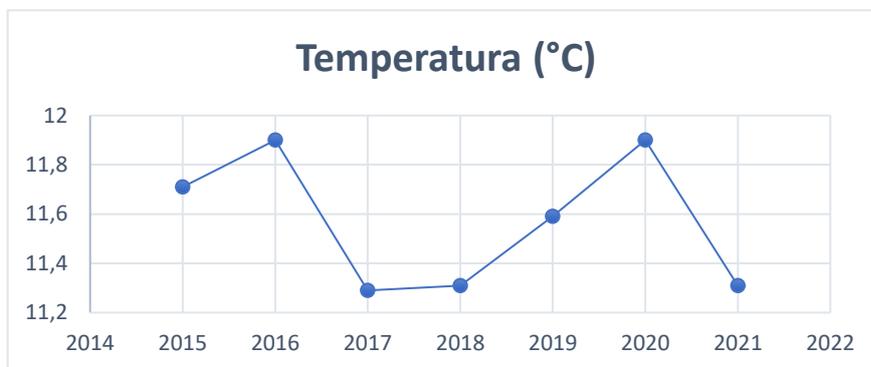


Figura 8.3: Temperatura del área de estudio (NASA PREDICTION)

Adicionalmente los demás datos meteorológicos de zona se muestran en la siguiente figura:

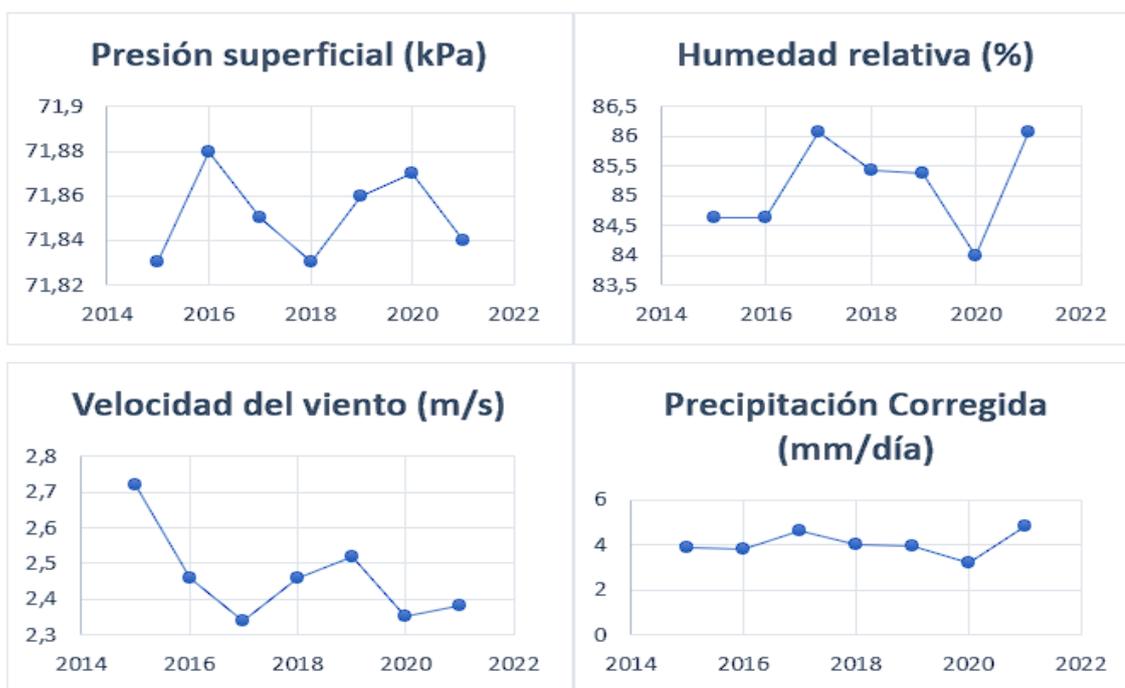


Figura 9.3: Datos meteorológicos del área de estudio [52]

### Establecimiento de puntos de monitoreo

El barrio de Zumbalica cuenta con dos áreas de captación:

Las primeras fuentes de agua se localizan próxima a la parroquia de Toacazo, donde se cuentan con múltiples puntos de captación. El agua captada se almacena en un tanque de reserva, luego

se conduce por gravedad a través de una línea de aproximadamente 15 km hasta llegar al tanque de almacenamiento en el barrio Zumbalica. Desde allí, se distribuye a los residentes del barrio.

Tabla 3.3: Captación Toacazo coordenadas UTM WGS 84

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Captación 1	9915417.65	756789.411	3150.18
Captación 2	9915393.693	756790.107	3154.03
Captación 3	9915264.345	756849.512	3167.31
Captación 4	9915174.255	756869.363	3145.74
Captación 5	9914318.836	756963.506	3102.57
Tanque de almacenamiento	9914253.297	756979.935	3101.90

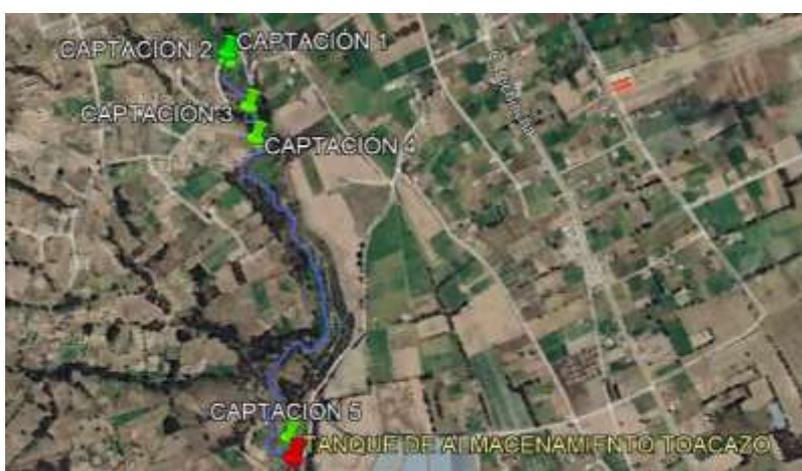


Figura 10.3: Captación Toacazo

Tras recorrer una tubería de 15 km desde los puntos de captación hasta el tanque de almacenamiento en el barrio Zumbalica, se procede al tratamiento del agua antes de su distribución a las viviendas locales.

Tabla 4.3: Línea de Conducción del Sector Toacazo a Zumbalica

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Tanque de almacenamiento (Toacazo)	9914253.297	756979.935	3101.90
Tanque de almacenamiento (Zumbalica)	9901194.641	761718.445	2950.57

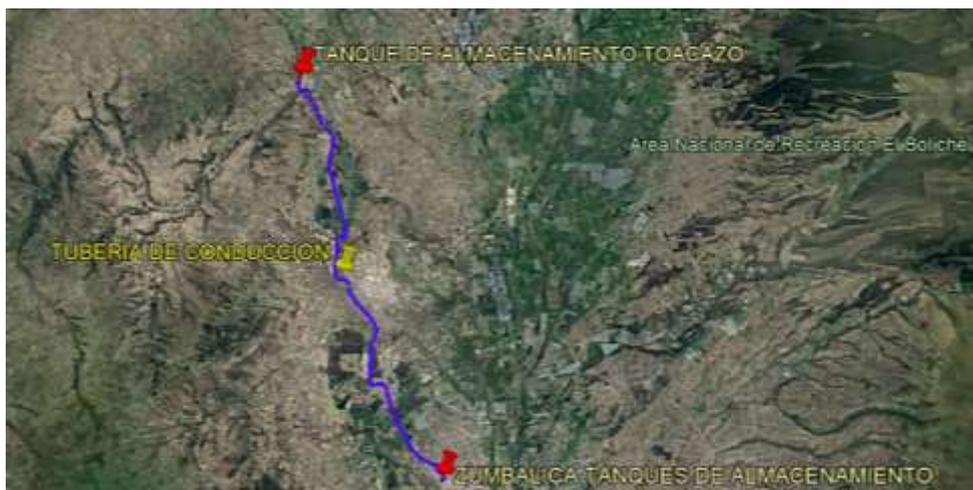


Figura 11.3: Línea de conducción del Sector de Toacazo al Barrio Zumbalica

La segunda fuente de abastecimiento de agua se halla en la quebrada de Salintilín, cerca del barrio Zumbalica Centro. Se captan aguas de 4 manantiales naturales, que son impulsadas mediante una bomba centrífuga de 25 HP hacia los tanques de almacenamiento en el barrio Zumbalica.

Tabla 5.3: Captación Quebrada Salintilín coordenadas UTM WGS 84

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Captación 1	9900420.624	761510.739	2859.10
Captación 2	9900420.624	761510.739	2859.10
Captación 3	9900420.624	761427.988	2861.20
Captación 4	9900706.321	761287.847	2865.30
Tanque de almacenamiento (casa de bombeo)	9900420.624	761510.739	2860.00



Figura 12.3: Captación Quebrada Salintilín (Sistema De Bombeo)

La tubería recorre 841 metros desde la casa de bombeo en la quebrada Salintilín hasta el barrio Zumbalica, donde están ubicados los tanques de almacenamiento. Aquí se realiza el tratamiento del agua antes de distribuirla a las viviendas.

Tabla 6.3: Línea de conducción Quebrada Salintilín a Zumbalica

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Tanque de almacenamiento (casa de bombeo)	9900420.624	761510.739	2841.03
Tanque de almacenamiento (Zumbalica)	9901194.641	761718.445	2950.57



Figura 13.3: Línea de conducción Quebrada Salintilín a Zumbalica

### 3.1.2 Trabajo de campo

Se llevaron a cabo diversas actividades en el marco de este proyecto, las cuales incluyeron la planificación del muestreo, la definición de los puntos estratégicos de monitoreo, el análisis in situ de las condiciones del agua, así como la recolección, preservación y transporte de las muestras pertinentes.

En la fase de planificación, se desarrolló un plan de muestreo que abarcó aspectos clave como la selección de dos puntos representativos uno ubicado previo a la distribución y el otro al final de la distribución en una vivienda, la determinación de la frecuencia abarco un periodo de 8 horas con un intervalo de una hora el cual comenzó a las 9 am y terminó a las 4 pm. donde estos lugares estratégicos se usaron para la recolección de muestras de la calidad del agua.

Durante el análisis in situ, se llevaron a cabo la toma de muestras y observaciones detalladas para evaluar parámetros visibles para buscar una recolección de muestras que asegure la representatividad en cada punto designado. Además, se implementaron técnicas de preservación para mantener la integridad de las muestras hasta su llegada al laboratorio manejado el transporte de las muestras con especial atención, asegurando condiciones adecuadas para su conservación y evitando cualquier posible contaminación durante el traslado.

Cada una de estas etapas se llevó a cabo con el máximo rigor y precisión para garantizar la fiabilidad de los datos recopilados para una evaluación exhaustiva de la calidad del agua en el tratamiento del barrio Zumbalica.

### 3.1.3 Plan de muestreo

La caracterización del tratamiento de agua en el barrio Zumbalica se llevó a cabo median la ejecución de un muestreo compuesto tomado en campo, con el fin de obtener resultados confiables estas muestras fueron enviadas para su análisis al laboratorio Lacquagánalisis S.A. enviando un total de ocho muestras distribuidas en dos puntos de muestreo para evaluar la calidad del agua a través del análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos estos análisis se llevaron a cabo en el mes de diciembre del 2023.

#### Muestreo

En las Figuras 14, 15, 16 y 17 se muestran los puntos de muestreo junto con sus respectivas coordenadas de ubicación. Estos puntos fueron seleccionados para llevar a cabo el análisis de la calidad del agua.

#### Toma de muestra en el tanque de almacenamiento previo a la distribución:

Tabla 7.3: Toma de muestra previo a la distribución

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Primera Toma previa a la distribución	9901194.641	761718.445	2950.57



Figura 14.3: Toma de muestra previo a la distribución

**Toma de muestra en el domicilio:**

Tabla 8.3: Toma de muestra en el Domicilio

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Acometida (medidor)	9899265.586	762856.101	2840.00



Figura 15.3: Toma de muestra final de distribución Domicilio

**Toma de muestras en las captaciones Sector de Toacazo:**

Tabla 9.3: Toma de muestras en las captaciones

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Captación 1	9915417.65	756789.411	3150.18
Captación 2	9915393.693	756790.107	3154.03
Captación 3	9915264.345	756849.512	3167.31
Captación 4	9915174.255	756869.363	3145.74
Captación 5	9914318.836	756963.506	3102.57



Figura 16.3: Toma de muestra en Toacazo

### Toma de muestras en la quebrada Salintilín (Sistema de bombeo):

Tabla 10.3: Toma de muestras en la Quebrada Salintilín

COORDENADAS UTM WGS 84			
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)
Captación 1	9900420.624	761510.739	2859.10
Captación 2	9900420.624	761510.739	2859.10
Captación 3	9900420.624	761427.988	2861.20
Captación 4	9900706.321	761287.847	2865.30



Figura 17.3: Toma de muestra en la quebrada Salintilín (Sistema De Bombeo)

### Recolección, preservación y transporte de muestras

Previo a la recolección de las muestras en campo, se prepararon los recipientes para la toma de muestras, así como también se desarrollaron las etiquetas para los puntos de muestreo como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11.3: Etiqueta para la muestra

<b>Fecha:</b>	<b>Hora:</b>
<b># de muestra:</b>	
<b>Encargado de toma de muestra:</b>	
<b>Punto de muestreo:</b>	

Adicionalmente se prepararon los materiales e implementos de muestreo como: cooler, hielo, agua destilada, guantes de nitrilo, libreta de anotaciones, cámara celular y GPS. Para la recolección se usaron implementos de seguridad como guantes junto al lavar los recipientes para toma de muestra para los análisis. También se procedió a llenar los frascos teniendo en cuenta se sellarán correctamente y se etiquetarán de forma adecuada.

Posteriormente las muestras recolectadas se depositaron inmediatamente en un cooler preservándolas con sustitutos de hielo hasta llegar al laboratorio Lacquagánalisis S.A. antes de cumplir las 24 horas de su toma.

### 3.1.4 Parámetros de estudio

Los análisis se realizaron en el laboratorio Lacquagánalisis S.A. en periodo del 19 de diciembre al 10 de enero del 2024. Cada ensayo se realizó mediante los procedimientos detallados en la Tabla 12:

Tabla 12.3: Métodos de laboratorio

Parámetro	Método
Aceites y grasas	PRO TEC 053/ Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520b
Cobre	PRO TEC 032/ HACH 8506 Ed. 11, 2017
Cromo Hexavalente	PRO TEC 041/ HACH 8023 Ed. 10, 2019
DBO5	PRO TEC 066/ HACH 8043 Ed. 10, 2017
DQO	PRO TEC 014/ HACH 8000 Ed. 10, 2014; Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D
Fluoruros	PRO TEC 062/ HACH 10225 Ed. 09, 2014
Hierros	PRO TEC 020/ HACH 8008 Ed. 09, 2014
Nitratos	PRO TEC 024/ HACH 8192 Ed. 11, 2019
Nitritos	PRO TEC 025/ HACH 8507 Ed. 11, 2019
pH	PRO TEC 011/ Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B
Sulfatos	PRO TEC 026/ HACH 8051 Ed. 11, 2019
Turbiedad	PRO TEC 060/ Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 B
Arsénico	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120
Bario	B/ PA-117.00
Cadmio	
Cianuro	Standard Methods Ed. 23, 2017 4500-CN C y 4500-CN E/ PA-54.00

Color real	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2120 C/ PA-75.00
Mercurio	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3112 B/ PA-57.00
Plomo	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
Selenio	/ PA-117.00
Coliformes fecales	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F/ PA-66.00

Fuente: Laboratorio Lacquagánalisis S.A

### 3.2 Análisis y discusión de los resultados

Los resultados de la caracterización de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del tratamiento de agua del barrio Zumbalica se indican en la Tabla 11, en donde se puede identificar los ítems evaluados en el informe de laboratorio.

#### Criterio referente para el análisis LIBRO VI, Anexo 1 (TULSMA)

Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios ver tabla 13.

Tabla 13.3: Normativa LIBRO VI, Anexo 1 (TULSMA)

LIBRO VI, Anexo 1 (TULSMA)		
Parámetro	Unidad	Criterio de Calidad
Aceites y grasas	mg/l	0,3
Cobre	mg/l	1
Cromo Hexavalente	mg/l	0,05
DBO5	mg/l	2
DQO	mg/l	
Fluoruro	mg/l	1,5
Hierro	mg/l	1
Nitratos	mg/l	10
Nitritos	mg/l	1
Ph	UpH	6-,9
Sulfatos	mg/l	400
Turbiedad	NTU	100
Arsénico	mg/l	0,05
Bario	mg/l	1
Cadmio	mg/l	0,01
Cianuro Total	mg/l	0,1
Color Real	Pt-Co	100
Mercurio	mg/l	0,001
Plomo	mg/l	0,05
Selenio	mg/l	0,01
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	600

## Criterio referente para el análisis NTE INEN 1108

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

Tabla 14.3: Normativa NTE 1108

NTE INEN 1108		
Parámetro	Unidad	Criterio de Calidad
Aceites y grasas	mg/l	0,3
Cobre	mg/l	2
Cromo Hexavalente	mg/l	0,05
DBO5	mg/l	2
DQO	mg/l	4
Fluoruro	mg/l	1,5
Hierro	mg/l	1
Nitratos	mg/l	50
Nitritos	mg/l	0,2
Ph	UpH	6,5-,9
Sulfatos	mg/l	500
Turbiedad	NTU	100
Arsénico	mg/l	0,1
Bario	mg/l	1
Cadmio	mg/l	0,02
Cianuro Total	mg/l	0,1
Color Real	Pt-Co	75
Mercurio	mg/l	0,006
Plomo	mg/l	0,01
Selenio	mg/l	0,01
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000

## Resultado de laboratorio:

### Captaciones Sector Toacazo

Tabla 15.3: Resultado de laboratorio Captaciones (Toacazo)

Captación 1 (Toacazo)				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,048	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standasd Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
Captación 2 (Toacazo)				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,024	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standasd Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
Captación 3 (Toacazo)				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método

<b>Arsénico</b>	mg/l	0,022	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
<b>Captación 4 (Toacazo)</b>				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,036	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
<b>Captación 5 (Toacazo)</b>				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,065	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B

## Captaciones Quebrada Salintilín

Tabla 16.3: Resultado de laboratorio Captaciones Quebrada (Salintilín)

<b>Captación 1 Quebrada (Salintilín)</b>				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,025	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
<b>Captación 2 Quebrada (Salintilín)</b>				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,038	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
<b>Captación 3 Quebrada (Salintilín)</b>				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,036	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
<b>Captación 4 Quebrada (Salintilín)</b>				
Parámetro	Unidad	Resultado	Incertidumbre	Método
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,049	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B

## Toma en el tanque de almacenamiento ubicado en el barrio Zumbalica.

Tabla 17.3: Resultado de laboratorio Tanque de almacenamiento Barrio Zumbalica

<b>Tanque de almacenamiento ubicado en el barrio Zumbalica</b>				
LABORATORIO				
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Aceites y grasas*	mg/l	0,000	PRO TEC 053 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	± 11,44 %
Cobre*	mg/l	0,020	PRO TEC 032 / HACH 8506, Ed. 11, 2017	± 13,70 %
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,016	PRO TEC 041 / HACH 8023, Ed. 10, 2019	± 6,38 %
DBO5*	mg/l	0,000	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %

DQO*	mg/l	0,000	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods. Ed. 23. 2017, 5220 D	± 25,26 %
Fluoruros	mg/l	1,100	PRO TEC 062 / HACH 10225, Ed. 09, 2014	± 10,05 %
Hierro	mg/l	0,040	PRO TEC 020 / HACH 8008, Ed. 09, 2014	± 19,81 %
Nitratos	mg/l	0,970	PRO TEC 024 / HACH 8192, Ed. 11, 2019	± 11,42 %
Nitritos	mg/l	0,079	PRO TEC 025 / HACH 8507, Ed. 11, 2019	± 13,23 %
Ph	UpH	7,630	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sulfatos	mg/l	70,000	PRO TEC 026 / HACH 8051, Ed. 11, 2019	± 13,01 %
Turbiedad	NTU	2,000	PRO TEC 060 / Standard Methods Ed. 23. 2017, 2130 B	± 4,88 %
Arsénico***	mg/l	0,058	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	± 0,00205 mg/l
Bario***	mg/l	0,104		± 0,00020 mg/l
Cadmio****	mg/l	0,000		-----
Cianuro Total****	mg/l	0,000	Standard Methods Ed. 23, 2017 4500-CN C y 4500-CN E / PA - 54.00	-----
Color Real****	Pt-Co	0,000	Standard Methods, Ed. 23, 2017, 2120 C / PA - 75.00	-----
Mercurio****	ug/l	0,000	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3112 B / PA - 57.00	-----
Plomo****	mg/l	0,000	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	-----
Selenio****	mg/l	0,000		-----
Coliformes Fecales ***	NMP/100ml	16,000	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F / PA-66.00	-----

## Toma en la Red de distribución

Tabla 18.3: Resultado de laboratorio Red de distribución

Toma en la red de distribución				
LABORATORIO				
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
<b>Aceites y grasas*</b>	mg/l	0,000	PRO TEC 053 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	± 11,44 %
<b>Cobre*</b>	mg/l	0,020	PRO TEC 032 / HACH 8506, Ed. 11, 2017	± 13,70 %
<b>Cromo Hexavalente*</b>	mg/l	0,022	PRO TEC 041 / HACH 8023, Ed. 10, 2019	± 6,38 %
<b>DBO5*</b>	mg/l	0,000	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
<b>DQO*</b>	mg/l	0,000	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods. Ed. 23. 2017, 5220 D	± 25,26 %
<b>Fluoruros</b>	mg/l	0,900	PRO TEC 062 / HACH 10225, Ed. 09, 2014	± 10,05 %
<b>Hierro</b>	mg/l	0,140	PRO TEC 020 / HACH 8008, Ed. 09, 2014	± 19,81 %
<b>Nitratos</b>	mg/l	0,360	PRO TEC 024 / HACH 8192, Ed. 11, 2019	± 11,42 %
<b>Nitritos</b>	mg/l	0,014	PRO TEC 025 / HACH 8507, Ed. 11, 2019	± 13,23 %
<b>Ph</b>	UpH	7,800	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
<b>Sulfatos</b>	mg/l	63,000	PRO TEC 026 / HACH 8051, Ed. 11, 2019	± 13,01 %
<b>Turbiedad</b>	NTU	1,930	PRO TEC 060 / Standard Methods Ed. 23. 2017, 2130 B	± 4,88 %
<b>Arsénico***</b>	mg/l	0,068	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	± 0,00205 mg/l
<b>Bario***</b>	mg/l	0,086		± 0,00020 mg/l
<b>Cadmio****</b>	mg/l	0,000		-----
<b>Cianuro Total****</b>	mg/l	0,000	Standard Methods Ed. 23, 2017 4500-CN C y 4500-CN E / PA - 54.00	-----
<b>Color Real****</b>	Pt-Co	0,000	Standard Methods, Ed. 23, 2017, 2120 C / PA - 75.00	-----
<b>Mercurio****</b>	ug/l	0,000	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3112 B / PA - 57.00	-----
<b>Plomo****</b>	mg/l	0,000	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	± 0,00003 mg/l
<b>Selenio****</b>	mg/l	0,000		-----
<b>Coliformes Fecales ***</b>	NMP/100ml	16,000	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F / PA-66.00	-----

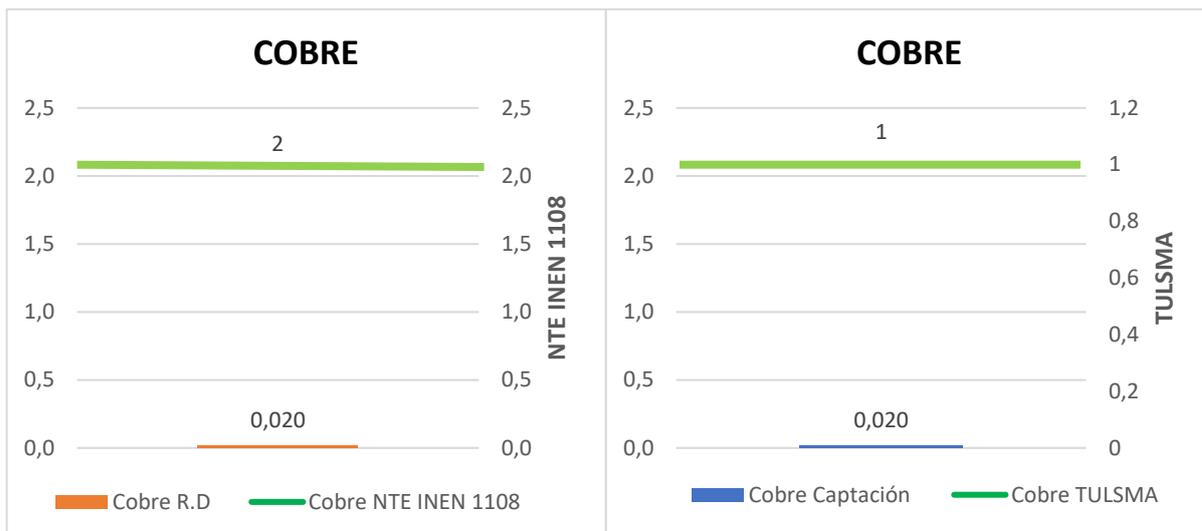


Figura 18.3: Cobre

Como se evidencia la concentración de cobre está dentro de los límites permisibles tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA, destacando el límite en el caso del reglamento del TULSMA es más bajo en consideración a la normativa de la INEN y el cual no se supera por ninguna de las muestras.

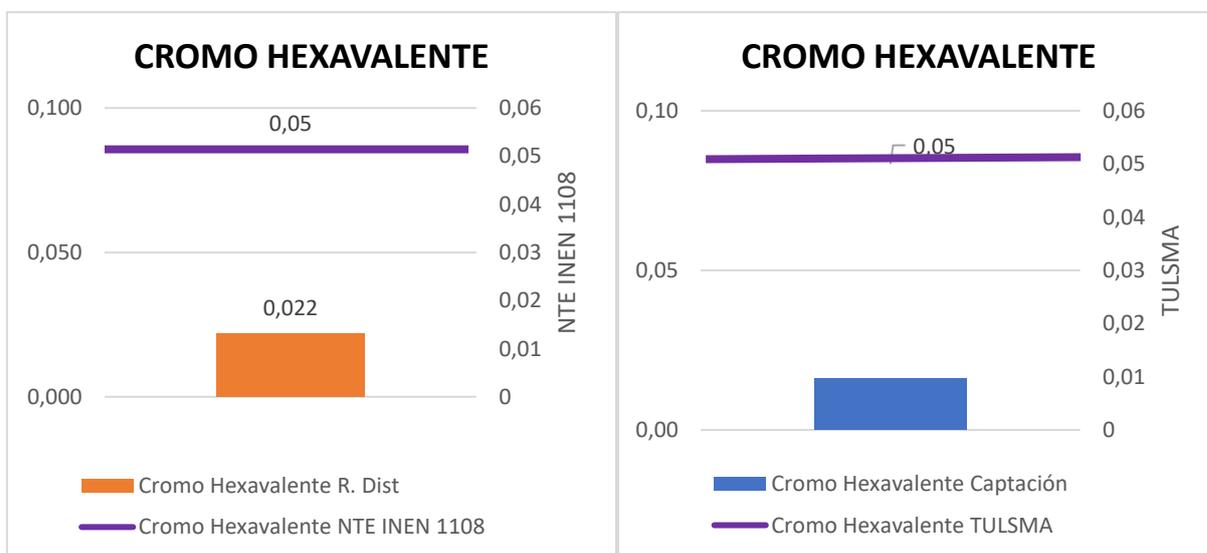


Figura 19.3: Cromo Hexavalente

Como se observa la concentración de cobre está dentro de los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA manteniendo un límite en común en las dos normas de 0.05 mg/l.

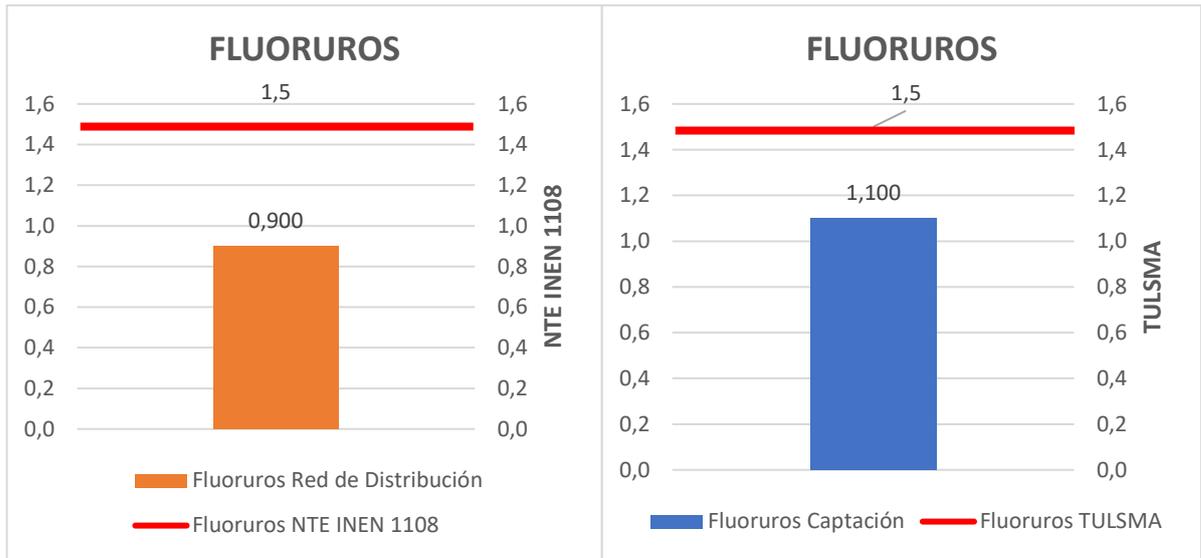


Figura 20.3: Fluoruros

Como refleja los datos la concentración de Fluoruros está dentro de los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA manteniendo un límite en común en las dos normas de 1.5 mg/l.

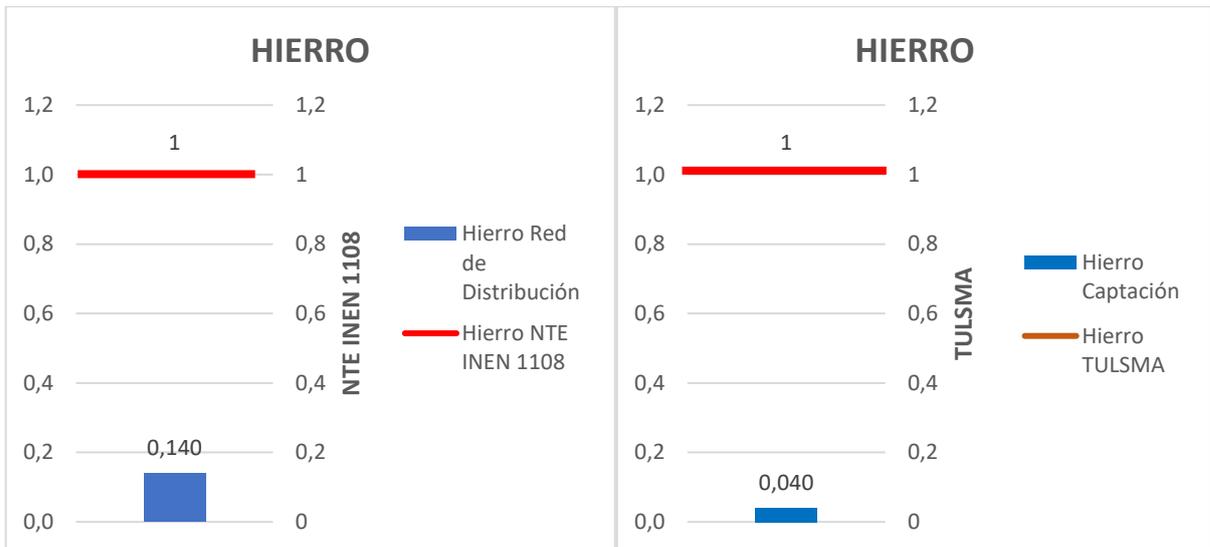


Figura 21.3: Hierro

Para el parámetro de hierro podemos observar que está dentro de los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA manteniendo un límite en común en las dos normas de 1.0 mg/l.

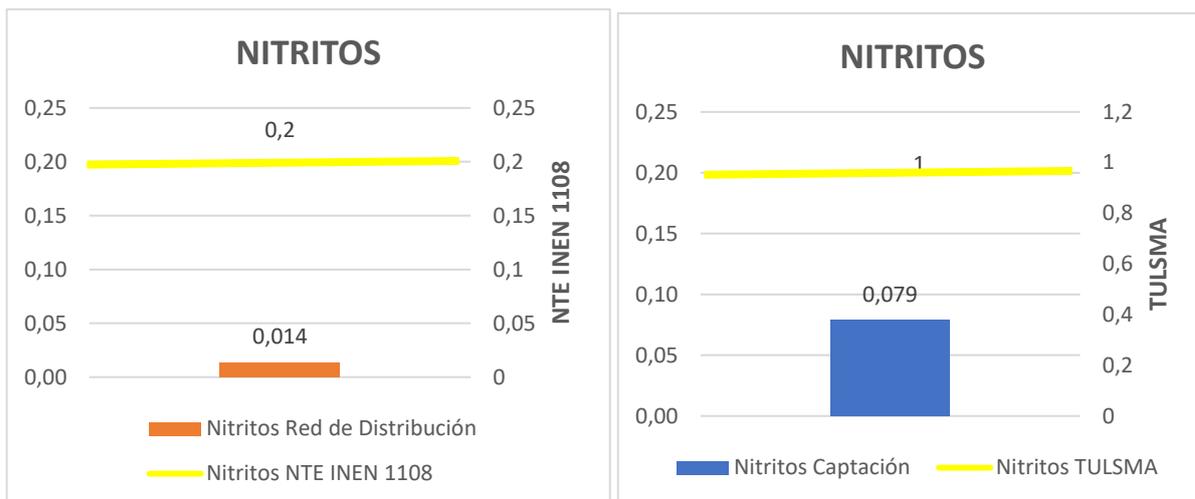


Figura 22.3: Nitratos

El caso de los nitratos se observa que está dentro de los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA destacando que la norma INEN plantea el límite más bajo con un valor de 0.2 mg/l el cual no se supera por ninguna de las muestras.

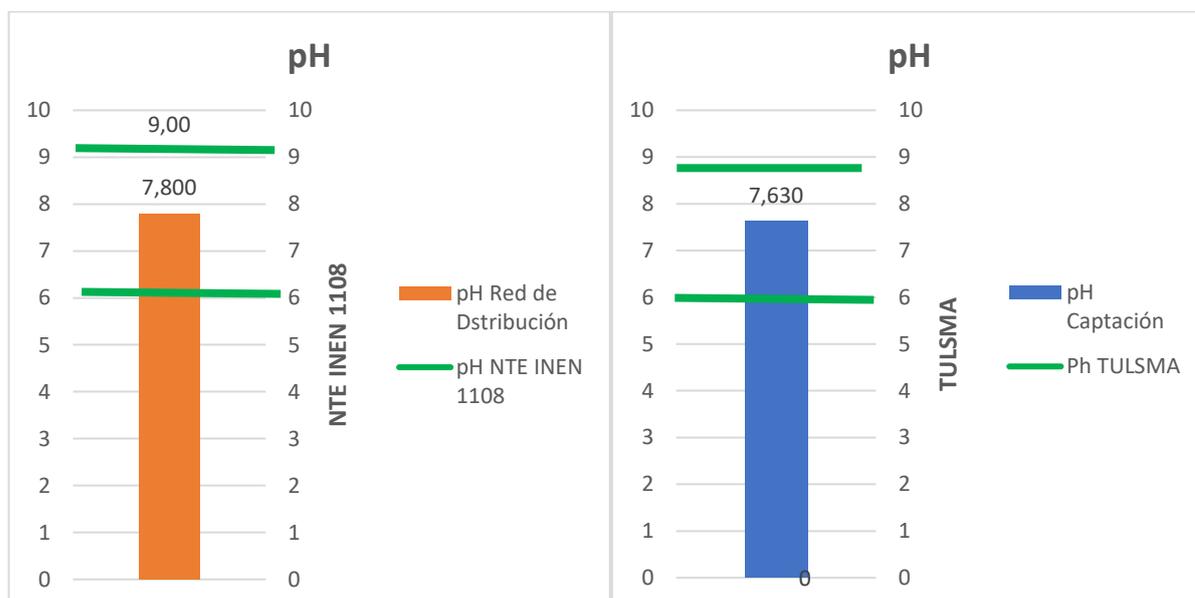


Figura 23.3: pH

En el nivel de pH de las muestras no se supera los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA las cuales tienen como rango permisible niveles de 6-9 U<sub>p</sub>.

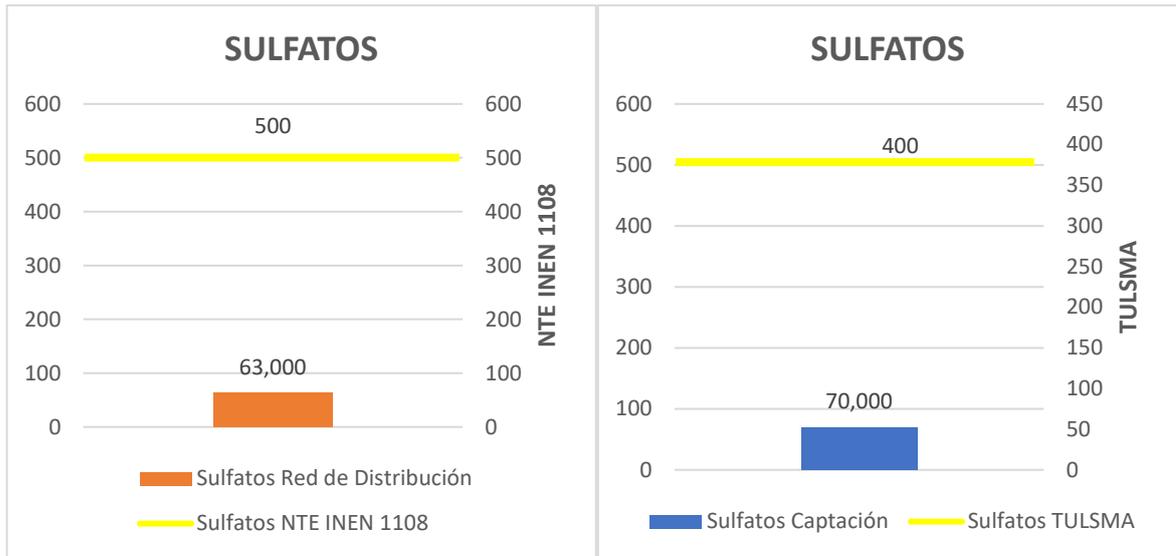


Figura 24.3: Sulfatos

En el nivel de sulfatos de las muestras no supera los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA las cuales tienen como rango permisible niveles de 500 y 400 mg/L.

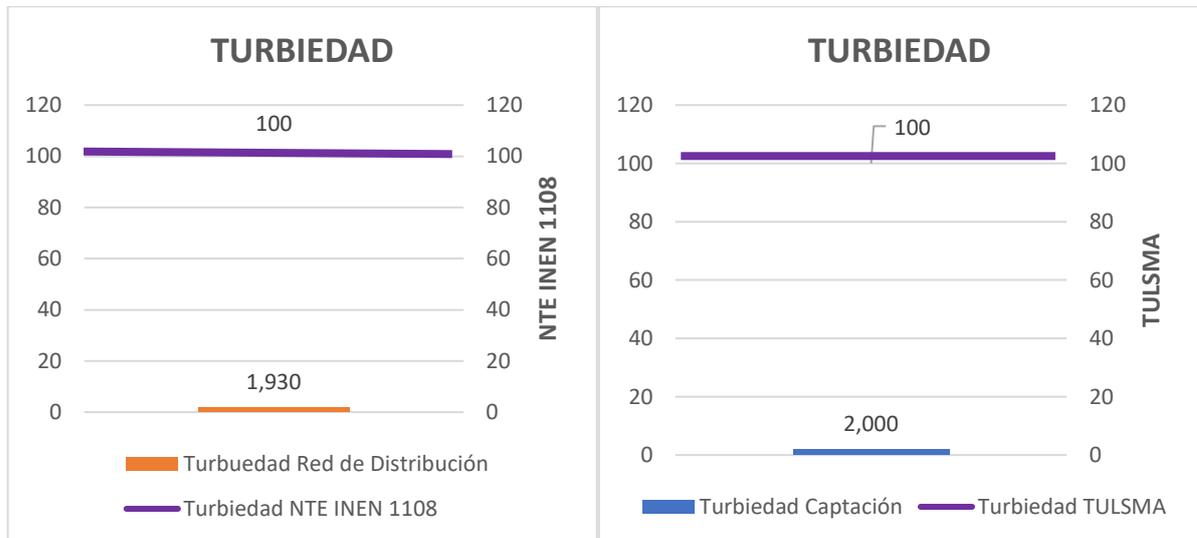


Figura 25.3: Turbiedad

Para la turbiedad de las muestras se observa que no se supera los valores permitidos tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA las cuales tienen como límite máximo 100 NTU.

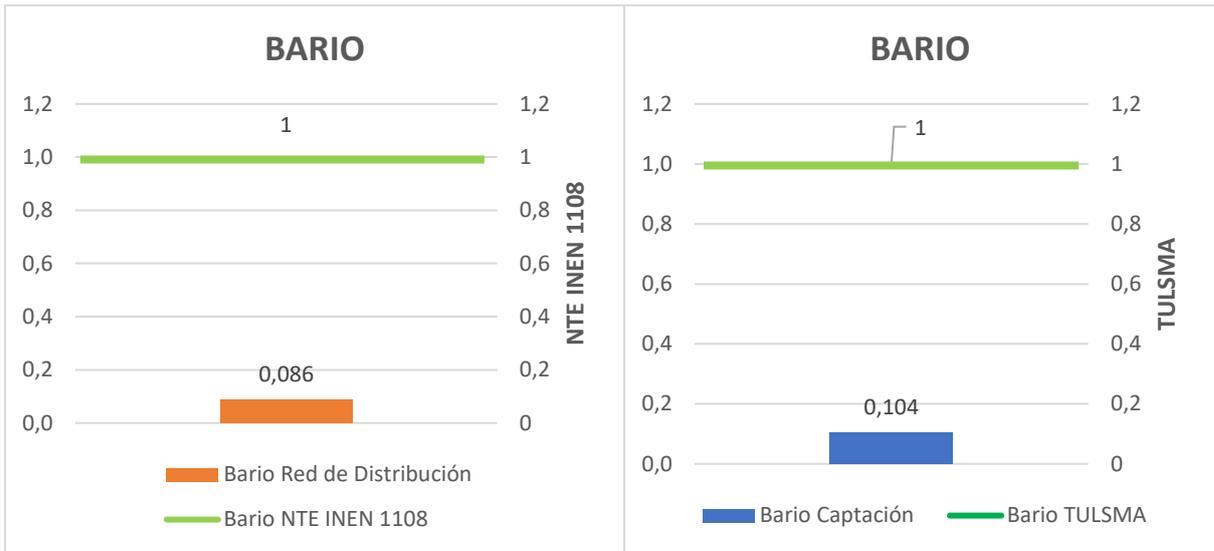


Figura 26.3: Bario

Como refleja los datos la concentración de bario está dentro de los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA manteniendo un límite en común en las dos normas de 1.0 mg/l.

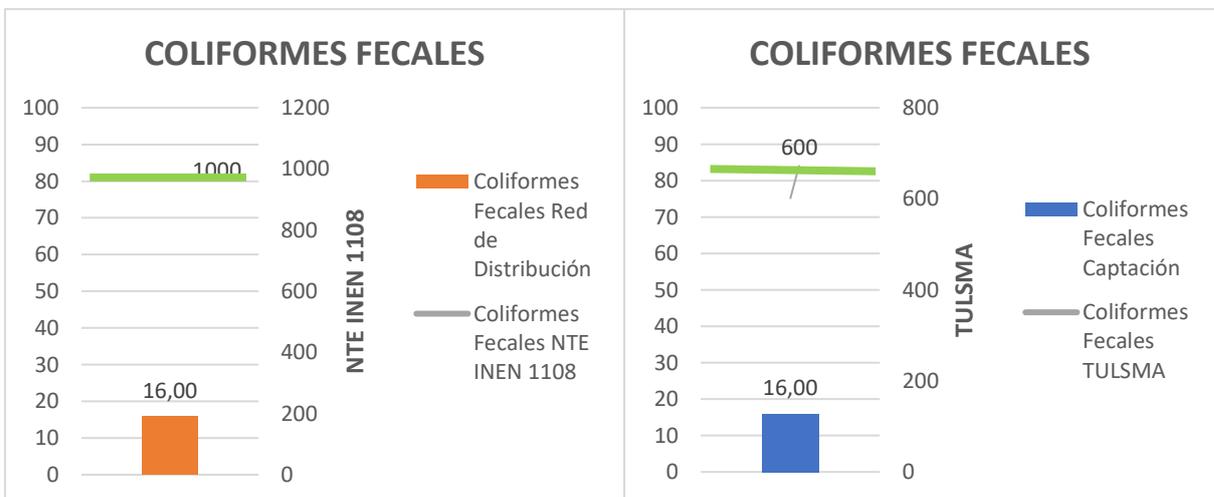


Figura 27.3: Coliformes fecales

Se evidencio para la medición de coliformes fecales que ambas muestras están dentro de los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA destacando que el límite de la norma TULSMA que establece un valor más reducido de 600 NTP/100ml donde las muestras están en el límite establecido.

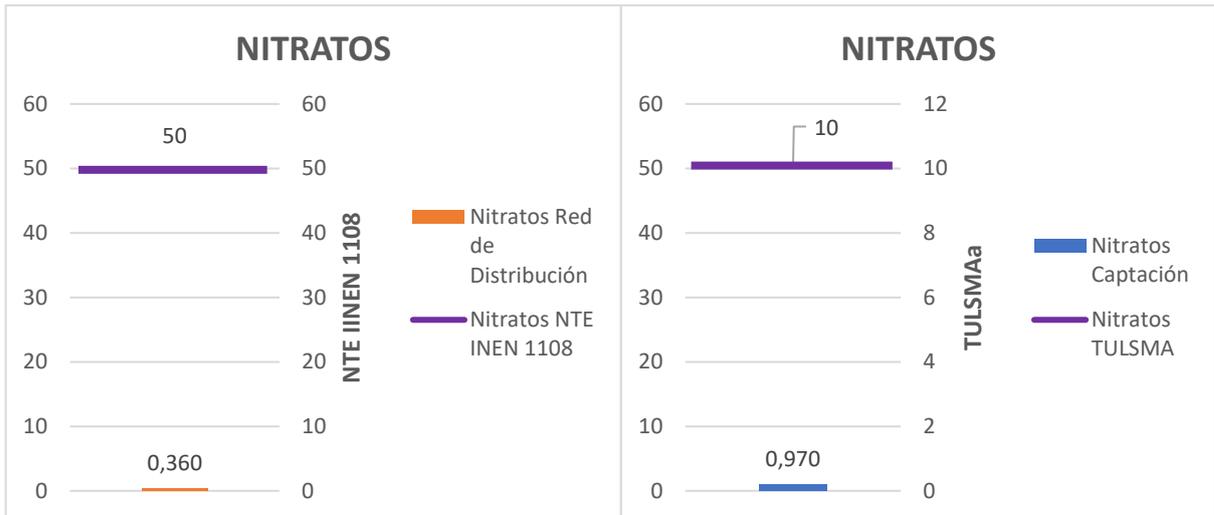


Figura 28.3: Nitratos

Para los nitratos de ambas muestras se observó que están dentro de los valores indicados tanto por la normativa NTE INEN 1108 y el anexo 1 del Libro VI del TULSMA destacando que el límite de la norma TULSMA que establece un valor más reducido de 10mg/l el cual no se supera.

Los parámetros de Aceites y grasas, DBO5, DQO, Cadmio, Color real, Mercurio, Plomo y Selenio estén dentro de los límites permisibles establecidos tanto por la normativa NTE INEN 1108 como por el TULSMA, es un indicador positivo en términos de calidad del agua y protección del medio ambiente. Esto sugiere un cumplimiento efectivo de los estándares regulatorios y una gestión adecuada de los recursos hídricos en las áreas especificadas.

Después de realizar exhaustivas comparaciones, se ha determinado el parámetro crítico que requiere acciones inmediatas son el nivel de Arsénico. El análisis de las muestras reveló que estos valores superan los límites permisibles establecidos, como se detalla a continuación:

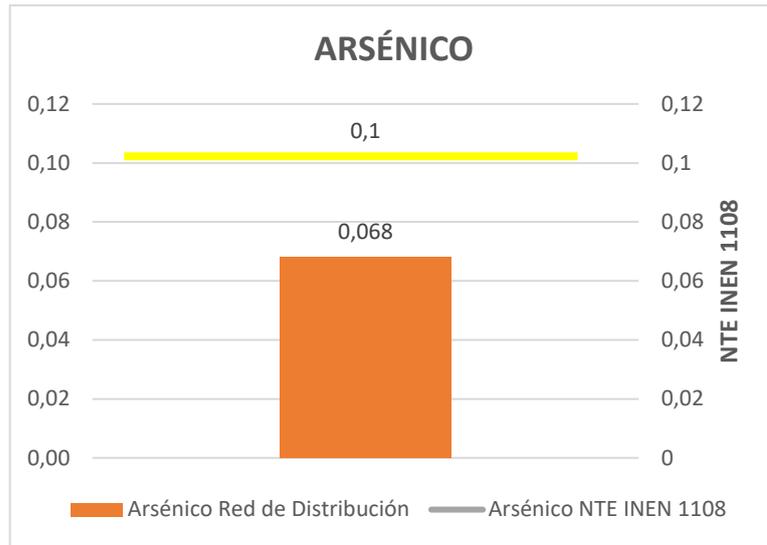


Figura 29.3: Arsénico red de distribución

El parámetro de arsénico en la red de distribución de agua se encuentre dentro de los límites permisibles establecidos por la NTE INEN 1108 es una señal positiva en términos de salud pública y seguridad del suministro de agua. Esto indica que se están cumpliendo con los estándares de calidad establecidos, lo que reduce significativamente el riesgo de exposición al arsénico y sus consecuencias adversas para la salud, como enfermedades dermatológicas, cáncer y daños neurológicos

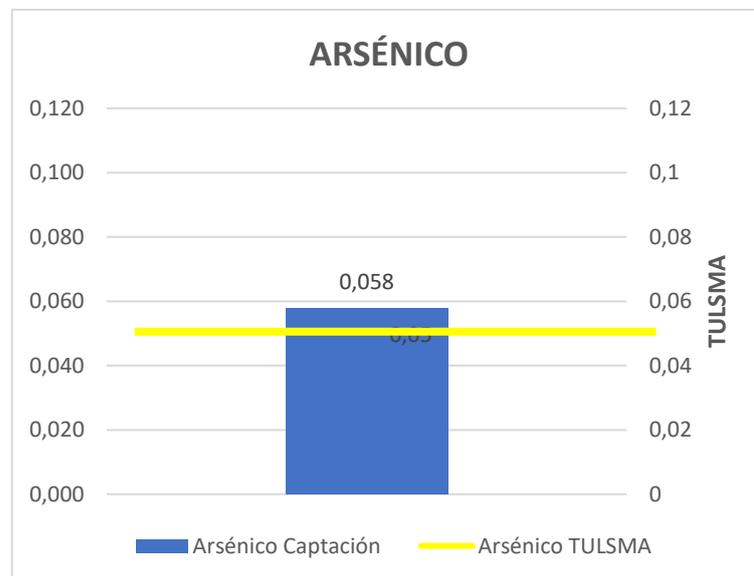


Figura 30.3: Arsénico captación

La concentración de Arsénico excede el límite establecido por el Libro VI, Anexo 1, TULSMA, que fija un valor máximo de 0.05 mg/l. donde es evidente que estos niveles elevados pueden ocasionar impactos adversos tanto en el medio ambiente como en la salud humana. La

procedencia de estos compuestos puede variar desde aguas residuales hasta las actividades agrícolas, lo que recalca la necesidad de implementar medidas para controlar y reducir estos contaminantes con el fin de preservar la integridad ambiental y la salud pública.

La implementación de sistemas de tratamiento de agua adecuados junto con la promoción de monitoreos regulares de las sustancias contaminantes es muy recomendable para reducir los niveles de los parámetros anteriormente identificados ayudando a proteger la salud pública. Además, se debe establecer programas para evaluar la efectividad de las acciones tomadas por autoridades de la comunidad con la finalidad de garantizar una mejora de la calidad del agua.

La concientización pública sobre los riesgos asociados con el consumo del agua contaminada también juega un rol vital para la adopción de actuaciones que promuevan a las autoridades a tomar acciones sobre el tratamiento de agua del barrio Zumbalica para mejorar la salud y el bienestar de la comunidad.

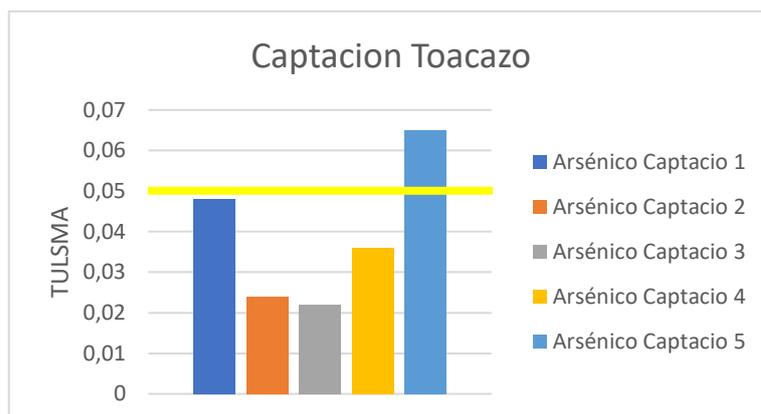


Figura 31.3: Presencia de arsénico en la Captación de Toacazo

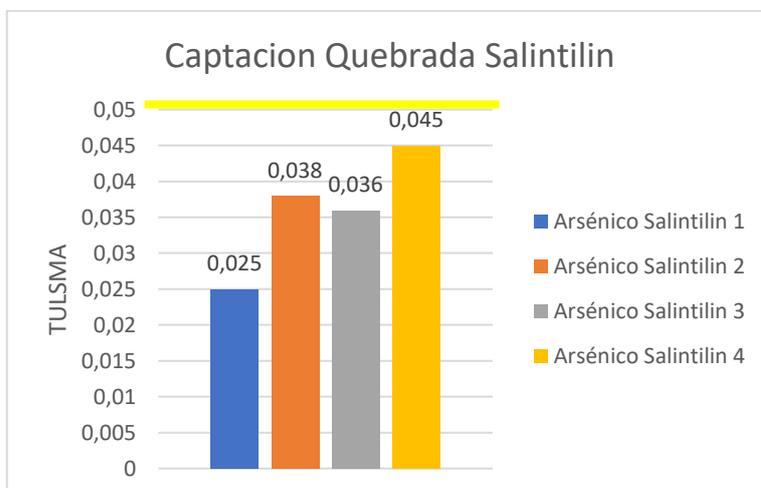


Figura 32.3: Presencia de arsénico en la captación de a Quebrada de Salintilín

### **3.3 Propuesta del sistema hidráulico que mejore la calidad de agua**

El arsénico es un elemento químico altamente tóxico que puede causar graves problemas de salud, como cáncer, enfermedades cardiovasculares y trastornos neurológicos, incluso en concentraciones bajas. Por lo tanto, es imperativo tomar medidas para reducir su presencia en el agua de consumo humano.

Se propone la implementación de un sistema de filtración por zeolita en el Barrio Zumbalica para tratar el agua que contiene arsénico. La zeolita es un mineral microporoso con una alta capacidad de intercambio iónico, lo que la convierte en un excelente agente para la adsorción de metales pesados, incluido el arsénico. Estudios previos han demostrado que los sistemas de filtración por zeolita pueden reducir los niveles de arsénico en el agua en un rango que va desde el 80% hasta el 99%, dependiendo de factores como la concentración inicial de arsénico, el tiempo de contacto entre el agua y la zeolita, y el diseño del sistema de filtración. Por lo tanto, se espera que la implementación de este sistema logre reducciones significativas en los niveles de arsénico, asegurando así un suministro de agua seguro y saludable para la comunidad.

#### **Definiciones.**

##### **Zeolita:**

La zeolita es un mineral microporoso con una estructura cristalina única. Se utiliza para la adsorción de contaminantes inorgánicos, como el arsénico, del agua. Su alta capacidad de intercambio iónico la hace efectiva para atrapar metales pesados y otros iones no deseados.

##### **Arena de Sílice:**

La arena de sílice es un material granular compuesto principalmente de sílice. Se coloca sobre la zeolita en el sistema de filtración. Ayuda a eliminar partículas suspendidas y sedimentos finos del agua, mejorando la claridad y la pureza del agua filtrada.

##### **Carbón Activado:**

El carbón activado es un material poroso con una gran área superficial. Se coloca sobre la capa de grava en el sistema de filtración. Elimina contaminantes orgánicos e inorgánicos mediante adsorción selectiva.

**Grava:**

La grava es un material compuesto principalmente de rocas fragmentadas. Actúa como base para el lecho filtrante y proporciona drenaje adecuado del agua filtrada. Contribuye a la estabilidad estructural del sistema. En conjunto, estos componentes forman un sistema eficiente para mejorar la calidad del agua al reducir los niveles de arsénico y otros contaminantes, por ello se detalla en la Figura 18.

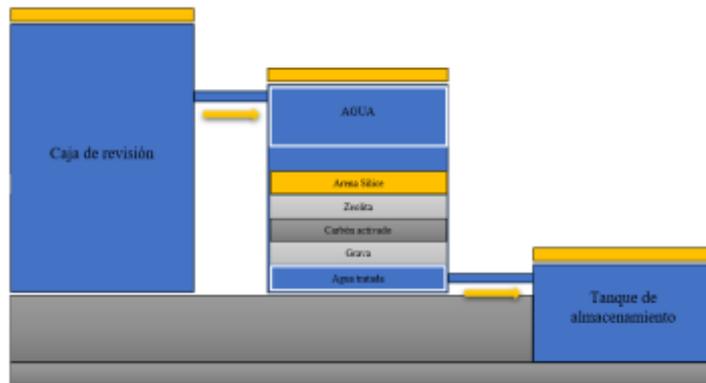


Figura 33.3: Esquema del filtro de Zeolita

**Descripción del Sistema de Filtración por Zeolita**

Tabla 19.3: Descripción del sistema de filtración

Tanque de filtración	Capa de zeolita
El tanque de filtración: 60*60*80	Sobre la capa de carbón activado, coloca una capa de zeolita. La zeolita actuará como el medio de filtración principal, adsorbiendo contaminantes inorgánicos como el arsénico y mejorando la calidad general del agua.  4049.28 gramos
Capa de grava	Capa de arena de sílice
Coloca una capa de grava en la parte inferior del contenedor. Esta capa actuará como base para el lecho filtrante y proporcionará un drenaje adecuado del agua filtrada.  7505.20 gramos	Sobre la capa de zeolita, coloca una capa de arena de sílice. La arena de sílice ayudará a eliminar partículas suspendidas y sedimentos finos del agua, mejorando la claridad y la pureza del agua filtrada.  3051.7 gramos
Capa de carbón activado	
Sobre la capa de grava, coloca una capa de carbón activado. El carbón activado ayudará a eliminar los contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el agua, incluido el cloro, compuestos orgánicos volátiles y metales pesados como el arsénico.  5075.2 gramos	

## ESQUEMA DE FILTRO DE ZEOLITA



Figura 34.3: Esquema de filtro de Zeolita

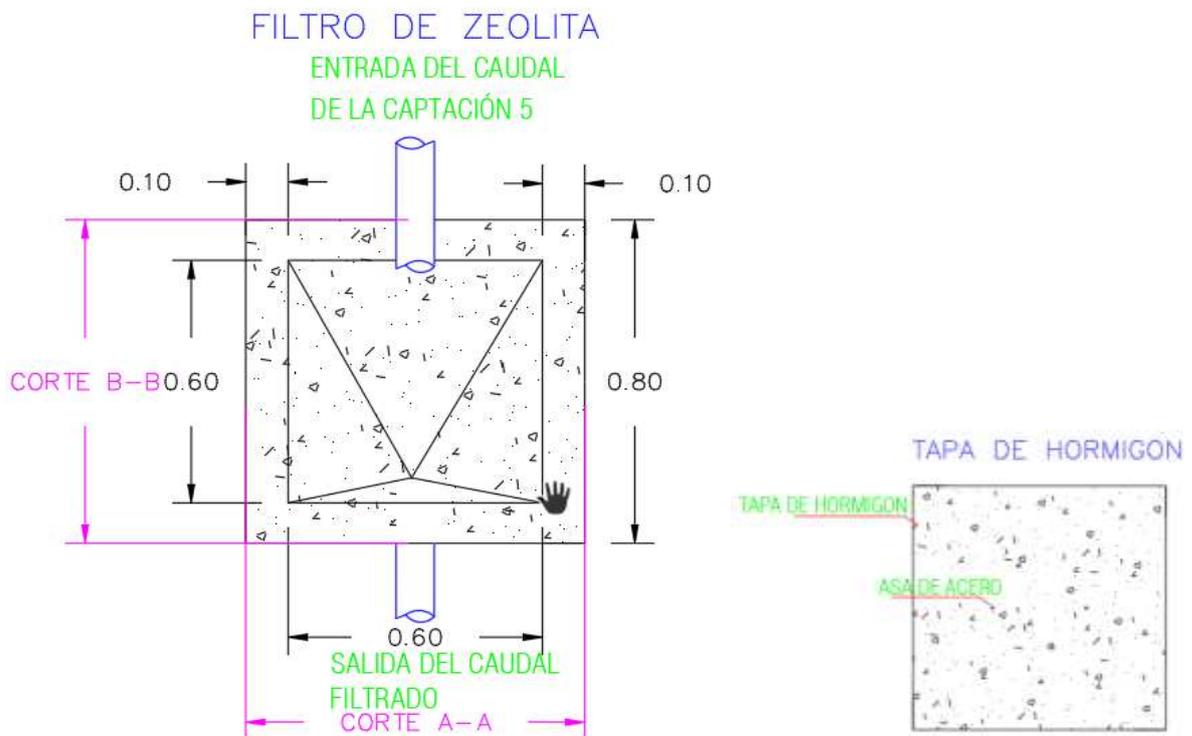


Figura 35.3: Vista superior del filtro de Zeolita

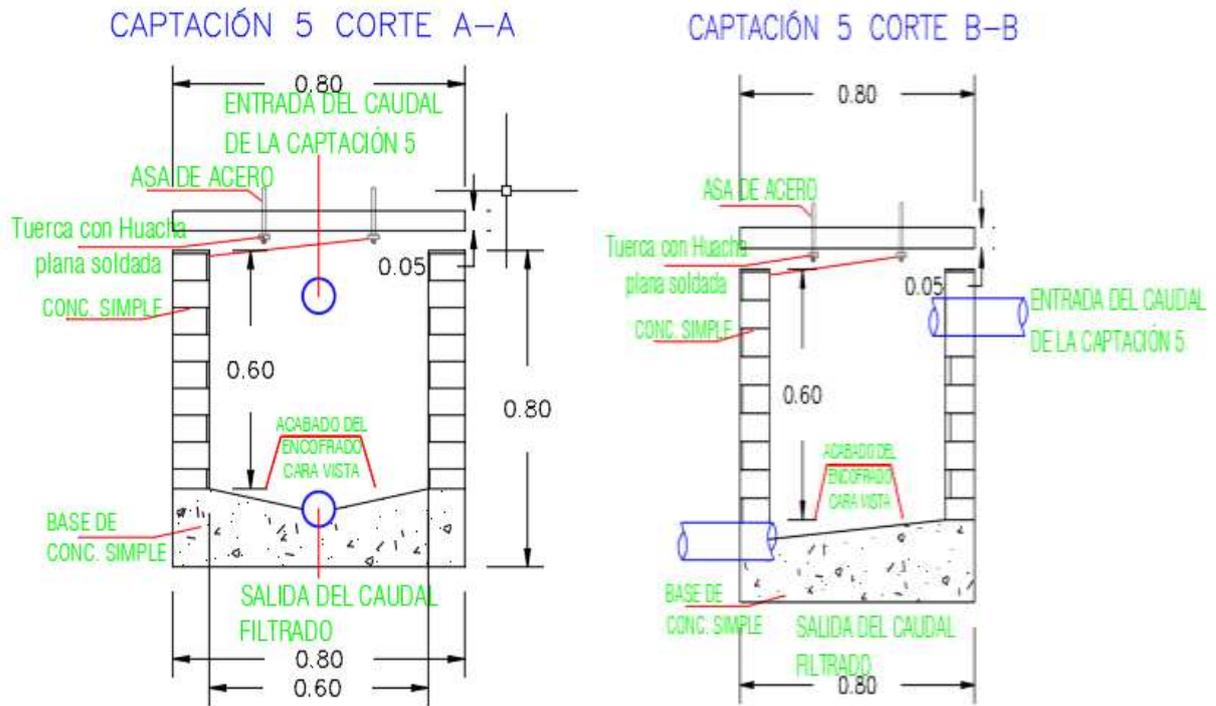


Figura 36.3: Grafica en cortes Filtro Zeolita

Tabla 20.3: Costo para la construcción del Tranque

1. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo total	
13914	Cemento de 50 kg	saco	0,800	7,950	6,360
18054	Arena	m <sup>3</sup>	0,080	13,500	1,080
18055	Rapio	m <sup>3</sup>	0,020	18,000	0,360
18056	Agua	m <sup>3</sup>	0,030	0,850	0,026
18083	Acero de refuerzo fc=4200kg/cm <sup>2</sup>	kg	1,500	0,810	1,215
18346	Ladrillo de obra	u	50,000	0,200	10,000
18347	Piedra bola	m <sup>3</sup>	0,040	10,630	0,423
Total materiales					19,466
2. Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo total	
15837	Peon	Hora	3,00	4,050	12,150
15838	Albañil	Hora	3,00	4,100	12,300
15868	Maestro de obra	Hora	0,60	4,330	2,598
Total mano de obra					27,048
3. Equipo, maquina y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo total	
			Herramientas menores % M.O	5,00%	1,13
Total equipo, maquinaria y herramientas					1,13
Total Precio Unitario de Caja de revision 60x60x80					47,66

## Manual de Mantenimiento del Filtro de Zeolita en Tanque de Hormigón

El filtro de zeolita instalado en un tanque de hormigón es esencial para mantener la calidad del agua. A continuación, se presentan las instrucciones detalladas para el mantenimiento adecuado del filtro:

### Componentes del Filtro:

Tabla 21.3: Componentes del filtro

Arena de Sílice: Retiene partículas finas y sedimentos.
Zeolita: Adsorbe y elimina contaminantes como el arsénico y otros metales pesados.
Carbón Activado: Absorbe compuestos orgánicos y elimina olores y sabores no deseados.
Grava: Proporciona una base de soporte para los medios filtrantes y facilita el flujo uniforme del agua.

### Procedimiento de Mantenimiento:

Tabla 22.3: Procedimiento de mantenimiento

Inspección Regular: Realice inspecciones visuales periódicas del filtro para detectar cualquier signo de obstrucción.
Limpieza Superficial del Tanque: Utilice un cepillo de cerdas suaves y agua para limpiar la superficie interna del tanque de hormigón y eliminar cualquier acumulación de sedimentos o residuos.
Enjuague del Medio Filtrante: Cada 3 a 6 meses, dependiendo del uso y la calidad del agua, realice un enjuague del medio filtrante con agua limpia para eliminar las impurezas acumuladas y restaurar su eficiencia.
Revisión de la Distribución del Agua: Verifique que el sistema de distribución de agua esté funcionando correctamente para asegurar un flujo uniforme a través del filtro de zeolita.
Reemplazo del Medio Filtrante: Considere reemplazar el medio filtrante de zeolita, arena de sílice y carbón activado cada 1 a 2 años, o según las recomendaciones del fabricante, para mantener la eficacia del filtro.

### Tiempo de Limpieza:

- La limpieza superficial del tanque se puede realizar cada 1 a 2 semanas.
- El enjuague del medio filtrante se recomienda cada 3 a 6 meses.
- El reemplazo del medio filtrante puede ser necesario cada 1 a 2 años, dependiendo de las condiciones de uso y la calidad del agua.

## 4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

### 4.1 Conclusiones

- La revisión bibliográfica permitió formar una base sólida para comprender los parámetros que determinan la calidad del agua, así como los tratamientos de agua y los límites permisibles de las normativas NTE INEN 1108 y el anexo 1 del libro VI del TULSMA que permitió contextualizar los métodos y estándares existentes para la calidad del agua de consumo humano proporcionando una guía para el diseño y evaluación del muestreo realizado en este estudio.
- La caracterización detallada del barrio Zumbalica sumado con la selección cuidadosa de los puntos de muestreo permitió garantizar una representatividad adecuada de las muestras abordando los procesos metodológicos necesarios para recolectar información valiosa sobre las condiciones locales que influyen en la calidad del agua.
- La ejecución del muestreo compuesto desarrollado permitió que el laboratorio Lacquagánalisis S.A nos brinde un análisis tanto en la captación como después en la red de distribución para evaluar los parámetros de calidad del agua. Proceso que permitió identificar las variaciones en la calidad del agua y determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras analizadas.
- En el análisis realizado con la normativa del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA, se evidenció niveles de arsénico que exceden de los límites permisibles. Con esta información esencial se identificó el lugar donde se encuentra el problema. Orienta la implementación a mejoras en el proceso de tratamiento, asegurando un suministro de agua cumpliendo con los criterios de calidad. Destaca la importancia de la vigilancia continua y la adopción de prácticas efectivas de gestión del agua para proteger la salud pública y mejorar la calidad del agua en la comunidad.
- La recomendación de un sistema de filtración por zeolita en el sector de Toacazo, captación 5, representará una solución para reducir la cantidad de arsénico considerablemente del agua. Este método asegurará un suministro seguro, cumpliendo con los estándares de calidad, protegiendo la salud y bienestar de la comunidad.

## **4.2 Recomendaciones**

- Realizar análisis regulares de la calidad del agua, incluyendo pruebas específicas para detectar la presencia de arsénico y otros contaminantes, asegurará que se mantengan los estándares de calidad y se puedan detectar problemas a tiempo.
- Asegurarse de que las tuberías y otros componentes de la infraestructura de suministro de agua estén en buenas condiciones y se mantengan regularmente para prevenir la contaminación y garantizar un suministro confiable de agua.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] A. M. B. B. A. P. & C. N. A. C. Arévalo Jiménez, «Propuesta de diseño de una vivienda unifamiliar para clima cálido-húmedo en el municipio de Cantagallo, Bolívar, con énfasis bioclimático,» *Universidad Santo Tomas*, pp. 10-24, 2020.
- [2] K. M. García Ramos, «Evaluación del comportamiento fisicoquímico para determinar la calidad del agua, usada para regadío, consumo humano y bebida de animales, proveniente del canal Biaggio Arbulú, Castilla–Piura.,» *Repositorio Institucional UNP*, pp. 10-36, 2022.
- [3] REPUBLICA DEL ECUADOR, «LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA,» *Lexis*, 2014.
- [4] Topographic-Map, «Mapa topográfico Zumbalica Sur,» *Topographic-Map*, 2022.
- [5] L. A. & P. A. D. O. Navarrete Yoza, «Evaluación de la calidad de la fuente de captación (pozo 1) de agua del cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas,» *Universidad de Guayaquil*, pp. 09-27, 2019.
- [6] J. L. L. Proaño Santamaría, «Caracterización Microbiológica y diseño de un plan de mejoramiento, saneamiento e higiene del agua de consumo de la parroquia San Bartolomé de Pinllo,» *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*, pp. 11-28, 2022.
- [7] L. M. Á. Á. L. S. M. & I. N. C. G. Rosales, «Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía,» *Dominio de las Ciencias*, vol. 7, nº 4, pp. 625-648, 2021.
- [8] R. G. & C. G. M. D. L. Á. Mera Vinces, «Propuesta de un sistema de filtración para mejorar la calidad de agua y/o de consumo humano en una hacienda de vía la Costa (Guayaquil),» *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*, pp. 12-38, 2023.
- [9] M. A. Cabrera, «Arsénico en el agua,» *GALILEO*, pp. 128-134.
- [10] D. M. Caceres Jenifer, «Repositorio UTC,» Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8533/1/PC-002180.pdf>.
- [11] M. R. M.-C. J. Y. M.-S. B. E. G.-T. L. M. & Z.-M. C. A. Martínez-Orjuela, «Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal,» *Revista UIS Ingenierías*, vol. 19, nº 1, pp. 15-24., 2020.
- [12] C. E. Salazar Ramirez, «Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la laguna de Punrun-provincia de Pasco-2019.,» *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*, pp. 11-31, 2020.

- [13] S. V. Tunco Cabana, «Eficacia de la harina de haba (Vicia faba) como ayudante de coagulación del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano.,» *Universida Peruana Union*, pp. 16-37, 2019.
- [14] L. M. Á. Á. L. S. M. & I. N. C. G. Rosales, «Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas– Ecuador).,» *Dominio de las Ciencias*, vol. 7, nº 6, pp. 625-648., 2021.
- [15] G. V. M. G. D. V. G. R. S. M. Ó. & A. A. Pauta, «Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador.,» *Maskana*, vol. 10, nº 2, pp. 76-88., 2019.
- [16] M. C. & S. E. Garros, «Agua segura como derecho humano.,» *Ediciones Universidad Católica de Salta*, 2020.
- [17] Laura Fdez. Roldán, «Conservacion del agua.,» *ecologiaverde*, 2020.
- [18] D. A. Córdor Surichaqui, «Conservación de la biodiversidad y proceso cultural del cuidado ambiental en los estudiantes del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público San Ignacio de Loyola de Junin, 2021.,» *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*, pp. 13-31, 2023.
- [19] G. J. Mendoza León, «Perspectivas de la agricultura rural en el Ecuador: una mirada a la tecnología e innovación en el sector agropecuario.,» *Universidad Técnica de Babahoyo*, pp. 14-37, 2023.
- [20] F. M. M. Alves, «Hacia los objetivos de la agenda 2030 de las naciones unidas a través de la educación y el desarrollo.,» *Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa*, 1(3), pp. 34-42., 2019.
- [21] I. F. & H. O. L. A. Figueroa Trujillo, «Estudio isotópico de las fuentes de agua superficiales y subterráneas en la microcuenca del río Chibunga, y sus zonas de influencia: Línea Base. 2022.,» *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*, pp. 12-36, 2022.
- [22] Natureandculture, «Conservar las fuentes de agua.,» *Natureandculture*, 2023.
- [23] F. O. C. & A. A. Rojas Ortuste, «Estrategia de Seguridad Hídrica 2023-2026.,» *SCIOTECA*, pp. 11-37, 2023.
- [24] N. E. Moncada Chávez, «Análisis Socio-ecológico en Relación con el Cambio Climático para la Laguna de Tota, Aquitania, Boyacá.,» *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*, pp. 10-28, 2023.
- [25] JAPAC, «El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la Tierra.,» *JAPAC*, 2016.
- [26] Í. D. C. P. & C. D. W. M. Anzules, «Contaminación ambiental.,» *Recimundo*, vol. 6, nº 2, pp. 93-103., 2022.

- [27] P. Pardo Baldovín, «Microbiología y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.,» *UNIVERSIDAD DE CANTABRIA*, pp. 14-38, 2022.
- [28] E. A. EUTROFIZADOS, «FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL,» *UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO*, pp. 13-38, 2021.
- [29] FundacionAQUAE, «¿Cómo reducir la contaminación del agua?,» *FundacionAQUAE*, 2023.
- [30] M. Pereiras Varela, «Contaminación marina por plásticos.,» *Universidade da Coruña*, pp. 12-37, 2019.
- [31] H. & J. L. Torres, «Evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en la población infantil del centro poblado de Paragsha para determinar la incidencia probable de la exposición ambiental frente a las sustancias producidas por la actividad minera,» *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*, pp. 16-33, 2019.
- [32] R. Iriarte Mendivil, «Nuevas tendencias en sistemas de purificación de aguas.,» *Universitat Politècnica de València*, pp. 13-38, 2020.
- [33] ACQUATECNOLOGIA, «Filtración De Agua,» *ACQUATECNOLOGIA*, 2023.
- [34] L. B. Orozco Solorio, «PVC modificado con óxido de grafeno para la fabricación de membranas para filtrado de aguas,» *DuraSpace*, pp. 12-35, 2023.
- [35] M. A. & V. L. G. Dávila Mora, «Sistema de gestión del agua de lastre “OCEAN GUARD” y su influencia en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.,» *Repositorio Institucional ENAMM*, pp. 11-29, 2021.
- [36] O. L. B. R. A. F. G. M. A. C. M. & R. L. E. A. Prada, «Evaluación de la calidad del proceso de desinfección de agua basado en el uso de compuestos de cloro.,» *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.*, 2021.
- [37] Chavezolutions, «La cloración en los procesos de tratamiento de aguas residuales,» *Chavezolutions*, 2023.
- [38] J. Q. G.-G. J. S. M. L. G. B. C. & C.-V. D. (. Carabalí, «Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglahuayco.,» *Siembra*, vol. 6, nº 2, pp. 46-57., 2019.
- [39] W. Garzón Muñoz, «Estudio sobre la combinación de mezclas naturales y químicas para el proceso de coagulación/floculación en la remoción de la turbidez del agua desde una perspectiva química en el tratamiento del agua.,» *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*, pp. 14-38, 2020.
- [40] Labprocess, «Sistema de optimización de la floculación y la coagulación en plantas de tratamiento de aguas (“Jar Tester”),» *Labprocess*, 2022.

- [41] G. S. M. & P. B. J. Umaña Villalobos, «Variación estacional y características fisicoquímicas e hidrológicas que influyen en los macroinvertebrados acuáticos, en un río tropical.,» *Revista de Biología Tropical*, 68,, pp. 54-67., 2020.
- [42] H. A. C. Muñoz, «Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador.,» *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(2), pp. 579-604., 2020.
- [43] J. M. Zambrano Rojas, «Características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo influenciadas por factores externos, comparado con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A).,» *Universidad Nacional de Cajamarca*, pp. 11-37, 2023.
- [44] J. M. & R. V. E. N. Augusto Quispe, «EFECTO DEL OZONO SOBRE EL COMPONENTE ORGÁNICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE DE CAJAMARCA, 2022.,» *Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo*, pp. 12-29, 2023.
- [45] H. P. Toledo, «Al fin el medicamento mágico.,» *RUTH.*, 2022.
- [46] G. B. F. S. P. d. R. H. M. M. O. P. R. P. S. O. F. & R. M. V. Rodríguez Escobar, «Alimentación y nutrición aplicada,» *Universidad El Bosque* , pp. 13-39, 2020.
- [47] D. SANDUA, «CONEXIÓN MENTE-CUERPO: EL IMPACTO DE LA NUTRICIÓN EN LA SALUD MENTAL. Independently Published.,» *Amazon Digital Services LLC - Kdp.* , 2023.
- [48] NTE INEN, «NTE INEN 1108 AGUA. REQUISITOS,» *NTE INEN*, 2014.
- [49] C. A. S. Ramírez, «Calidad del agua: evaluación y diagnóstico.,» *Ediciones de la U.*, 2021.
- [50] República del Ecuador , «REGLAMENTO LEY RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA,» *Decreto Ejecutivo 650*, 2015.
- [51] Google Maps, «Ubicacion barrio Zumbalica,» *Google Maps*, 2023.
- [52] Junta administradora de agua Zumbalica, «Informe hidráulico sistema de agua Zumbalica,» *Universidad tecnica de Cotopaxi* , 20223.
- [53] O. E. & C. G. O. H. Ospina, «Evaluación de la contaminación por aluminio del agua para consumo humano, región central de Colombia.,» *INGE CUC*, vol. 17, n° 2, pp. 31-41, 2021.
- [54] E. A. Vargas Toala, «Luz ultravioleta para la inactivación microbiológica en alimentos orgánicos: Revisión sistemática 2017-2021.,» *Repositorio de la Universidad César Vallejo*, pp. 10-28, 2022.

- [55] E. García-Estañ Marín, «Optimización de los parámetros de operación en un sistema de tratamiento biológico para la eliminación de compuestos farmacéuticos en aguas residuales urbanas,» *Universitat Politècnica de València*, pp. 14-39, 2019.
- [56] D. C. Farinango Nicolalde, «Elaboración de un filtro de lana-carbón activado para el tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio que permita la remoción de la tintura de fibras sintéticas,» *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*, pp. 14-35, 2023.

## 6. ANEXOS

### Análisis de las muestras de captación



"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables  
www.lacquanalisis.com

<b>LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN</b> N° OAE LE C 11-010	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		<b>No. LACQUA 23 - 4383</b>
	<b>Información proporcionada por el cliente</b>		<b>Información adicional:</b>
	Nombre	---	1/2
	Atención a	Marjuri Carola Pacheco Freire	
	Dirección	Latacunga - Zumbalica y Toacazo	
Teléfonos	099 588 4441		
e-mail	marjuri.pacheco4351@urc.edu.ec		

Procedencia	Captación	Contenido declarado	4000 ml
Identificación muestra	Agua potable	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Líquido claro	Toma de muestra / Muestreo	Lacquanalisis

Datos del Análisis:					
Fecha toma muestra	19-dic.-23	Fecha de análisis	Del 19 de diciembre de 2023 al 10 de enero de 2024	Código Muestra	A - 4106
Fecha Ingreso al Laboratorio	19-dic.-23	Fecha emisión informe	10 de enero de 2024	Coord. muestra	17M 0761723 UTM 9901202
Lugar de realización de los ensayos	Laboratorio Lacquanalisis			Coord. Análisis	17M 0763377 UTM 9862973
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	49,6	Temperatura amb. (°C):	21,2	

#### RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Aceites y grasas*	mg/l	0,00	PRO TEC 053 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	± 11,44 %
Cobre*	mg/l	0,02	PRO TEC 032 / HACH 8506, Ed. 11, 2017	± 13,70 %
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,016	PRO TEC 041 / HACH 8023, Ed. 10, 2019	± 6,38 %
DBO5*	mg/l	0,00	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
DQO*	mg/l	0	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods. Ed. 23. 2017, 5220 D	± 25,26 %
Fluoruros	mg/l	1,10	PRO TEC 062 / HACH 10225, Ed. 09, 2014	± 10,05 %
Hierro	mg/l	0,04	PRO TEC 020 / HACH 8008, Ed. 09, 2014	± 19,81 %
Nitratos	mg/l	0,97	PRO TEC 024 / HACH 8192, Ed. 11, 2019	± 11,42 %
Nitritos	mg/l	0,079	PRO TEC 025 / HACH 8507, Ed. 11, 2019	± 13,23 %
pH	UpH	7,63	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sulfatos	mg/l	70,00	PRO TEC 026 / HACH 8051, Ed. 11, 2019	± 13,01 %
Turbiedad	NTU	2,00	PRO TEC 060 / Standard Methods Ed. 23. 2017, 2130 B	± 4,88 %

#### SIMBOLOGÍA

\* Parámetro acreditado  
\*\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado  
\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: SAE LEN 05-005  
\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

#### Notas:

- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en este informe
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
- Lacquanalisis S.A. se responsabiliza por la recolección, ingreso al laboratorio y el análisis de la muestra. En caso de una muestra entregada por el cliente, Lacquanalisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanalisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- Lacquanalisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGQ y en www.lacquanalisis.com
- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**Dirección:** Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
**Teléfono:** (03) 2420 106 • **Móvil:** 099-5363620 • **info@lacquanalisis.com**  
**Ambato, Ecuador - Sud América**

**INFORME DE RESULTADOS**

No. LACQUA 23 - 4383

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN Nº OAE LE C 11-010

Información proporcionada por el cliente		Información adicional:	
Nombre	---	2/2	
Atención a	Marjuri Carola Pacheco Freire		
Dirección	Latacunga - Zumbalica y Toacazo		
Teléfonos	099 588 4441		
e-mail	marjuri.pacheco4351@utc.edu.ec		
Procedencia	Captación	Contenido declarado	4000 ml
Identificación muestra	Agua potable	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Líquido claro	Toma de muestra / Muestreo	Lacquanalisis

Datos del Análisis:					
Fecha toma muestra	19-dic.-23	Fecha de análisis	Del 19 de diciembre de 2023 al 10 de enero de 2024	Código Muestra	A - 4106
Fecha Ingreso al Laboratorio	19-dic.-23	Fecha emisión informe	10 de enero de 2024	Coord. muestra	17M 0761723 UTM 9901202
Lugar de realización de los ensayos	Laboratorio Lacquanalisis			Coord. Análisis	17M 0763377 UTM 9862973
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	49,6	Temperatura amb. (°C):	21,2	

**RESULTADOS ANÁLISIS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Arsénico***	mg/l	0,058	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	± 0,00205 mg/l
Bario***	mg/l	0,104		± 0,00020 mg/l
Cadmio****	mg/l	0,00	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	-----
Cianuro Total****	mg/l	0,00	Standard Methods Ed. 23, 2017 4500-CN C y 4500-CN E / PA - 54.00	-----
Color Real****	Pt-Co	0,00	Standard Methods, Ed. 23, 2017, 2120 C / PA - 75.00	-----
Mercurio****	µg/l	0,00	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3112 B / PA - 57.00	-----
Plomo****	mg/l	0,00	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	-----
Selenio****	mg/l	0,00	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	-----

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Coliformes Fecales***	NMP/100ml	16,0	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F / PA-66.00	-----

**SIMBOLOGÍA**

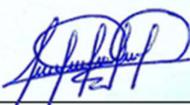
Parámetro acreditado  
\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado  
\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: SAE LEN 05-005  
\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

**Notas:**

- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en este informe
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
- Lacquanalisis S.A. se responsabiliza por la recolección, ingreso al laboratorio y el análisis de la muestra. En caso de una muestra entregada por el cliente, Lacquanalisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanalisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- Lacquanalisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGC y en www.lacquanalisis.com
- Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**PERSONAL RESPONSABLE:**

  
Ing. Gissela Acosta  
Analista



  
Dr. Harold Jiménez  
Director Técnico

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · info@lacquanalisis.com  
Ambato, Ecuador - Sud América

## Análisis de las muestras de red de distribución



"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables"  
www.lacquanalisis.com

<b>LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN</b> Nº OAE LE C 11-010	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>			<b>No. LACQUA 23 - 4383</b>
	Información proporcionada por el cliente			Información adicional:
	Nombre	---		1/2
	Atención a	Marjuri Carola Pacheco Freire		
	Dirección	Latacunga - Zumbalica y Toacazo		
Teléfonos	099 588 4441			
e-mail	marjuri.pacheco4351@utc.edu.ec			
Procedencia	Captación	Contenido declarado	4000 ml	
Identificación muestra	Agua potable	Conservación de la muestra	Refrigeración	
Descripción muestra	Líquido claro	Toma de muestra / Muestreo	Lacquanalisis	

<b>Datos del Análisis:</b>					
Fecha toma muestra	19-dic.-23	Fecha de análisis	Del 19 de diciembre de 2023 al 10 de enero de 2024	Código Muestra	A - 4106
Fecha Ingreso al Laboratorio	19-dic.-23	Fecha emisión informe	10 de enero de 2024	Coord. muestra	17M 0761723 UTM 9901202
Lugar de realización de los ensayos	Laboratorio Lacquanalisis			Coord. Análisis	17M 0763377 UTM 9862973
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	49,6	Temperatura amb. (°C):	21,2	

### RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Aceites y grasas*	mg/l	0,00	PRO TEC 053 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	± 11,44 %
Cobre*	mg/l	0,02	PRO TEC 032 / HACH 8506, Ed. 11, 2017	± 13,70 %
Cromo Hexavalente*	mg/l	0,016	PRO TEC 041 / HACH 8023, Ed. 10, 2019	± 6,38 %
DBO5*	mg/l	0,00	PRO TEC 066 / HACH 8043, Ed. 10, 2017	± 3,72 %
DQO*	mg/l	0	PRO TEC 014 / HACH 8000, Ed. 10, 2014; Standard Methods. Ed. 23, 2017, 5220 D	± 25,26 %
Fluoruros	mg/l	1,10	PRO TEC 062 / HACH 10225, Ed. 09, 2014	± 10,05 %
Hierro	mg/l	0,04	PRO TEC 020 / HACH 8008, Ed. 09, 2014	± 19,81 %
Nitratos	mg/l	0,97	PRO TEC Q24 / HACH 8192, Ed. 11, 2019	± 11,42 %
Nitritos	mg/l	0,079	PRO TEC 025 / HACH 8507, Ed. 11, 2019	± 13,23 %
pH	UpH	7,63	PRO TEC 011 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500 H+ B	± 4,56 %
Sulfatos	mg/l	70,00	PRO TEC 026 / HACH 8051, Ed. 11, 2019	± 13,01 %
Turbiedad	NTU	2,00	PRO TEC 060 / Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 B	± 4,88 %

#### SIMBOLOGÍA

Parámetro acreditado  
\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado  
\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: SAE LEN 05-005  
\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

#### Notas:

- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en este informe
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
- Lacquanalisis S.A. se responsabiliza por la recolección, ingreso al laboratorio y el análisis de la muestra. En caso de una muestra entregada por el cliente, Lacquanalisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanalisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- Lacquanalisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGC y en www.lacquanalisis.com
- Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

**Dirección:** Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
**Teléfono:** (03) 2420 106 · **Móvil:** 099-5363620 · **info@lacquanalisis.com**  
**Ambato, Ecuador - Sud América**



Lacquanálisis S.A.  
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES



"Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables"  
www.lacquanalisis.com

### INFORME DE RESULTADOS

No. LACQUA 23 - 4383

LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR OAE CON ACREDITACIÓN  
N° OAE LE C 11-010

Información proporcionada por el cliente		Información adicional:	
Nombre	---	2/2	
Atención a	Marjuri Carola Pacheco Freire		
Dirección	Latacunga - Zumbalica y Toacazo		
Teléfonos	099 588 4441		
e-mail	marjuri.pacheco4351@utc.edu.ec		
Procedencia	Captación	Contenido declarado	4000 ml
Identificación muestra	Agua potable	Conservación de la muestra	Refrigeración
Descripción muestra	Líquido claro	Toma de muestra / Muestreo	Lacquanalisis

Datos del Análisis:					
Fecha toma muestra	19-dic.-23	Fecha de análisis	Del 19 de diciembre de 2023 al 10 de enero de 2024	Código Muestra	A - 4106
Fecha Ingreso al Laboratorio	19-dic.-23	Fecha emisión informe	10 de enero de 2024	Coord. muestra	17M 0761723 UTM 9901202
Lugar de realización de los ensayos	Laboratorio Lacquanalisis			Coord. Análisis	17M 0763377 UTM 9862973
Condiciones Ambientales:	Humedad (%):	49,6	Temperatura amb. (°C):	21,2	

### RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Arsénico***	mg/l	0,058	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	± 0,00205 mg/l
Bario***	mg/l	0,104		± 0,00020 mg/l
Cadmio****	mg/l	0,00	-----	-----
Cianuro Total*****	mg/l	0,00	Standard Methods Ed. 23, 2017 4500-CN C y 4500-CN E / PA - 54.00	-----
Color Real****	Pt-Co	0,00	Standard Methods, Ed. 23, 2017, 2120 C / PA - 75.00	-----
Mercurio****	µg/l	0,00	Standard Methods Ed. 23, 2017, 3112 B / PA - 57.00	-----
Plomo****	mg/l	0,00	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B / PA-117.00	-----
Selenio****	mg/l	0,00		-----

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Incertidumbre
Coliformes Fecales***	NMP/100ml	16,0	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F / PA-66.00	-----

#### SIMBOLOGÍA

Parámetro acreditado  
\* Parámetro acreditado fuera del alcance

\*\* Parámetro No acreditado  
\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: SAE LEN 05-005  
\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

#### Notas:

- Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas en éste informe
- Los análisis son realizados a temperatura ambiente, excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales no influyen en los resultados de este análisis
- Lacquanalisis S.A. se responsabiliza por la recolección, ingreso al laboratorio y el análisis de la muestra. En caso de una muestra entregada por el cliente, Lacquanalisis S.A. se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere a la muestra recibida por el laboratorio
- La información y muestras proporcionadas por el cliente son responsabilidad del cliente. Lacquanalisis S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados.
- Lacquanalisis S.A. se compromete a mantener la imparcialidad y la confidencialidad de información recibida y de los resultados generados
- La aceptación de este informe implica la aceptación de las políticas relativas al tema y declaradas en el SGC y en www.lacquanalisis.com
- Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

#### PERSONAL RESPONSABLE:

  
Ing. Gissela Acosta  
Analista



  
Dr. Harold Jiménez  
Director Técnico

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · info@lacquanalisis.com  
Ambato, Ecuador - Sud América

## Muestras en la captación de Toacazo.

	<b>INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DEL AGUA</b>		Código del Documento		
			PG/IPGM/20 F01		
			Página 1 de 2		
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>					
Empresa:	Universidad Técnica de Cotopaxi	Responsable:	Marjuri Carola Pacheco Freire		
Dirección:	Latacunga	Teléfono:	0995884441		
E-mail:	marjuri.pacheco4351@utc.edu.ec				
<b>DATOS DE CAMPO</b>					
Tipo de agua:	Agua natural		Código de Muestra:	M (TOACASO)	
Descripción de la muestra:	Captación 1 Toacazo		Muestreado por:	IPGM Servicios Ambientales	
Volumen de muestra:	1000	ml	Cantidad de recipientes:	5	
Tipo de preservación de la muestra:	Refrigeración		Técnico de muestreo:	Tec. Danilo Pillajo	
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>					
Temperatura ambiental (°C):	17,3		Humedad Relativa(%):	37	
<b>DATOS DE ANÁLISIS</b>					
Fecha de muestreo:	17-02-2024		Fecha de informe:	21-02-2023	
Fecha de ingreso laboratorio:	17-02-2024		Analizado por:	Ing. Jessica Iza	
<b>RESULTADOS ANÁLISIS</b>					
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	CÓDIGO	INCERTIDUMBRE	METODO
*Arsenico	mg/l	0,048	Captación 1	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
*Arsenico	mg/l	0,024	Captación 2	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
*Arsenico	mg/l	0,022	Captación 3	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
*Arsenico	mg/l	0,036	Captación 4	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
*Arsenico	mg/l	0,065	Captación 5	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev. 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
* Parametro acreditado ** Parametro no acreditado ** Parametro subconcentrado con acreditacion *** Parametro subconcentrado sin acreditacion					
COORDENADAS UTM WGS 84					
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)		
Captación 1	9915417.65	756.789.411	3150.18		
Captación 2	9.915.393.693	756.790.107	3154.03		
Captación 3	9.915.264.345	756.849.512	3167.31		
Captación 4	9.915.174.255	756.869.363	3145.74		
Captación 5	9.914.318.836	756.963.506	3102.57		

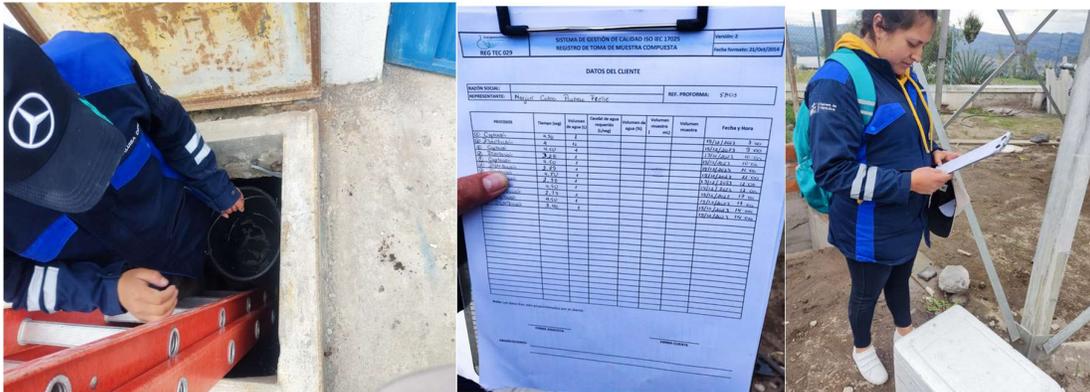
## Toma de muestras



## Muestras en la captación de Salintilín

	<b>INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DEL AGUA</b>	Código del Documento			
		PG/PGM/20/F01			
		Página			
		2 de 2			
					
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>					
Empresa:	Unirvesidad Técnica de Cotopaxi	Responsable:	Marjuri Carola Pacheco Freire		
Dirección:	Latacunga	Teléfono:	0995884441		
E-mail:	marjuri.pacheco4351@utc.edu.ec				
<b>DATOS DE CAMPO</b>					
Tipo de agua:	Agua natural	Código de Muestra:	M (Quebrada Salintilín)		
Descripción de la muestra:	Captación 1 Toacaso	Muestreado por:	IPGM Servicios Ambientales		
Volumen de muestra:	1000 ml	Cantidad de recipientes	4		
Tipo de preservación de la muestra:	Refrigeración	Técnico de muestreo:	Tec. Danilo Pillajo		
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>					
Temperatura ambiental (°C):	17	Humedad Relativa(%):	36		
<b>DATOS DE ANÁLISIS</b>					
Fecha de muestreo:	17-02-2024	Fecha de informe:	21-02-2023		
Fecha de ingreso laboratorio:	17-02-2024	Analizado por:	Ing. Jessica Iza		
<b>RESULTADOS ANÁLISIS</b>					
<b>PARAMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>CODIGO</b>	<b>INCERTIDUMBRE</b>	<b>MÉTODO</b>
*Arsénico	mg/l	0,025	Captación 1	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev: 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
*Arsénico	mg/l	0,038	Captación 2	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev: 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
*Arsénico	mg/l	0,036	Captación 3	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev: 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
*Arsénico	mg/l	0,049	Captación 4	± 0,00215 mg/l	IPGM-PGA-11/EPA 3005 A, Rev: 01, 1992; EPA 6010 B, December 1996; Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B
* Parametro acreditado ** Parametro no acreditado *** Parametro subcontratado con acreditacion **** Parametro subcontratado sin acreditacion					
<b>COORDENADAS UTM WGS 84</b>					
	N (m)	E (m)	COTA (msnm)		
Captación 1	9.900.420.624	761.510.739	2859.10		
Captación 2	9.900.420.624	761.510.739	2859.10		
Captación 3	9.900.420.624	761.427.988	2861.20		
Captación 4	9.900.706.321	761.287.847	2865.30		

## Toma de muestras



## Conservación de las muestras

